



**Труды VI международной конференции**

**«РАЗВИТИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ  
ТЕХНИКИ В РОССИИ,  
СТРАНАХ БЫВШЕГО СССР И СЭВ»**

**Россия, Нижний Новгород,  
25–27 сентября 2023 года**

**Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики», Москва  
Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики», Нижний Новгород  
Виртуальный компьютерный музей  
Институт системного программирования им. В.П. Иванникова РАН  
Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН  
Политехнический музей, Москва**

## **ТРУДЫ SORUCOM-2023**

**Шестая Международная конференция**

**Развитие вычислительной техники в России,  
странах бывшего СССР и СЭВ**

**25-27 сентября 2023 года, Нижний Новгород, Россия**

**Под редакцией  
к.т.н. В.В. Шилова**

**Нижний Новгород, 2023**

**National Research University Higher School of Economics, Moscow  
National Research University Higher School of Economics,  
Nizhny Novgorod  
Virtual Computer Museum  
Ivannikov Institute for System Programming of the RAS  
A.P. Ershov Institute of Informatics Systems, SB RAS  
Polytechnic Museum, Moscow**

**SORUCOM-2023 PROCEEDINGS**

**Sixth International Conference**

**Development of Computer Technology in Russia,  
Countries of the Former USSR and CMEA**

**September 25-27, 2023, Nizhny Novgorod, Russia**

**Edited by  
Ph.D. Valery V. Shilov**

**Nizhny Novgorod, 2023**

УДК 519.6

ББК 30лб

*Рецензенты:*

д.ф.-м.н. В.Н. Захаров, к.ф.-м.н. Ю.А. Загоруйко, д.и.н. И.А. Крайнева

**ТРУДЫ SORUCOM-2023. Шестая Международная конференция «Развитие вычислительной техники в России, странах бывшего СССР и СЭВ» (25-27.09 2023 г., Нижний Новгород) / Под ред. В.В. Шилова. Электронное издание. Нижний Новгород-Новосибирск, 2023. 390 с.**

**ISBN 978-5-6050958-0-4**

В сборнике представлены доклады очередной конференции по истории информатики, которая ведет свое начало с 2006 г. На этом форуме аккумулируется фактографическая информация об отечественных разработках в области вычислительной техники и программирования, анализ их развития в историческом контексте. Ведущими участниками являлись и являются профильные специалисты, люди, которые принимали непосредственное участие в советских проектах по созданию ЭВМ, представители школ программирования, инженеры и ученые. Помимо организации и проведения конференций, сообщество SoRuCom активно развивает сайт Виртуального компьютерного музея, публикует книги и статьи в ведущих рецензируемых журналах. Конференция была организована Нижегородским кампусом НИУ «Высшая школа экономики».

Для широкого круга читателей, интересующихся историей отечественной науки в области информационных технологий.

ISBN 978-5-6050958-0-4



9 785605 095804 >

**Оргкомитет конференции**

*Председатель Оргкомитета*

**Бляхман Анна Александровна**, к.э.н., директор НИУ ВШЭ в Нижнем Новгороде

*Сопредседатели Оргкомитета*

**Буров Василий Владимирович**, НИУ ВШЭ

**Калягин Валерий Александрович**, д.ф.-м.н., НИУ ВШЭ НН

*Члены Оргкомитета*

- **Асеева Наталья Владимировна**, к.т.н., декан факультета ИМиКН НИУ ВШЭ НН
- **Китов Владимир Анатольевич**, к.т.н., РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва
- **Медведев Тимур Владиславович**, к.ф.-м.н., зам. зав. лаборатории ЛАТАС, НИУ ВШЭ НН
- **Пройдаков Эдуард Михайлович**, директор ВКМ, Москва
- **Черемных Наталья Ариановна**, ВКМ, секретарь Оргкомитета, Москва
- **Штейнберг Виталий Иосифович**, к.т.н., НИИ Аргон, Москва

**Программный комитет**

*Председатель Программного комитета*

**Шилов Валерий Владимирович**, к.т.н., НИУ ВШЭ, Москва

*Секретарь Программного комитета*

**Крайнева Ирина Александровна**, д.и.н., ИСИ им. А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск

*Члены Программного комитета*

- **Агамирзян Игорь Рубенович**, к.ф.-м.н., НИУ ВШЭ, Москва
- **Арутюнян Гамлет Арутюнович**, д.т.н., Национальный университет архитектуры и строительства Армении, Ереван
- **Гейн Александр Георгиевич**, д.пед.н., к.ф.-м.н., УрФУ, Екатеринбург
- **Захаров Виктор Николаевич**, д.т.н., ФИЦ «Информатика и управление» РАН, Москва
- **Марчук Александр Гурьевич**, д.ф.-м.н., ИСИ им. А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск
- **Петренко Александр Константинович**, д.ф.-м.н., ИСП РАН, Москва
- **Пивоваров Никита Юрьевич**, к.и.н., Институт всеобщей истории РАН, Москва
- **Смолевицкая Марина Эрнестовна**, с.н.с., Политехнический музей, Москва
- **Leipälä Timo**, Emeritus professor, Turku University, Finland
- **Nguyen Thanh Nghi**, д.ф.-м.н., Hanoi Open University, Vietnam

## Предисловие

VI Международная конференция по истории информатики «Развитие вычислительной техники в России, странах бывшего СССР и СЭВ» SoRuCom-23 была организована на базе Нижегородского кампуса НИУ «Высшая школа экономики». Она проходила в сложных условиях. Их формировали три обстоятельства. Во-первых, сказалась международная изоляция России и нашего научного сообщества, в результате чего мы лишились технической поддержки со стороны IEEE. Это означает, что у нас не будет рейтинговых публикаций на английском языке.

Во-вторых, Российский научный фонд с момента своего образования не поддерживает проведение научных мероприятий, поэтому мы публикуем наши Труды онлайн.

В-третьих, мы потеряли ряд своих активных участников. В их числе наш бессменный председатель Программного комитета конференции SoRuCom д.ф.-м.н. Александр Николаевич Томилин (1933-2021); историк, д.и.н. Вячеслав Николаевич Парамонов (1957-2022); председатель Совета Виртуального компьютерного музея д.т.н. Ярослав Афанасьевич Хетагуров (1926-2021), участники наших конференций, ветераны компьютерной отрасли к.т.н. Юрий Васильевич Рогачев (1925-2021) и к.т.н. Валерий Федорович Гусев (1940-2021), ветеран компьютерного машиностроения д.т.н. Марк Валерьянович Тяпкин (1927-2021). В 2020 г. ушли из жизни ветеран компьютерной индустрии к.т.н. Тамара Миновна Александриди (1924-2020), заведующий редакцией «Техника» Большой Российской энциклопедии к.т.н. Сергей Беникович Оганджян (1952-2020), а годом ранее специалист в области кибернетики и информатики д.т.н. Михаил Борисович Игнатъев (1932-2019). Это горькие, невозполнимые потери.

Тем не менее, мы, хоть и с трудом, но сохранили международный статус конференции, получили более 50 заявок на участие, отобрали 51 доклад для представления онлайн и оффлайн. У нас три приглашенных докладчика: к.ф.-м.н. Игорь Рубенович Агамирзян, член-корреспондент РАН Игорь Борисович Петров и д.т.н. Владимир Васильевич Кореньков. В конференции приняли участие более 60 человек, расширилась география участников из России (Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Нижний Новгород, Казань, Екатеринбург, Красноярск, Саров, Самара, Лениногорск, Боровск, Тверь, Королёв, Пермь) и зарубежья (Ереван, Минск, Саннивейл и Санта-Клара, Калифорния, США). Доклады представили 1 член РАН, 16 докторов наук и 28 кандидатов наук. Профильные специалисты по-прежнему в большинстве, а среди участников – сотрудники академических, отраслевых институтов, вузов и музеев, ветераны и независимые исследователи.

В этом году мы не стали разбивать доклады по секциям, решив, что всем полезно будет послушать коллег с докладами из разных областей исследования. Новые темы наших участников заявлены в истории счетных приборов и цифровой вычислительной техники, ее программного обеспечения и областей применения, в части представления вновь открытых исторических документов и забытых имен.

Мы благодарим сотрудников НИУ «Высшая школа экономики» из Нижнего Новгорода за помощь в подготовке конференции, четкую организацию и гостеприимство.

Программный комитет SoRuCom-2023

**Программа  
25-27 сентября 2023 г.**

**Понедельник  
25.09.2023**

**Сессия 1. Пленарная. + Онлайн трансляция  
Аудитория 125**

<b>№</b>	<b>Время</b>	<b>Докладчик</b>	<b>Название</b>
	10.00-10.30	<b>Открытие, приветствия</b> <b>Модератор – Калягин Валерий Александрович</b> <b>Приветствие: Бляхман Анна Александровна, к.э.н.</b> <b>Директор кампуса НИУ ВШЭ в Нижнем Новгороде</b>	
1	10.30-11.00	<b>Агамирзян Игорь Рубенович</b> к.ф.-м.н. НИУ ВШЭ директор школы инноватики и предпринимательства	<i>Развитие информационных технологий в России: 30 постсоветских лет</i>
2	11.00-11.30 online	<b>Петров Игорь Борисович</b> д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН научный руководитель кафедры вычислительной физики МФТИ	<i>Компьютерное моделирование динамических процессов в неоднородных сплошных средах: история, задачи, проблемы</i>
3	11.30-12.00 online	<b>Кореньков Владимир Васильевич</b> д.т.н. директор Лаборатории информационных технологий Объединенного института ядерных исследований	<i>Исторические этапы, статус и перспективы развития компьютерной инфраструктуры ЛИТ ОИЯИ</i>
4	12.00-12.15	<b>Китова Ольга Викторовна</b> д.э.н., <b>Китов Владимир Анатольевич</b> к.т.н. Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова	<i>Идеолог цифрового государства В.М. Глушков</i>

5	12.20-12.35	<p><b>Балакирев Николай Евгеньевич</b> к.т.н. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),</p> <p><b>Бартенев Юрий Германович</b> д.ф.-м.н. Институт теоретической и математической физики РФЯЦ ВНИИЭФ,</p> <p><b>Зельдинова Светлана Александровна</b> к.ф.-м.н. Независимый исследователь</p>	<i>О самой распространенной операционной системе ДИСПАК и других ОС на машинах серии БЭСМ-6</i>
6	12.40-12.55 online	<p><b>Арутюнян Гамлет Арутюнович</b> д.т.н. Национальный университет архитектуры и строительства Армении</p>	<i>Разработка Ереванским НИИ математических машин многопроцессорной вычислительной системы «Севан» и операционной системы реального масштаба времени</i>
	13.00-14.00	<b>Обед</b>	

**Модератор – Тумбинская Марина Владимировна**

7	14.00-14.15	<p><b>Малашевич Борис Михайлович</b> Ветеран микроэлектроники</p>	<i>Начала микроэлектроники</i>
8	14.20-14.35	<p><b>Биллиг Владимир Арнольдович</b> к.т.н. Тверской государственный технический университет</p>	<i>Мой путь в программировании длиною в жизнь</i>
9	14.40-14.55 online	<p><b>Златопольский Дмитрий Михайлович</b> к.т.н. Музей истории вычислительной техники школы № 1530 «Школа Ломоносова»</p>	<i>Счётный прибор Иофе – как и почему он работал</i>
10	15.00-15.15	<p><b>Шилов Валерий Владимирович</b> к.т.н. НИУ ВШЭ</p>	<i>Российские привилегии на счетную технику. 1845-1917 гг.</i>
	15.20-16.00	<b>Перерыв</b>	

<b>Модератор – Ясюкевич Владимир Владимирович</b>			
11	16.00-16.15	<b>Пивоваров Никита Юрьевич</b> к.и.н. Институт всеобщей истории РАН	<i>Из истории создания информационно-вычислительного центра ЦК КПСС (1969-1970 гг.)</i>
12	16.20-16.35 online	<b>Тихонов Виталий Витальевич</b> д.и.н. Институт российской истории РАН	<i>Развитие электронной вычислительной техники в СССР и ведущих капиталистических странах в 1960-70-е гг.: взгляд из ЦК КПСС</i>
13	16.40-16.55	<b>Крайнева Ирина Александровна</b> д.и.н. Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН	<i>К истории ИТМиВТ АН СССР: Лаврентьев vs Бруевич (1948-1953)</i>
14	17.00-17.15 online	<b>Кузьминский Михаил Борисович</b> к.х.н. Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН	<i>О нескольких поколениях больших ЭВМ в СССР и РФ в конце прошлого века: с точки зрения пользователей</i>
15	17.20-17.35 online	<b>Брухис Леонид Александрович</b> Synopsys, Inc	<i>Опыт восстановления функциональности архивной системы МАРС БЭСМ-6 и работы по её дизассемблированию</i>
	18.30	<b>Welcome party</b>	

**26.09.2023. Вторник**  
**Сессия 2. + Онлайн трансляция**  
**Аудитория 125**

<b>Модератор – Пивоваров Никита Юрьевич</b>			
№	Время	Докладчик	Название
16	10.00-10.15	<b>Архипов Владимир Юрьевич</b> к.э.н. Музей компьютеров Боровска	<i>К истории программируемых калькуляторов СССР</i>
17	10.20-10.35	<b>Базанчук Галина Алексеевна</b> к.т.н., <b>Кураков Сергей Витальевич</b> МГТУ им. Н.Э. Баумана	<i>Применение аналоговых расчетных устройств при организации производства, НОТ и рационализации в первой половине XX века</i>
18	10.40-10.55 online	<b>Арутюнян Гамлет Арутюнович</b> д.т.н. Национальный университет архитектуры и строительства Армении	<i>Разработка Ереванским НИИ математических машин специализированного двухмашинного вычислительного комплекса СВК и операционной системы реального масштаба времени</i>
	11.00-11.30	<b>Перерыв</b>	

<b>Модератор – Китова Ольга Викторовна</b>			
19	11.30-11.45 online	<b>Барский Аркадий Бенционович</b> д.т.н. Научно-исследовательский испытательный центр Центрального научно-исследовательского института ВКС Минобороны России, <b>Ревич Юрий Всеволодович</b> Независимый исследователь	<i>Вычислительная техника и программирование в ЦНИИ 45 Министерства обороны (1960-1990 гг.)</i>
20	11.50-12.05 online	<b>Басок Борис Моисеевич</b> к.т.н. Независимый исследователь, <b>Френкель Сергей Лазаревич</b> к.т.н. ФИЦ «Информатика и управление» РАН	<i>Два полюса технической диагностики</i>

21	12.10-12.25 online	<b>Богданова Ирина Феликсовна</b> к.сельхоз.н. БелСХБ им. И.С. Лупиновича Национальной академии наук Беларуси, <b>Богданова Нина Феликсовна</b> Независимый исследователь	<i>Из истории белорусских специализированных ЭВМ военного назначения</i>
22	12.30-12.45	<b>Басов Антон Ильич</b> Независимый исследователь	<i>Герман Холлерит и Россия</i>
	13.00-14.00	<b>Обед</b>	
		<b>Экскурсии</b>  14:00 – экскурсия в радиолaborаторию 15:30 – пешеходная экскурсия по городу	

**26.09.2023 Вторник**  
**Сессия 3 (параллельная). + Онлайн трансляция**  
**Аудитория 126**

<b>Модератор – Захаров Виктор Николаевич</b>			
№	Время	Докладчик	Название
23	10.00-10.15	<b>Тумбинская Марина Владимировна</b> к.т.н., <b>Трегубов Владимир Михайлович</b> к.т.н. КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, <b>Денисов Олег Владимирович</b> к.т.н., <b>Чирикин Александр Владимирович</b> Лениногорский филиал КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева	<i>Цифровизация нефтяной компании «Татнефть»: от автоматизации ручных расчетов до технологий искусственного интеллекта</i>
24	10.20-10.35	<b>Гейн Александр Георгиевич</b> д.пед.н., к.ф.-м.н. Уральский федеральный университет, <b>Гейн (Юнерман) Нина Ароновна</b> к.пед.н. Уральский математический центр Уральского федерального университета	<i>От первых компьютеров в школе к всепоглощающей цифровизации образования</i>
25	10.40-10.55 online	<b>Вус Михаил Александрович</b> к.т.н. Санкт-Петербургское общество научно- технических знаний	<i>Петровские традиции в образовании: из истории ленинградской конференции «Школьная информатика»</i>
	11.00-11.30	<b>Перерыв</b>	

<b>Модератор – Гейн Нина Ароновна</b>			
26	11.30-11.45	<b>Захаров Виктор Николаевич</b> д.т.н. ФИЦ «Информатика и управление» РАН	<i>Развитие отрасли массовой вычислительной техники в СССР в 1980-1990 гг. в аспекте деятельности МНТК «Персональные ЭВМ»</i>

27	11.50-12.05 online	<b>Городня Лидия Васильевна</b> к.ф.-м.н. Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН	<i>Ершовские научные конференции по программированию</i>
28	12.10-12.25 online	<b>Егоров Геннадий Алексеевич</b> д.т.н. ПАО «Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ) им. И.С. Брука»	<i>Системное программное обеспечение СМ ЭВМ</i>
29	12.30-12.45 online	<b>Ильин Валерий Павлович</b> д.ф.-м.н. Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН	<i>Становление и развитие искусственного интеллекта в СО РАН</i>

	13.00-14.00	<b>Обед</b>
		<b>Экскурсии</b>  14:00 – экскурсия в радиолaborаторию 15:30 – пешеходная экскурсия по городу

**27.09.2023. Среда**  
**Сессия 4. + Онлайн трансляция.**  
**Аудитория 125**

<b>Модератор – Крайнева Ирина Александровна</b>			
№	Время	Докладчик	Название
30	10.00-10.15	<b>Захаров Виктор Николаевич</b> д.т.н. ФИЦ «Информатика и управление» РАН	<i>О юбилейных датах отечественной информатики 2023 года</i>
31	10.20-10.35	<b>Малашевич Борис Михайлович</b> Ветеран микроэлектроники	<i>Старт отечественной микроэлектроники</i>
32	10.40-10.55	<b>Малашевич Борис Михайлович</b> Ветеран микроэлектроники	<i>Две ошибки на заре микроэлектроники</i>
	11.00-11.30	<b>Перерыв</b>	

<b>Модератор – Парамонова Римма Николаевна</b>			
33	11.30-11.45 online	<b>Поляк Юрий Евгеньевич</b> к.э.н. ЦЭМИ РАН	<i>Идеи академика В.М. Глушкова и современный электронный документооборот</i>
34	11.50-12.05 online	<b>Поляков Аркадий Константинович</b> к.т.н., <b>Ладыгин Игорь Иванович</b> к.т.н. НИУ «МЭИ»	<i>История развития отечественных систем дискретного моделирования цифровой аппаратуры</i>
35	12.10-12.25	<b>Карпов Леонид Евгеньевич</b> д.т.н. Институт системного программирования им. В.П. Иванникова РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова	<i>Базовые типы данных управляющих ЭВМ серии 5Э26 и современные языки программирования</i>
36	12.30-12.45	<b>Китов Владимир Анатольевич</b> к.т.н. Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова	<i>Страницы истории отечественных языков программирования</i>
	13.00-14.00	<b>Обед</b>	

<b>Модератор – Китов Владимир Анатольевич</b>			
37	14.00-14.15	<b>Марасанова Ольга Владимировна</b> Пермский государственный национальный исследовательский университет	<i>Подготовка кадров в области автоматизированных систем управления в Перми: история «отцов-основателей» (1950-1970-е годы)</i>
38	14.20-14.35 online	<b>Инютин Сергей Арнольдович</b> д.т.н. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)	<i>Развитие вычислительных методов для многомерных математических объектов в АН КазССР</i>
39	14.40-14.55 online	<b>Куперштох Наталья Александровна</b> к.и.н. Институт истории Сибирского отделения РАН	<i>Институт информационных технологий и прикладной математики: организационные коллизии 1990-х гг.</i>
40	15.00-15.15	<b>Штейнберг Виталий Иосифович</b> к.т.н., <b>Шпиев Виктор Андреевич</b> АО «НИИ «Аргон»	<i>Разработка средств бортовой вычислительной техники для воздушных пунктов стратегического управления</i>
41	15.20-15.35 online	<b>Мартыненко Борис Константинович</b> д.ф.-м.н. Независимый исследователь	<i>Кафедра математического обеспечения / информатики Ленинградского - Санкт-Петербургского университета в эпоху С.С. Лаврова. К 100-летию Святослава Сергеевича Лаврова</i>

**27.09.2023 Среда**  
**Сессия 5 (параллельная). + Онлайн трансляция.**  
**Аудитория 126**

<b>Модератор – Марасанова Ольга Владимировна</b>			
<b>№</b>	<b>Время</b>	<b>Докладчик</b>	<b>Название</b>
42	10.00-10.15 online	<b>Курляндчик Галина Владиленовна</b> Независимый исследователь, <b>Черемных Наталья Ариановна</b> Виртуальный компьютерный музей	<i>История создания и автоматизации мемориальной библиотеки академика Андрея Петровича Ериова</i>
43	10.20-10.35	<b>Нагибин Сергей Яковлевич</b> д.т.н. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), <b>Ровенко Владимир Григорьевич</b> к.т.н., <b>Ясюкевич Владимир Владимирович</b> НИЦ (г. Королёв) ЦНИИ ВКС	<i>Об истории автоматизации баллистико-навигационного обеспечения космических программ в СССР и Российской Федерации</i>
44	10.40-10.55	<b>Нагибин Сергей Яковлевич</b> д.т.н. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), <b>Тихомиров Николай Анатольевич,</b> <b>Ясюкевич Владимир Владимирович,</b> Межрегиональная ветеранов космодрома Байконур	<i>Вычислительная техника при испытаниях космических средств на космодроме Байконур</i>
	11.00-11.30	<b>Перерыв</b>	

<b>Модератор – Владимирова Юлия Сергеевна</b>			
45	11.30-11.45	<b>Немецков Александр Иванович</b> АО «ПФ «НТЦ «Атлас», <b>Балакирев Николай Евгеньевич</b> к.т.н. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), <b>Зельдинова Светлана Александровна</b> к.ф.-м.н. Независимый исследователь	<i>ОС ДИСПАК в разработке космического комплекса «МИР»</i>
46	11.50-12.05	<b>Парамонова Римма Николаевна</b> к.и.н. Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева	<i>Электронное машиностроение в СССР в 1965-1985 гг.: планы и результаты развития отрасли</i>
47	12.10-12.25	<b>Пройдаков Эдуард Михайлович</b> Виртуальный компьютерный музей	<i>К истории вычислительной техники в странах Балтии</i>
48	12.30-12.45	<b>Смолевицкая Марина Эрнестовна</b> Политехнический музей	<i>Коллекция логарифмических приборов в Политехническом музее</i>
	13.00-14.00	<b>Обед</b>	
<b>Модератор – Гейн Александр Георгиевич</b>			
49	14.00-14.15	<b>Владимирова Юлия Сергеевна</b> к.ф.-м.н. МГУ им. М.В. Ломоносова	<i>Диалоговая система структурированного программирования</i>
50	14.20-14.35	<b>Чудакин Игорь Андреевич,</b> <b>Халтурин Евгений Александрович</b> Сибирский федеральный университет, <b>Виденин Сергей Александрович</b> к.пед.н. НИУ ВШЭ	<i>Историческое развитие концепции применения видеоигр для геймификации образования</i>
51	14.40-14.55 online	<b>Луцекин Владимир Анатольевич</b> МГУ им. М.В. Ломоносова	<i>Автоматизация проектирования – школа Н.Я. Матюхина (взгляд пользователя)</i>

52	15.00-15.15	<b>Златопольский Дмитрий Михайлович</b> к.т.н. Музей истории вычислительной техники школы № 1530 «Школа Ломоносова», <b>Шилов Валерий Владимирович</b> к.т.н. НИУ ВШЭ	<i>Самуил Авраамович Каценелленбоген и его счётные приборы</i>
53	15.20-15.35	<b>Минеев Григорий Игоревич</b> Общество актуальной истории	<i>НИИУМС: причины возникновения и становление основных направлений деятельности</i>

**27.09. Среда**

**Круглый стол. + Онлайн трансляция.**

**Аудитория 125**

**Модератор – Пройдаков Эдуард Михайлович**

**Екатерина Михайловна Лаврищева, д.ф.-м.н.**

*Институт системного программирования им. В.П. Иванникова РАН  
Монографическое представление исследований по программированию*

***Подведение итогов конференции.***

***Обсуждение планов и перспектив.***

***Закрытие конференции.***

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Арутюнян Г.А.</b> <i>Разработка Ереванским НИИ математических машин многопроцессорной вычислительной системы «Севан» и операционной системы реального масштаба времени</i>	19
<b>Арутюнян Г.А.</b> <i>Разработка Ереванским НИИ математических машин специализированного двухмашинного вычислительного комплекса СВК и операционной системы реального масштаба времени</i>	23
<b>Архипов В.Ю.</b> <i>К истории программируемых калькуляторов СССР</i>	29
<b>Базанчук Г.А., Кураков С.В.</b> <i>Применение аналоговых расчетных устройств при организации производства, НОТ и рационализации в первой половине XX века</i>	35
<b>Балакирев Н.Е., Бартенев Ю.Г., Зельдинова С.А.</b> <i>О самой распространенной операционной системе ДИСПАК и других ОС на машинах серии БЭСМ-6</i>	45
<b>Барский А.Б., Ревич Ю.В.</b> <i>Вычислительная техника и программирование в ЦНИИ 45 Министерства обороны (1960-1990 гг.)</i>	56
<b>Басов А.И.</b> <i>Герман Холлерит и Россия</i>	71
<b>Басок Б.М., Френкель С.Л.</b> <i>Два полюса технической диагностики</i>	80
<b>Биллиг В.А.</b> <i>Мой путь в программировании длиною в жизнь</i>	88
<b>Богданова И.Ф., Богданова Н.Ф.</b> <i>Из истории белорусских специализированных ЭВМ военного назначения</i>	95
<b>Брухис Л.А.</b> <i>Опыт восстановления функциональности архивной системы MAPC для БЭСМ-6 и работы по её дизассемблированию</i>	106
<b>Буров В.В., Патаракин Е.Д.</b> <i>Путь черепахи: эволюция Logo-подобных языков</i>	111
<b>Владимирова Ю.С.</b> <i>Диалоговая система структурированного программирования</i>	118
<b>Вус М.А.</b> <i>Петровские традиции в образовании: из истории ленинградской конференции «Школьная информатика»</i>	123
<b>Гейн А.Г., Гейн (Юнерман) Н.А.</b> <i>От первых компьютеров в школе к всепоглощающей цифровизации образования</i>	133
<b>Городняя Л.В.</b> <i>Ершовские научные конференции по программированию</i>	137
<b>Егоров Г.А.</b> <i>Системное программное обеспечение СМ ЭВМ</i>	144
<b>Захаров В.Н.</b> <i>Развитие отрасли массовой вычислительной техники в СССР в 1980-1990 гг. в аспекте деятельности МНТК «Персональные ЭВМ»</i>	155
<b>Захаров В.Н.</b> <i>О юбилейных датах отечественной информатики 2023 года</i>	163
<b>Златопольский Д.М.</b> <i>Счётный прибор Иофе – как и почему он работал</i>	168
<b>Златопольский Д.М., Шилов В.В.</b> <i>Самуил Авраамович Каценелленбоген и его счётные приборы</i>	176
<b>Ильин В.П.</b> <i>Становление и развитие искусственного интеллекта в СО РАН</i>	186
<b>Инютин С.А.</b> <i>Развитие вычислительных методов для многомерных математических объектов в АН КазССР</i>	195
<b>Карпов Л.Е.</b> <i>Базовые типы данных управляющих ЭВМ серии 5Э26 и современные языки программирования</i>	199
<b>Китов В.А.</b> <i>Страницы истории отечественных языков программирования</i>	210
<b>Китова О.В., Китов В.А.</b> <i>Идеолог цифрового государства В.М. Глушков</i>	218
<b>Крайнева И.А.</b> <i>К истории ИТМиВТ АН СССР: Лаврентьев vs Бруевич (1948-1953)</i>	223

<b>Кузьминский М.Б.</b> <i>О нескольких поколениях больших ЭВМ в СССР и РФ в конце прошлого века: с точки зрения пользователей</i>	229
<b>Купершгох Н.А.</b> <i>Институт информационных технологий и прикладной математики: организационные коллизии 1990-х гг.</i>	234
<b>Курляндчик Г.В., Черемных Н.А.</b> <i>История создания и автоматизации мемориальной библиотеки академика Андрея Петровича Ершова</i>	239
<b>Луцекин В.А.</b> <i>Автоматизация проектирования – школа Н.Я. Матюхина (взгляд пользователя)</i>	244
<b>Малашевич Б.М.</b> <i>Две ошибки на заре микроэлектроники</i>	249
<b>Малашевич Б.М.</b> <i>Начала микроэлектроники</i>	265
<b>Малашевич Б.М.</b> <i>Старт отечественно микроэлектроники</i>	275
<b>Марасанова О.В.</b> <i>Подготовка кадров в области автоматизированных систем управления в Перми: история «отцов-основателей» (1950-1970-е годы)</i>	286
<b>Мартыненко Б.К.</b> <i>Кафедра математического обеспечения / информатики Ленинградского - Санкт-Петербургского университета в эпоху С.С. Лаврова. К 100-летию Святослава Сергеевича Лаврова</i>	292
<b>Минеев Г.И.</b> <i>НИИУМС: причины возникновения и становление основных направлений деятельности</i>	303
<b>Нагибин С.Я., Ровенко В.Г., Ясюкевич В.В.</b> <i>Об истории автоматизации баллистико-навигационного обеспечения космических программ в СССР и Российской Федерации</i>	308
<b>Нагибин С.Я., Тихомиров Н.А., Ясюкевич В.В.</b> <i>Вычислительная техника при испытаниях космических средств на космодроме Байконур</i>	314
<b>Немецков А.И., Балакирев Н.Е., Зельдинова С.А.</b> <i>ОС ДИСПАК в разработке космического комплекса «МИР»</i>	322
<b>Парамонова Р.Н.</b> <i>Электронное машиностроение в СССР в 1965-1985 гг.: планы и результаты развития отрасли</i>	327
<b>Пивоваров Н.Ю.</b> <i>Из истории создания информационно-вычислительного центра ЦК КПСС (1969-1970 гг.)</i>	334
<b>Поляк Ю.Е.</b> <i>Идеи академика В.М. Глушкова и современный электронный документооборот</i>	340
<b>Поляков А.К., Ладыгин И.И.</b> <i>История развития отечественных систем дискретного моделирования цифровой аппаратуры</i>	344
<b>Пройдаков Э.М.</b> <i>К истории вычислительной техники в странах Балтии</i>	353
<b>Смолевицкая М.Э.</b> <i>Коллекция логарифмических приборов в Политехническом музее</i>	357
<b>Тихонов В.В.</b> <i>Развитие электронной вычислительной техники в СССР и ведущих капиталистических странах в 1960-70-е гг.: взгляд из ЦК КПСС</i>	366
<b>Тумбинская М.В., Трегубов В.М., Денисов О.В., Чирякин А.В.</b> <i>Цифровизация нефтяной компании «Татнефть»: от автоматизации ручных расчетов до технологий искусственного интеллекта</i>	369
<b>Чудакин И.А., Халтурин, Е.А., Виденин С.А.</b> <i>Историческое развитие концепции применения видеоигр для геймификации образования</i>	377
<b>Штейнберг В.И., Шпиев В.А.</b> <i>Разработка средств бортовой вычислительной техники для воздушных пунктов стратегического управления</i>	384

## РАЗРАБОТКА ЕРЕВАНСКИМ НИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МАШИН МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ «СЕВАН» И ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО МАСШТАБА ВРЕМЕНИ

Гамлет Арутюнович Арутюнян  
ЕрНИИММ, Ереван, Республика Армения, hamhar1945@gmail.com

**Аннотация** – В докладе представлены воспоминания доктора технических наук, профессора, бывшего начальника комплексного отделения Ереванского НИИ математических машин Гамлета Арутюновича Арутюняна о разработке многопроцессорной вычислительной системы «Севан» и его операционной системы, предназначенной для замены специализированного двухмашинного вычислительного комплекса СВК на объектах глобальной АСУ Вооруженных сил СССР.

**Ключевые слова** – специализированный двухмашинный вычислительный комплекс, многопроцессорная система, операционная система реального масштаба времени, режим дублирования вычислений, система передачи данных.

### I. ВВЕДЕНИЕ

В 1981 году я был назначен на должность начальника отделения ЕрНИИММ, в который входил и отдел разработчиков системных программ. Весь наш коллектив продолжал работы по развитию и расширению АСУ ВС. Вычислительная техника развивалась быстрыми темпами, ранее разработанные системы морально устаревали и необходимо было подумать об их замене. Знания и большой опыт, приобретённые нашим коллективом в период разработки и внедрения специализированного двухмашинного вычислительного комплекса СВК в составе объектов управления подсистем АСУ ВС давали основания надеяться, что вторую вычислительную систему мы сделаем быстрее и более качественно.

Заказчиком нового комплекса, как и при СВК, был НИИАА. Вспоминая трудности разработки и отладки операционной системы СВК, заказчик хотел заменить только аппаратную часть СВК, оставляя без изменений операционную систему. Заказчик, главные конструктора и военные опасались, что новая операционная система может привести к изменениям в функциональном программном обеспечении объектов подсистем, что не допустимо, учитывая большой объём программ и сложность отладки.

Мне пришлось много работать со специалистами НИИАА и военных организаций, чтобы убедить их в необходимости разработки вычислительного комплекса и операционной системы на совершенно новых принципах. Мы гарантировали, что совместимость с функциональными задачами СВК будет обеспечена на 100 процентов, более того, в системе подготовки программного обеспечения будет сервисная программа автоматического перевода функциональных программ из среды СВК в среду нового комплекса.

За столько лет работы меня хорошо знали в НИИАА, Министерстве обороны, Генеральном штабе, Министерстве радиопромышленности, а также во многих ведущих предприятиях и институтах оборонного направления. Знали, уважали и верили.

Эскизный проект ВК «Севан» в части архитектуры и операционной системы разработали мы вдвоем с ведущим инженером Ануш Закарян в течение двух месяцев. На защиту эскизного проекта прибыло много специалистов из НИИАА, НИИ «Марс», НИИЭТУ и военных организаций. Было много дебатов, но мне удалось убедить комиссию, что именно гибкая, многопроцессорная архитектура нового комплекса наиболее полно отвечает требованиям АСУ ВС.

Разработку аппаратной и программной частей ВК «Севан» выполняли те же коллективы разработчиков СВК. Сотрудники были уже не молоды, имели большой опыт работы и взялись за новую работу с большим энтузиазмом.

Главным конструктором ВК «Севан», как и при разработке СВК, был Роберт Варткесович Атоян. Я был заместителем главного конструктора по разработке архитектуры и программного обеспечения. Заместителем по аппаратной части был Григорий Григорьевич Бакарян.

### II. АРХИТЕКТУРА ВК «СЕВАН»

ВК «Севан» имел многопроцессорную структуру со следующим составом основных устройств:

- Центральный процессор – до шести;

- Процессор ввода-вывода – до двенадцати;
- Оперативная память – до шести модулей (16 МБ);
- Внешняя память – 2 модуля.

Все компоненты ВК «Севан» составляли общее поле, в том числе процессоры, оперативная и внешняя памяти, каналы ввода-вывода и внешние устройства.

В систему команд процессора были добавлены новые команды, ускоряющие работу операционной системы и функционального программного обеспечения. Магнитный барабан был заменён полупроводниковым запоминающим устройством.

Для сопряжения с другими вычислительными комплексами, в том числе ВК на базе ЕС ЭВМ разработали устройство – многоканальный коммутатор связи вычислительных комплексов (МКСВК), наподобие теперешних сетевых коммутаторов (Switch).

Производительность, надежность ВК «Севан» были значительно выше, чем СВК. Многопроцессорная гибкая архитектура ВК «Севан» дала много преимуществ в части обеспечения работы в реальном масштабе времени, достоверности обработки информации и устойчивости вычислительного процесса. Система имела модульную структуру, модули были независимые, отказы отдельных модулей не влияли на функционирование других. Ремонтно-восстановительные работы проводились параллельно без нарушения функционирования системы.

Структурная схема ВК «Севан» приведена на рис. 1.

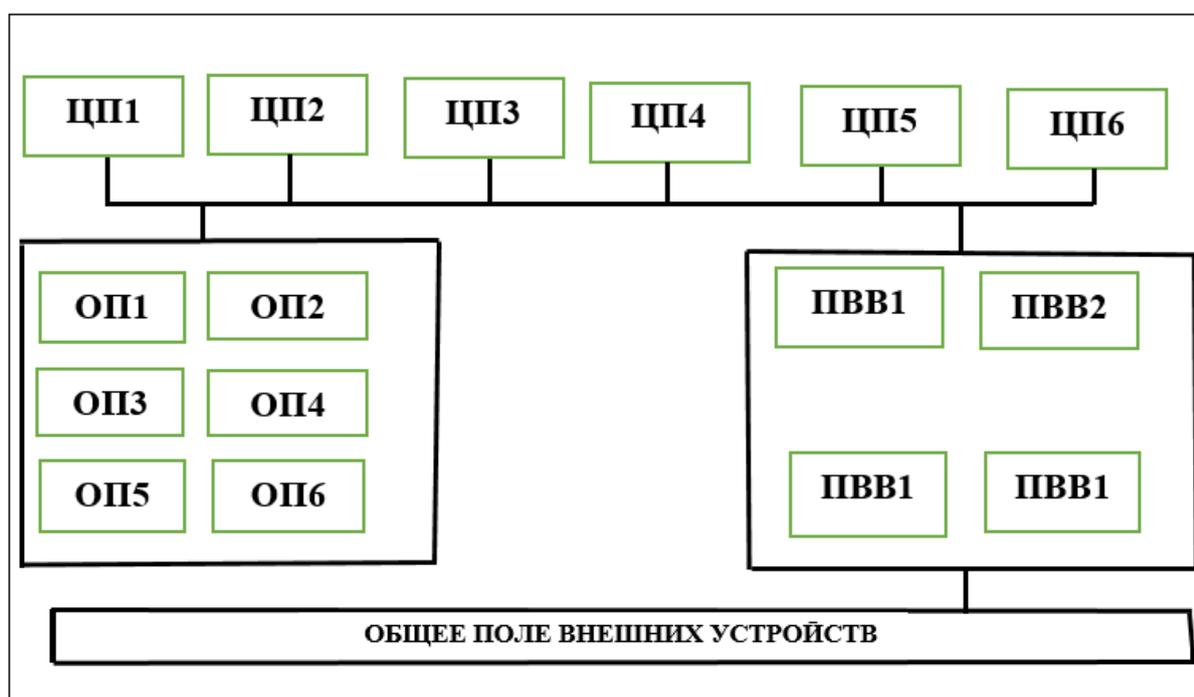


Рис. 1. Структурная схема ВК «Севан» (ЦП – центральный процессор, ПВВ – процессор ввода-вывода, ОП – оперативный канал)

### III. ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА СВК

Операционная система организовала вычислительный процесс в следующих режимах:

1. Режим полного дублирования информации и вычисления (ПДИВ);
2. Режим частичного дублирования информации (ЧДИ);
3. Режим без дублирования информации (БДИ).

Режим ПДИВ являлся основным режимом работы ВК «Севан». В этом режиме обеспечивалось дублирование вычислительного процесса и информации ОП и внешних запоминающих устройствах (ВЗУ), благодаря чему была достигнута высокая достоверность результатов обработки информации и устойчивость вычислительного процесса к различного рода аварийным ситуациям.

Для организации режима ПДИВ вся оперативная память (ОП) условно разбивалась на две равные части. Резидентная часть ОС размещалась симметрично в обеих половинах ОП. Функциональные задачи

размещались также в симметричных областях ОП и выполнялись параллельно. Адресация двух симметричных ячеек памяти отличалась только старшим разрядом адреса ОП. Понятия одномашинного и двухмашинного режимов не было. Во всех режимах производилась многопроцессорная работа системы. Режим ПДИВ можно было организовать и с одним процессором.

В режиме ЧДИ дублировались только ВЗУ и резидентная часть ОС в ОП, остальная часть оперативной памяти составляла общее поле для выполнения функциональных задач. Вычислительный процесс не дублировался.

В режиме БДИ дублировалась информация только во внешней памяти. В этом режиме была классическая многопроцессорная работа системы. Переход из режима в режим производился автоматически, при изменении конфигурации комплекса и нагрузки системы.

В операционной системе значительно усилили сетевые возможности, были реализованы протоколы прикладного уровня, позволяющие передавать большие массивы, файлы, организовать удаленный централизованный контроль состояний технических средств и программного обеспечения, производить удаленную отладку ПО и т.д.

Повышение производительности системы обеспечивалось многопроцессорной обработкой, причем процессоры не были привязаны к отдельным машинам и выполняли функциональные задачи на общем поле оперативной памяти, Опасности возникновения конфликтных ситуаций при параллельной работе программ операционной системы (критические секции) предотвращались использованием семафорных механизмов.

Повышение надёжности системы производилось многократным резервированием основных аппаратных ресурсов. Все аппаратные ресурсы были включены в рабочую конфигурацию и работали параллельно. Отказы отдельных устройств не влияли на работоспособность ВК. Операционная система выводила отказавшее устройство из рабочей конфигурации и составляла новую конфигурацию из исправных модулей в автоматическом режиме без нарушения непрерывности вычислительного процесса.

Повышение достоверности и целостности данных производилось путем параллельного выполнения функциональных задач, дублирования программного обеспечения и данных в ОП и ВЗУ. При обнаружении искажения информации в программном обеспечении и данных операционная система оперативно производила ее восстановление из дублированной копии как в ОП, так и в ВЗУ.

По гибкости архитектуры и системным возможностям операционной системы ВК «Севан» не имел конкурентов, как в нашей стране, так и за рубежом. ВК «Севан» уступал аналогичным зарубежным системам только по показателям быстродействия, объемам оперативной и внешней памяти.

В 1986 году новая многопроцессорная вычислительная система «Севан» со своей операционной системой успешно прошла государственные испытания и была принята на вооружение. Ажиотажа вокруг разработки ВК «Севан» не было. Впрочем, ни оценок, ни наград также не было. Работали спокойно, и коллектив разработчиков с честью выполнил работу.

С 1981 по 1990 годы ЕрНИИММ выполнял много новых работ по усовершенствованию АСУ ВС: разработка многопроцессорной ВК «Севан» с операционной системой, усовершенствование и расширение функционального программного обеспечения и КСА объектов управления, разработка подсистем АСУ ВС для военно-транспортной авиации, создание подвижных и возимых объектов управления, разработка оконечной станции коммутации телекоммуникационной сети и т.д. Все эти работы являлись работами важного государственного и оборонного значения и отвечали стратегическим интересам страны. Однако времена изменились, правительство мало обращало внимание на обороноспособность страны, и ни одна из этих работ не была представлена на правительственные награды.

Конечно, было обидно, когда правительство по достоинству не оценило результаты трудов советских ученых и инженеров, но было более обидно, когда на высоком правительственном уровне по всему миру заявляли, что наши работы не качественные, а квалификация советских специалистов ниже зарубежных. Это было большой стратегической и политической ошибкой, если не предательством отечественной научной школы и Родины.

Мы хорошо знали достижения науки и техники в мире, читали статьи, книги зарубежных специалистов, и ничего подобного не чувствовали. Отставание было в области микроэлектроники и в технологии производства микросхем. Но нужно было не сдаваться, а навёрстывать упущенное, как это делали раньше, например, при разработке ядерного оружия.

По специфике нашей работы в советское время мы непосредственно не общались с зарубежными специалистами, но потом, в постсоветское время такие встречи были много раз. Лично я не чувствовал, что по своим знаниям и опыту работы мы им уступаем. Скорее наоборот, профессиональный и интеллектуальный уровень советских специалистов в среднем был выше, чем у зарубежных. Многие специалисты ЕрНИИММ, оказавшиеся за границей, успешно устроились на работу в престижные ИТ-компании Европы и США.

Профессиональный уровень и научно-технический потенциал нашей команды, разработавшей два вычислительных комплекса СВК и ВК «Севан» и две операционные системы, в то время были очень высоки, этому могли позавидовать самые известные компании мира. Когда мы познакомились с разработанной для персональных компьютеров операционной системой MS DOS компании Microsoft, то нашли там много недостатков и считали, что мы могли бы разработать лучшую систему в течение 2-3 месяцев. К сожалению, все это было потеряно.

#### VI. Выводы и заключение

1. Многопроцессорная вычислительная система «Севан» с операционной системой, разработанные Ереванским НИИ математических машин, по архитектуре и системным возможностям превосходили отечественные и зарубежные системы аналогичного класса и должна занять достойное место в истории развития вычислительной техники и программного обеспечения Советского Союза.

2. ВК «Севан» являлся основным вычислительным комплексом в комплексе средств автоматизации объектов управления и долгие годы успешно функционировал на объектах АСУ МО.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Академик Владимир Сергеевич Семенихин // Виртуальный компьютерный музей. [https://www.computer-museum.ru/articles/galglory\\_ru/1411/](https://www.computer-museum.ru/articles/galglory_ru/1411/)
2. Ереванский научно-исследовательский институт математических машин // Виртуальный компьютерный музей. <https://www.computer-museum.ru/histussr/niimm.htm>

**РАЗРАБОТКА ЕРЕВАНСКИМ НИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МАШИН  
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ДВУХМАШИННОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА СВК  
И ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО МАСШТАБА ВРЕМЕНИ**

**Гамлет Арутюнович Арутюнян**  
*ЕрНИИММ, Ереван, Республика Армения, hamhar1945@gmail.com*

**Аннотация** – В докладе представлены воспоминания доктора технических наук, профессора, бывшего начальника комплексного отделения Ереванского НИИ математических машин Гамлета Арутюновича Арутюняна о разработке специализированного двухмашинного вычислительного комплекса СВК и его операционной системы на базе которых были построены комплексы системы автоматизации объектов глобальной АСУ Вооруженных сил СССР.

**Ключевые слова** – специализированный двухмашинный вычислительный комплекс, операционная система реального масштаба времени, режим дублирования вычислений, система передачи данных.

### I. ВВЕДЕНИЕ

В материалах по истории развития вычислительной техники Советского Союза, программного обеспечения, специализированных вычислительных систем и вычислительных систем военного назначения нет информации о разработанных Ереванского НИИ математических машин (ЕрНИИММ) специализированного двухмашинного вычислительного комплекса СВК, многопроцессорной вычислительной системы «Севан» и операционных систем этих комплексов, которые по многим показателям превосходили отечественные и зарубежные системы аналогичного класса того времени [1, 2, 4, 6]. Не вдаваясь в причины такого упущения, хотел бы заполнить этот пробел, чтобы эти системы заняли достойное место в истории развития вычислительной техники и программного обеспечения СССР. Кроме того, хотел бы представить новым постсоветским поколениям дух того времени, менталитет и отношение к работе советских специалистов, государственный подход к делу и некоторые аспекты процесса разработки автоматизированной системы управления вооруженными силами (АСУ ВС).

По тематике АСУ ВС на ЕрНИИММ были возложены следующие работы:

1. Разработка высоконадежного вычислительного комплекса, на базе которого должны были быть построены комплексы средств автоматизации объектов управления подсистем АСУ ВС;
2. Разработка комплексов средств автоматизации объектов подсистемы управления стратегическими силами военно-воздушных сил (ВВС).

Головной организацией по разработке АСУ ВС был научно-исследовательский институт автоматической аппаратуры (НИИАА), г. Москва. Генеральным конструктором АСУ ВС был академик Владимир Сергеевич Семенихин.

Разработка вычислительных машин, способных удовлетворять высоким требованиям АСУ ВС такого класса по технологиям 70-х годов, была не простой задачей. ЕрНИИММ имел большой опыт разработок вычислительных машин для народного хозяйства (ЭВМ «Арагац», «Раздан», «Раздан-2», «Раздан-3», вычислительного комплекса «Маршрут-1», серии малых ЭВМ «Наири», ЭВМ ЕС 1030). Но в данном случае речь шла о разработке вычислительного комплекса другого класса, работающего в режиме реального времени, круглосуточно, без останова с высокой достоверностью решения задач. Были, конечно, в стране специализированные вычислительные системы военного назначения, разработанные такими известными предприятиями как ВНИИЭМ, ИТМиВТ, НИИЭВМ, НПО «Агат». Однако, эти системы были предназначены для решения конкретных специализированных задач и не обладали достаточной универсальностью для применения в объектах АСУ ВС. Для АСУ ВС необходимо было разработать новые вычислительные системы. Разработку одной из них поручили ЕрНИИММ.

Заказчиком СВК был Научно-исследовательский институт автоматической аппаратуры. Главным конструктором СВК был Роберт Варткесович Атоян, заместителями главного конструктора были Эдуард Акопович Будагян по архитектуре и программному обеспечению, Григорий Григорьевич Бакарян по аппаратной части.

## II. АРХИТЕКТУРА СВК

Разработка СВК началась в 1971 году. В 1973 году проводили заводские испытания, и после этого началось серийное производство (опытный завод ЕрНИИММ, Ереванский завод «Электрон», завод в городе Белая Церковь).

СВК должен был работать в реальном масштабе времени, иметь высокую надежность функционирования, достоверность обработки информации, высокую устойчивость вычислительного процесса. Система должна была работать без останова. Ремонтно-восстановительные работы должны были проводиться параллельно без нарушения функционирования системы.

Структурная схема СВК приведена на рис. 1.

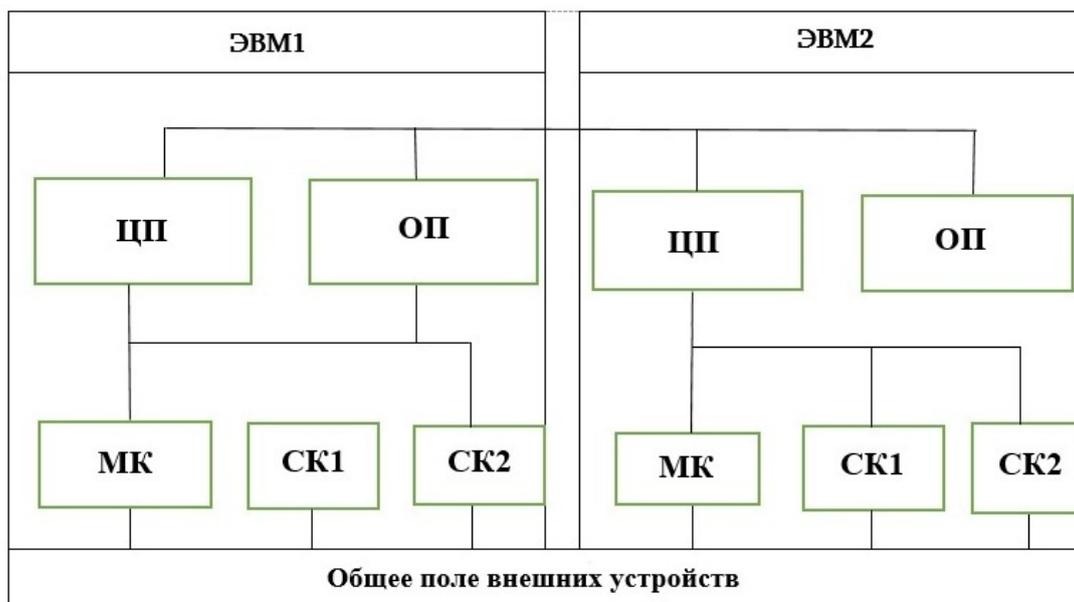


Рис. 1. Структурная схема СВК (ЦП – центральный процессор, МК – мультиплексный канал, СК – селекторный канал, ОП – оперативный канал)

Каждый процессор имел доступ к оперативной памяти соседней машины. Внешние устройства, имели переключатели на два канала, обеспечивающие доступ со стороны обеих машин. Аппаратная часть СВК была реализована на платах с размером 140×150 мм на микросхемах типа «Посол». Конструктивно процессоры, каналы, оперативная и внешняя память представляли собой отдельные стойки. С целью повышения быстродействия процессоры и каналы имели аппаратную систему управления.

Системные характеристики СВК (быстродействие процессора, каналов ввода-вывода, объемы оперативной и внешней памяти) соответствовали уровню технологии того времени и были достаточно скромными по сравнению с современным уровнем.

Советские технологии производства микросхем, составляющих элементную базу вычислительной техники, уступали американским по многим показателям. Такие характеристики, как уровень интеграции, быстродействие, надежность, потребляемая мощность у американских микросхем были выше.

При разработке архитектуры и операционной системы СВК мы не могли позволить себе переписывать схемы и алгоритмы работы ЭВМ IBM 360, которая в те годы была одной из самых известных машин во всем мире. IBM 360 была предназначена для работы в вычислительных центрах и не удовлетворяла требованиям военных систем. Из внешних устройств ЕС ЭВМ взяли алфавитно-цифровое печатающее устройство (АЦПУ), перфокарточные устройства и магнитные ленты. Процессор, селекторный и мультиплексный каналы, оперативную и внешнюю память на магнитном барабане были собственными разработками. Рабочие места, на которых должны были работать военные операторы, разрабатывали предприятия-разработчики конкретных подсистем видов войск на основе базовых решений НИИАА.

Особенности архитектуры СВК были: развитая система межпроцессорной связи, общее поле оперативной, внешней памяти и внешних устройств. Процессоры могли производить взаимный контроль

работоспособности и при аварийных ситуациях сделать рестарт соседней машины, а в одномашинном режиме сделать рестарт своей машины.

Обращение к оперативной памяти соседней машины производилось установкой префикса в старшем разряде физического адреса оперативной памяти. Эти возможности были очень важными для организации и управления вычислительным процессом и режимами работы двухмашинного вычислительного комплекса.

### III. ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА СВК

Операционная система организовала вычислительных процесс в двух режимах:

- режим дублирования вычислений;
- одномашинный режим.

Режим дублирования вычислений являлся основным режимом работы СВК. Программное обеспечение и информационные базы были дублированы в оперативной и внешней памяти обеих машин. Общее поле оперативной памяти и внешних устройств позволило поддерживать работоспособность систем в широком диапазоне различных аварийных ситуаций.

В режиме дублирования обе машины работали параллельно, решали одни и те же задачи, результаты решения сравнивались на точках вывода информации на внешние устройства. Для управления работой комплекса был выбран децентрализованный принцип. Машины имели одинаковый приоритет, операционные системы работали одновременно в двух машинах. Синхронизация работы производилась при формировании и завершении процессов, при выводе информации на внешние устройства. Во избежание конфликтов при параллельной работе операционных систем в двух машинах использовались критические секции и семафорные механизмы.

Одномашинный режим можно было организовать с дублированием внешней памяти и без него. Переходы из режима в режим производились без нарушения непрерывности вычислительного процесса.

Операционная система СВК обеспечивала высокую устойчивость вычислительного процесса к различным типам аварийных ситуаций (сбои, отказы, программные ошибки, ошибки в данных и т.д.). На экране монитора системного оператора непрерывно отображались текущие состояния технических средств и каналов передачи данных. Многоуровневая система восстановительных процедур обеспечивала работу комплекса без останова. При искажении информации в оперативной памяти или внешней памяти одной из машин, восстановление производилось автоматически, используя правильную информацию во второй машине. В одномашинном режиме при невозможности восстановления информации после сбоев в процессоре и оперативной памяти выполнялись процедуры автоматического рестарта системы с частичным и полным обновлением информации. Система могла остановиться только при тяжёлых отказах одновременно в двух машинах, и когда системные ресурсы для работоспособной конфигурации были полностью исчерпаны. Вероятность такого события была очень мала и СВК практически не останавливался.

Объекты АСУ находились на разных территориях и взаимодействовали между собой через глобальную сеть передачи данных. В операционной системе СВК было разработано сетевое программное обеспечение, реализующее протоколы системы передачи данных, включающее многоуровневую систему буферизации сообщений, приоритетное обслуживание очередей, средства обнаружения и предотвращения перегрузок.

На объектах верхнего звена подсистем СВК обеспечивал взаимодействие с двухмашинным вычислительным комплексом на базе ЭВМ ЕС-1030 (ВК-1010). Взаимосвязь двух вычислительных комплексов обеспечивалась четырьмя устройствами («Адаптер канал-канал»). Протокол взаимодействия и программное обеспечение со стороны СВК разработали специалисты НИИАА, со стороны ЕС ЭВМ – специалисты НИЦЭВТ. Обслуживание очередей к ресурсам и процессору было организовано по принципу приоритета. Очереди были разделены на четыре приоритетных класса.

Классические схемы формирования процессов и принципы распределения ресурсов оказались не эффективными для обработки интенсивных потоков сообщений, поступающих по каналам связи. Были придуманы и реализованы принципы группирования однотипных заявок и их групповой обработки. Было введено понятие «резидентные процессы». Задача после завершения обработки текущих заявок переводилась в состояние ожидания появления новых запросов. Их можно было активировать периодически или по мере накопления новых запросов.

СВК имел свой язык программирования типа ассемблер – Автокод СВК. Операторы Автокода были на русском языке. Были разработаны транслятор с языка Автокод (разработчик – НИИМАРС) и система отладки и подготовки программного обеспечения. Отладочные средства позволяли производить отладку

программ, как с рабочих мест отдельного объекта, так и удаленную отладку через вычислительную сеть. Для комплексной отладки операционной системы и проведения испытания была разработана имитационная среда с различными уровнями тестовых задач.

Многие методы и алгоритмы организации и управления вычислительным процессом в одномашинном и двухмашинном режимах работы СВК, обеспечения отказоустойчивости системы, система буферизации, групповая обработка потока сообщений, контроль нагрузки и предотвращения перегрузок, локальный и дистанционный контроль за функционированием системы и состоянием технических средств, дистанционная отладка программного обеспечения и многое другое в то время было новым в теории и практике вычислительной техники, вычислительных сетей и программирования. Прошли годы, в литературе начали появляться описания многих из этих методов. Объем работы и напряженность графика были настолько высокими, что новые методы, решения и алгоритмы, которые мы разработали и применяли, не успевали своевременно опубликовывать и оформлять авторские права. Просто времени на это не было. Считали, что важно было сделать работу, а оформление как-нибудь потом.

В научной школе академика Семенихина действовало правило защиты диссертации только после завершения работ, когда на практике доказана ценность результатов исследования. Следуя этому правилу, я защитил кандидатскую диссертацию, после многократных испытаний и внедрения операционной системы СВК на предприятиях соисполнителей в 1978 году, а докторскую диссертацию в 1989 году, после принятия на вооружение многопроцессорного вычислительного комплекса «Севан».

#### IV. ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА СВК В ЗОНЕ ОСОБОГО ВНИМАНИЯ

СВК был базовым вычислительным комплексом объектов управления подсистем АСУ ВС. Неудачи, провалы и задержки в разработке СВК и операционной системы могли бы непосредственно влиять на процесс разработки КСА объектов подсистем АСУ ВС. Поэтому эти работы были в центре внимания, и за выполнением графика работ строго следили главные конструкторы подсистем, Генеральный конструктор, Министерство радиопромышленности СССР, военные представители Министерства обороны, Генеральный штаб и оборонный отдел ЦК КПСС. Общие концепции, принципы функционирования СВК и операционной системы многократно докладывались и оценивались экспертами на совещаниях самых высоких уровней. Возникавшие вопросы решались оперативно, не прощались задержки и провалы.

Апогей этих событий пришелся на январь 1978 года. В отделе оборонной промышленности ЦК КПСС рассмотрели состояние дел по разработке АСУ ВС. На совещании доложили, что операционная система СВК работает неустойчиво, имеются ошибки, и она задерживает процесс разработки функционального программного обеспечения объектов подсистем. Заведующий отделом Иван Дмитриевич Сербин предложил отправить в Ереван высококвалифицированных программистов из других предприятий, чтобы ускорить процесс отладки операционной системы. Генеральный конструктор В.С. Семенихин объяснил, что подключение новых людей на этапе завершения работ не ускорит процесс, а наоборот, может привести к задержкам. В этой ситуации срок завершения работ зависит от Гамлета Арутюняна. На что Сербин ответил: «Как можно было допустить, чтобы обороноспособность страны зависела от Гамлета, который еще должен решить, быть, или не быть нашей системе». Он поручил министру радиопромышленности СССР П.С. Плешакову организовать совещание в Ереване с участием экспертов, опытных специалистов, разобраться в проблемах задержки операционной системы и подготовки АСУ ВС к испытаниям на объектах заказчика.

Совещание проводил П.С. Плешаков, участвовали В.С. Семенихин, Н.В. Горшков, В.В. Пржиялковский, К.Н. Трофимов, М.С. Логинов, военные представители, эксперты, и другие официальные лица. В совещании участвовал председатель Совета Министров Армянской ССР Ф.Т. Саркисян.

Атмосфера на совещании была довольно напряжённая. Было запланировано, что Роберт Вардкесович Атоян, как главный конструктор, представил аппаратную часть СВК, а Э.А. Будагян, А.Х. Палян, Л.Л. Абрамян и Г.А. Арутюнян – операционную систему. Докладчиков часто прерывали, чувствовалось, что участники совещания нервничают и недовольны выступлениями. По всей видимости, список и уровень представления обсуждаемых вопросов для такого ранга совещания были составлены неудачно. Я должен был выступить последним, и у меня было время подумать и сориентироваться, что хотят услышать и обсудить высокопоставленные руководители.

Своё вступление я начал с того, что не буду говорить о принципах работы операционной системы, о конкретных алгоритмах управления вычислительным комплексом, считая, что эти вопросы не для уровня министров и высокопоставленных руководителей; эти вопросы мы будем обсуждать с экспертами

в более спокойной рабочей обстановке. Я представил результаты недавно проведённых в Москве на стенде НИИАА испытаний, представил данные о состоянии участвовавших в испытаниях трех вычислительных комплексов и их операционных систем: СВК (разработчик ЕрНИИММ), двухмашинного вычислительного комплекса (разработчик НИИАА), предназначенного для коммутационных центров телекоммуникационной сети и ВК 1010 – для решения расчетных задач на объектах высших звеньев подсистем (разработчик НИЦЭВТ). Провёл сравнительную оценку и отметил, что уровень готовности операционной системы СВК выше, чем у операционных систем двух других вычислительных комплексов, а устойчивость работы СВК вполне достаточна для отладки функциональных задач подсистем АСУ ВС. Отметил существующие проблемы и пути их решения. Говорил примерно 30 минут. Меня не перебивали, слушали внимательно, а потом задавали много вопросов, на которые я чётко отвечал.

После моего выступления напряжённость совещания намного снизилась. Дальнейшее обсуждение проходило в более спокойной обстановке. Услышав объективную оценку реальной обстановки непосредственно от разработчика, участники совещания поняли, что состояние операционной системы СВК не так уж плохо, как это было представлено в оборонном отделе ЦК КПСС, и имеются реальные возможности завершить все работы и провести испытания подсистем АСУ ВС на объектах заказчика в намеченные сроки. Потом выступил П.С. Плешаков, подвел итоги обсуждения и предложил экспертам подробно рассмотреть состояние дел и проблемы, связанные с завершением работ операционной системы, и представить свои мнения.

На следующий день эксперты подробно рассмотрели принципы и алгоритмы разработки операционной системы, оценили реальное состояние дел и отметили высокий научно-технический уровень разработки. Совместные обсуждения были очень полезными, в итоге был составлен график завершения работ и подготовки системы к испытаниям на объектах заказчика. Руководителем работ назначили меня. Работа была завершена в срок, а испытания прошли удачно.

Об этом совещании Председатель Совета Министров Арм. ССР Фадей Тачатович Саркисян в своей книге «Уроки жизни» и в интервью газете «Иравунк» вспоминает, что на совещании был поставлен вопрос «быть или не быть» АСУ ВС и ЕрНИИММ, и вопрос решился «быть». Главным математиком системы был Гамлет Арутюнян [3, 5].

Достижение высоких характеристик по производительности, надёжности и устойчивости вычислительного процесса на ненадёжных микросхемах и скудных системных ресурсах было сложной задачей. Нам пришлось в операционной системе придумать и реализовать много новых и сложных механизмов, алгоритмов для достижения требуемых характеристик системы. В итоге, по этим показателям СВК не уступал самым передовым американским системам аналогичного назначения, а по некоторым из них и превосходил.

Мы добились этого благодаря высоким профессиональным знаниям, преданности делу, чувству ответственности и сплоченности коллектива разработчиков, всемерной поддержке со стороны руководства института, главных конструкторов подсистем и Генерального конструктора В.С. Семенихина. Была создана благоприятная рабочая среда сотрудников военных и гражданских организаций. Все понимали, что делают общее дело, и неудачи на отдельных участках могли бы привести к провалу важнейшей работы. Разработчики подсистем работали согласовано, помогая друг другу. Была большая помощь со стороны специалистов НИИАА, НИИЭТУ и НИИ «Марс». Особенно хотелось бы отметить большие заслуги заместителя главного конструктора по программному обеспечению АСУ ВС Анатолия Матвеевича Растрелина.

Мы знали, что за рубежом для разработчиков систем такого класса, создают хорошие условия, и они получают большие деньги. Мы, простые советские ребята, работали день и ночь, без отдыха и ни о каких деньгах и комфорте не думали. Лично я в период 1972-1978 годов работал без отпуска, с утра и допоздна, включая субботные и воскресные дни. И многие работали в таком режиме. Советская система оценки труда и отношение людей к труду были совершенно другими. Мы глубоко осознавали важность нашей работы в повышении обороноспособности великой страны, нашей общей Родины, которая называлась Советским Союзом. Нам выпала большая честь быть первопроходцами в создании глобальной компьютерной сети такого масштаба в нашей стране и выполнить работу государственного и оборонного значения, и мы любой ценой старались оправдать оказанное доверие.

Такое отношение к делу и такое мышление были характерны для многих советских людей того времени. Государственный и профессиональный подход к делу, оценка труда и специалиста в семидесятые годы еще сохранились. К нам относились с уважением на всех уровнях в Ереване, в Москве, везде, в гражданских и военных организациях.

Советское правительство высоко оценило работу по созданию СВК и операционной системы. Р.В. Атоян, Э.А. Будагян и Г.Г. Бакарян стали лауреатами Государственной премии Армении, а Г.А. Арутюнян, А.Х. Паляян, А.Г. Малхасян, А.А. Бдоян., Г.Г. Овсепян, А.З. Захарян, С.С. Мусаелян, С.Г. Башиян – лауреатами Всесоюзной премии Ленинского комсомола.

#### VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Специализированный вычислительный комплекс СВК, разработанный Ереванским НИИ математических машин по своим системным возможностям превосходил отечественные и зарубежные системы аналогичного класса и должен занять достойное место в истории развития вычислительной техники и программного обеспечения Советского Союза.

2. СВК являлся базовым вычислительным комплексом для построения комплекса средств автоматизации объектов управления и играл важную роль в создании глобальной АСУ МО.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Академик Владимир Сергеевич Семенихин // Виртуальный компьютерный музей. [https://www.computer-museum.ru/articles/galglory\\_ru/1411/](https://www.computer-museum.ru/articles/galglory_ru/1411/)
2. Ереванский научно-исследовательский институт математических машин // Виртуальный компьютерный музей. <https://www.computer-museum.ru/histussr/niimm.htm>
3. Интервью Фадея Саркисяна // Иравунк. Июль, 1999. № 282.
4. Создатель «ядерной кнопки» // Красная звезда. 1 декабря 2010 г.
5. Саркисян Ф. Уроки жизни. Ереван, 2000.

## К ИСТОРИИ ПРОГРАММИРУЕМЫХ КАЛЬКУЛЯТОРОВ СССР

Владимир Юрьевич Архипов

*Музей компьютеров Боровска, Боровск, Российская Федерация, a1408787@gmail.com*

**Аннотация** – В статье освещена история развития программируемых калькуляторов, производившихся в СССР. Затронуты вопросы архитектуры и технических параметров, программного обеспечения (делового и игрового), недокументированных ошибок (еггология). Произведено сравнение с большими ЭВМ. Доклад основан на материалах «Музея компьютеров Боровска».

**Ключевые слова** – программируемый калькулятор, Гарвардская архитектура, «Клуб электронных игр», еггология.

### I. ВВЕДЕНИЕ

История программируемых калькуляторов (ПК) началась в 60-е годы XX века. В 1965 г. фирма *Olivetti* выпустила настольное программируемое вычислительное устройство Programma 101. Хотя само словосочетание ПК появилось позже, однако по формальным признакам – наличию перезаписываемой памяти для чисел и программы устройство явно принадлежало к ним. Само же словосочетание ПК появилось позже, когда в 1965 г. НР выпустил модель 9100А. Первоначально его назвали «персональным компьютером», но затем переименовали в ПК для увеличения продаж, потому что службы закупки предприятий и организаций, как правило, могли сами покупать «калькуляторы», а для покупки «компьютера» нужно было одобрение руководства. Так маркетинг закрепил термин «программируемый калькулятор», хотя, по сути, он был и есть сильно облегченный вариант персонального компьютера.

Естественно, вместе с «железом» стало развиваться программное обеспечение. У советских калькуляторов операционной системы не было. Сначала писали прямо в программную часть памяти машинные коды в шестнадцатеричном формате, потом был Бейсик. Как и у «взрослых» компьютеров, базовые программы различных функций сразу прошивались на производстве. Советские ПК снабжались книжечкой с руководством по эксплуатации с нехитрыми инженерными, бухгалтерскими, статистическими, математическими программами. «Прикладные» программы для себя вначале каждый писал сам, потом лучшие стали публиковать журналы «Техника – молодежи», «Наука и жизнь», ряд других. Стали выходить и сборники с описаниями. Это сильно упростило жизнь энтузиастам ПК, не являвшимся программистами.

### II. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ

Первыми советскими калькуляторами были настольные «Искра-123» (рис. 1) и «Электроника-70».

К первой был в 1970 году выпущен МИЭМом учебник по программированию, микросхемы серии 172 для «Искр» разработали в 1968 году, начало их производства можно датировать 1969 годом. Что удивительно – «Искры», эти монстры, на которых электроника не размещалась на одной плате, и они вставлялись в слоты, как в современных компьютерах, индикаторы были газоразрядные, выпускались как минимум до 1979 г.

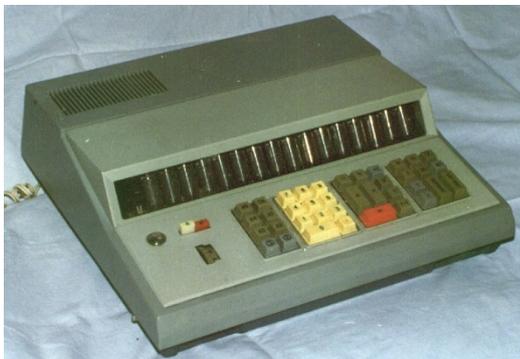


Рис. 1. Калькулятор «Искра-123»

По тем временам это были мощные машины. «Электроника» имела 23 регистра и 186 шагов программы, «Искра» – соответственно 5 и 70.

Учитывая тот факт, что на Западе первый полноценный ПК появился в 1968 г., то технологический разрыв между СССР и Западом в этой сфере практически отсутствовал.

Калькуляторы первоначально использовались для научно-технических и бухгалтерских расчётов, для автоматизации управления производственными процессами, автоматических измерений и контроля. Потом, как и у «больших» компьютеров, появились игровые программы. Некоторые модели допускали подключение периферии: внешней памяти, измерительных и печатающих устройств и ряда других.

Что надо подчеркнуть отдельно – память у первых ПК была энергозависимой. Написав и отладив вечером программу, ее надо было записать на бумагу, чтобы утром ввести снова. Или не выключать «компьютер».

В первых ПК память делилась на две независимые части (как в гарвардской архитектуре компьютера, рис. 2):

- программную – содержала список команд для процессора,
- данные, содержащие числовую информацию.

В поздних версиях появилась единая память для программы и данных, по концепции фон Неймана.



Рис. 2. Гарвардская архитектура компьютера

Программная память (ОЗУ программ) содержала шаги программы в машинных кодах. Поддерживались все стандартные возможности процедурных языков:

- линейная последовательность операторов (максимум, в зависимости от модели, 60-105 шагов),
- простое ветвление, операнд сравнивался с 0 – соответственно получалось 4 варианта сравнения,
- цикл до 4 вложений,
- подпрограммы с глубиной обращения до 5 у старших моделей,
- встроенные функции – *sin*, *log* и другие (их макропрограммы хранились в ПЗУ),
- также ряд, весьма небольшой, и других возможностей.

Адресуемые регистры памяти (ОЗУ). В них хранились числа. Количество 9-15 в зависимости от модели. Разрядность – 8 мантисса, 2 порядок.

Стек – тоже оперативная память для чисел. Организована как магазин у револьвера, можно поднимать число, вводя новое, прокрутить «барабан» или производить действия с одним или двумя числами из операционного блока – *X* или *Y*. Только *X* выводился на дисплей, его можно было записать в адресуемые ячейки. Такая организация памяти применялась для вычислений по обратной бесскобочной записи, предложенной в 1920-х гг. польским математиком Яном Лукасевичем. Для вычислений по ней нужно меньше операторов, что при небольшой программной памяти имеет важное значение. Добавлю от себя – привыкаешь к ней быстро, работать удобно.

ПК мог работать в трех режимах:

- калькулятора, на нем можно было считать,
- программирования,
- выполнения программы – целиком или по шагам.

Естественно, при весьма скромных технических характеристиках все ПК были однозадачными – можно было запустить только одну программу.

Как всё это устроено и работает, довольно невнятно описывалось в «мануалах». Помогали книги, излагавшие вопрос намного более детально и на конкретных примерах. А также, скажу честно – многое приходилось узнавать экспериментально.

Одна из классических книг – «Справочник по расчетам на микрокалькуляторах» В.П. Дьяконова 1985 года издания (рис. 3). В нем детально описано решение многих стандартных математических и инженерных задач.

Первоначально калькуляторы, как и вся ранняя вычислительная техника, задумывались в помощь инженеру и бухгалтеру. А потом что с большими, что со средними и малыми машинами происходили «фазовые переходы» – программисты втихаря (вначале) писали игрушки (рис. 4). Счастливые обладатели ПК – тоже...

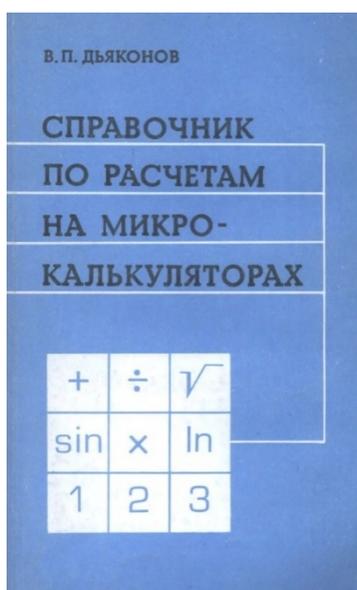


Рис. 3. В.П. Дьяконов «Справочник по расчетам на микрокалькуляторах»



Рис. 4. Я.К. Трохименко, Ф.Д. Любич «Микрокалькулятор, Ваш ход!»

Первая компактная модель «Электроника БЗ-21» (рис. 5) производилась с начала 1977 года, имела 60 шагов программы, 9 адресуемых ячеек памяти, из которых 2 используются под операционный блок, и целых 6! ячеек стека (в дальнейшем их было 4) плюс регистр возврата. Что интересно в этой модели – при глубине подпрограмм в 5 вложенных циклов не было. Циклов не было вообще! В следующих моделях они появились. Впрочем, и на иностранных ПЦ циклы были не у всех. БЗ-21 и БЗ-34 (родоначальник следующего семейства) отличались стильным дизайном и веселыми разноцветными кнопками.



Рис. 5. ПК Электроника БЗ-21

Однако самое интересное у них было в «мозгах». Разработчики то ли сэкономили на их разработке, то ли ошиблись. Благодаря этому машинки имели весьма забавные дополнительные недокументированные возможности. Например, некоторые числа, больше 10 в 100 степени (а «досчитать» можно было до 10 в 1000 степени!) имели свойства программы, на некоторые нельзя было смотреть на экране (ПК зависал), но можно было обрабатывать в памяти и много еще чего интересного... С программной памятью также было много чудес. Одна только боковая ветка в ее конце чего стоила!

Естественно, многочисленные энтузиасты по всей стране искали это «золото». Оно позволяло расширить довольно скромные возможности ПК. «Штабом» по изысканию стала рубрика «Клуб электронных игр» в журнале «Техника молодежи» (рис. 6). Руководил с 1985 г. по 1988 г. ею талантливый писатель и отличный организатор Михаил Пухов. Программы публиковали многие журналы – «Радио», «Наука и жизнь», но именно Пухову удалось создать оригинальный контент, в котором сочетались фрагменты научно-фантастических рассказов и программы для ПК с пояснениями. Рубрика Пухова в то время была самым оперативным и общедоступным каналом обмена информацией между любителями игр.



Сегодня в гостях у «Клуба любителей фантастики» — наш новый раздел «Клуб электронных игр» [см. стр. 56]. Поэтому предлагаем текст адресован в первую очередь тем любителям научной фантастики, кто уже изучил статьи раздела «Для всех профессий» и умеет обращаться с программируемыми микрокалькуляторами «Электроника БЗ-34», «Электроника МК-54», «Электроника МК-56».

МИХАИЛ ПУХОВ

## ИСТИННАЯ ПРАВДА

«Громадный метеорит врезался с космической скоростью в наш звездолет и пробил его насквозь, оставив в обшивке дыру размером с человеческую голову. Воздух со свистом хлынул наружу».

«Пилот наконец решился и нажатием кнопки отправил в реактор последние остатки топлива. На космонавтов обрушилась десятикратная перегрузка. Тысячетонная громадина корабля дрогнула и медленно двинулась вверх. Люди были спасены».

Подобными эпизодами изобилуют поступающие в редакцию «ТМ» рассказы начинающих фантастов. Рецензировать такие произведения затруднительно. Интуитивно ясно, конечно, что после столкновения с «громадным метеоритом» от звездолета ничего не останется, а «последних остатков топлива» не хватит, чтобы даже при «десятикратной перегрузке» обеспечить взлет «тысячетонной громадины корабля» со сколько-нибудь приличной планеты. Но какими аргументами подкрепить интуитивные соображения? Не будешь же каждый раз проделывать громоздкие вычисления по соответствующим формулам — рассказов в отделе фантастики приходит ежедневно около десяти. Где взять время для этих проверок?

учил материалы рубрики «Для всех профессий», разберется в ней без труда. Вот эта программа:

```
00. ИПД 01. Fx<0 02. 09 03. † 04. ИП8 05. †
06. ХУ 07. ПП 08. 90 09. ИПА 10. Fx≠0 11. 43
12. Fx<0 13. 33 14. 2 15. × 16. † 17. ИП4 18. ИПЗ
19. — 20. × 21. ИПВ 22. Fx² 23. + 24. F√ 25. ИПВ
26. — 27. ÷ 28. † 29. ИП8 30. × 31. БП 32. 90
33. ИПД 34. Fx≠ 0 35. 86 36. ИПЗ 37. Fx² 38. F√
39. ИП7 40. — 41. Fx<0 42. 87 43. ИПВ 44. ИПА
45. С/П 46. П1 47. П2 48. Fx≠ 0 49. 43 50. ÷ 51. П8
52. ИП5 53. ИПД 54. + 55. † 56. ИПВ 57. × 58. ПЗ
59. ИП4 60. — 61. ИП2 62. × 63. ИПВ 64. + 65. ПВ
66. FVx 67. + 68. 2 69. ÷ 70. ИП2 71. × 72. ИПА
73. + 74. ПА 75. ИПС 76. ИП2 77. ИПО 78. × 79. —
80. ПС 81. ИПД 82. ИП1 83. — 84. ПД. 85. В/О
86. ИП6 87. ИП9 88. С/П 89. Сx 90. П1 91. ХУ 92. П2
93. Fx<0 94. 50 95. ИПЗ 96. БП 97. 59
```

Подробная инструкция к этой программе (условно она называется «Лунолет-1») и описание увлекательной компьютерной игры, в которую можно играть с ее помощью, приведены на стр. 56. Но вернемся к проверке поступающих в редакцию материалов.

Надо сказать, что, помимо многочисленных писем,

Рис. 6. Журнал «Техника – молодежи», рубрика «Клуб электронных игр»

Пухов придумал знаменитый термин «еггология». Он считал неправильным ситуации «ошибок» валить в одну кучу под названием ЕГГОГ (так на экране высвечивалось сообщение об ошибке *error*, рис. 7). Все «ошибки» изучались и использовались. Находки сразу шли в дело. В мае 1986 г. я сделал открытие по псевдографике, позвонил Пухову, а в июне мое письмо уже напечатали (рис. 8). Необыкновенная скорость!



Рис. 7. Тот самый ЕГГОГ!

О графике. Разработанные для математических расчётов, калькуляторы семейства БЗ-34 выводили на экран только цифры и Е, Г, О, С, L, —, которые использовались как служебные и обозначающие шестнадцатеричные числа. «В базе» они использовались лишь в виде служебных сочетаний. Однако, за счет недокументированных возможностей были разработаны варианты отдельных букв, а также их сочетаний, в том числе и с цифрами (например, ГО-ГО-ГО, 4ОС, СО4I). Это позволяло делать для игровых программ более привлекательный интерфейс.

### 3E

клуб, очень здорово! Но посвятите хотя бы один номер тому, как самому придумывать игры. Составить программу решения уравнения легко, а игру никак... Научите составлять игры!»

Что ж, пожелания законные, давайте придумаем игру вместе. По глубокому убеждению администрации, главное — это название. Назовем ее, скажем, «Многоступенчатая ракета». Ясно же, что на лунолете класса «Кон-Тики» далеко не улетит, даже взлететь с Земли вряд ли удастся. Поставим задачу так: количество ступеней произвольно, после команды на отделение ступени действует следующая. Желательно, чтобы программа в обращении не была сложнее «Лунолета-3», который и возьмем за основу. Неплохо было бы сохранить и видеосообщения. Договоримся все постоянные и переменные величины оставить в прежних регистрах. Только теперь в регистре Д разместится запас топлива первой ступени, а в регистре Б, ясное дело, — ее «сухая» масса плюс полная масса всех последующих ступеней, включая полезную нагрузку.

Посмотрим, какие внутренние резервы есть у нашего «Лунолета-3». Команды, записанные по адресам 12—18, никакой роли не играют, просто повышают сервисность программы, рассчитывая и переводя в регистр У круговую скорость на данной высоте. Это семь команд. Можно ли уместить сюда «многоступенчатый блок»?

Возьмем простейший случай. Пусть при зажигании двигателя каждой ступени полная масса ракеты распределяется поровну между следующими компонентами: 1) масса топлива нижней ступени; 2) масса ее конструкции; 3) масса всех последующих ступеней, включая полезную нагрузку. Легко видеть, что после команды на отделение ступени необходимо проделать следующие операции:

1) разделить оставшуюся массу ракеты (содержимое регистра Б) на 3;  
2) полученное число записать в регистры 5 и Д;

3) вернуться на начало программы. Наиболее простая последовательность команд, реализующая данный алгоритм, такова (адреса условные): 01.ИП5 02.3 03.÷ 04.П5 05.ПД 06.БП 07.00. Уложились ровно в семь команд! Блок сконструирован, но куда его вставить? И каким образом, не усложняя работы с программой, отдавать команду на отделение ступеней???

Обратим внимание на блок-схему, на то место, где производится проверка на перерасход топлива. Если вы внимательно следите за «топливными ресурсами», она бесполезна. Что, если команду с перерасходом сделать сигналом на отделение ступени? Значит, надо сделать так, чтобы при перерасходе управление перешло не только что сконструированный «блок многоступенчатости»!

Тот, кто хочет внести необходимые исправления сам, может «приглушить звук». Для остальных сообщаем алго-

ритм преобразования «Лунолета-3» в «Многоступенчатую ракету»:

1) Выбросить из программы команды по адресам 12—18;

2) Команды по адресам 19—26 «сдвинуть» вверх. Теперь они будут занимать адреса 12—19.

3) Вписать на адреса 20—21 команды 20. Fx<0 21. 29.

4) Вписать на адреса 22—28 только что сконструированный «блок многоступенчатости».

Ракета построена. Вводите видеосообщения, нужные вам исходные данные, заливайте в баки горячее, определите себе цели полета — и в путь! Только администрация настоятельно рекомендует: внимательно следите за содержанием регистра Б. Ведь это масса всех пока еще бездействующих ступеней, включая полезную нагрузку. Не забывайте, что в нее входит и вы сами! И если команда ИП5 на очередном останове выдаст на индикатор, скажем, число 100, администрация обоснованно опасается, что вам, увь, уже ничто не поможет...

«Недавно просматривал ваш журнал № 10 за 1985 год, в частности рубрику «Клуб электронных игр», и возникло желание спросить: почему сообщение микрокалькуляторов типа БЗ-34 и МК-54 по ошибке ERROR на страницах вашего (зпрочем, не только вашего) журнала печатается в виде ЕГГОГ? — справедливо недоумевает А. Федоренко из Новосибирска. — Если это результат стремления избежать дополнительных трудностей при наборе, то оправданно ли такое стремление, в результате которого вместо осмысленного и понятного (по крайней мере, переводимого) слова появляется какой-то птичий набор?»

Отвечаем по существу. Для нас и наших читателей ЕГГОГ в первую очередь это: 1) условное обозначение чисел с порядками между 100 и 200 (см. № 1 с. г.), которые можно, например, записывать в регистры, отдавать по ним команды косвенной адресации (об этом еще расскажем) и т. д.; 2) своеобразное «прикрытие», пользуясь которым можно вызывать в регистр Х и подвергать различным операциям числа, которые иначе вызвать не удастся, скажем Тьму (№ 3); 3) универсальное «сырье», из которого можно получать такие полезные продукты, как символы Е, Г, С, L и —. Даже язык как-то не поворачивается назвать столь бесценное сокровище «ошибкой», пусть даже на английском языке...

Кстати, насчет символов Е, Г и т. д. «Почему вы написали, что после адреса 99 идут (в БЗ-34) адреса А0...А9, В0...В9, С0...С9, Д0...Д9, Е0...Е9, 0...9? — просит разъяснений заинтересовавшийся проблемой 160-шагового цикла А. Коротков из Тулы. — У меня они идут в следующем порядке: —0...—9, L0...L9, С0...С9, Г0...Г9, Е0...Е9, 0...9. А «темная зона» начинается с адреса С3, а не С1, как сказано у вас».

Охотно даем разъяснения. Во-пер-

вых, символы —, L и Г есть соответственно коды букв А, В и Д, так что никакого противоречия в первом обнаруженном факте нет. Кстати, странички нашего клуба (или стены?) пронумерованы именно этими кодами. Второе замечание справедливо — «темная зона» начинается не с адреса С1 (что было бы странно!), а с адреса С0. При переходе же на адрес С2 она сплошь заполняет индикатор.

Наконец, сообщение, которое, несомненно, порадует всех любителей, если можно так выразиться, «компьютерной грамматики». Буквально накануне отправки номера в производство администрация КЭИ получила сенсационную телефонограмму следующего содержания:

«Извещаю, что мною получен простой способ формирования на БЗ-34 любых комбинаций из цифр и символов Е, Г, С, L, —, не начинающихся с 0. Для этого нужно ввести в ПМК следующую программу: 00.КИП0 01.БП 02.7 03.П9 04.КИП9 05.КИПЕ 06.ИП9 07.ХУ 08.ХУ 09.ВП 10.ВП 11.12./—/ 13.FL0 14.03 15.С/П.

(Е по адресу 05 означает стрелку вверх. — М. П.)

После ввода программы нужно сформировать и ввести в регистры 1, 2 и т. д. вплоть до 8 необходимые символы в том же порядке, в каком они входят в состав необходимого слова. Например, если вы хотите получить на индикаторе «слово» ГО-ГО-ГО, нужно ввести букву Г в регистры 1, 4 и 7, обнулить регистры 2, 5 и 8, ввести символ «—» в регистры 3 и 6. В регистр 0 заносится число букв в слове, не считая замыкающих его нулей, плюс один. В нашем случае 8. Теперь В/О С/П. Через десяток секунд на индикаторе появляется заказанное вами слово (с точностью до положения десятичной точки, но она легко переносится с помощью команды ВП).

Сообщаю также, что мною сконструирован инструмент для программного получения символов Е, Г, С, L и —. Вот соответствующая программа: 00.† 01.Сх 02.ХУ 03.ХУ 04.ВП 05.С/П. (По адресу 00 вписана стрелка вверх.) Если подать на ее вход цифру 9, после окончания получим —. Если —, то L. Букву Е лучше не вводить — она дает «пустышку», а это символ весьма опасный.

В. Архипов».

Администрация КЭИ объявляет Владимиру Архипову благодарность и в этой связи дает следующее задание:

1) Получить максимальное число осмысленных слов и прислать их.

2) Придумать, каким образом, несмотря на категорическое утверждение нашего постоянного корреспондента, можно зафиксировать на индикаторе и записать в адресуемые регистры, скажем, названия программ «ОС-1», «ОС-2», «ОС-3».

Михаил ПУХОВ

Рис. 8. «Техника — молодежи» 1986 г., № 6. Благодарность автору

Сам я пришел к ПК в 1985 году. Перед этим в 1982 году я поступил в МИЭМ на ФПМ, однако в 1983 сняли бронь с большинства московских вузов и я, в числе прочих счастливицев, два года отслужил солдатом. Вернулся в альма матер, учиться стало легче, чем на первом курсе, появилось некоторое свободное время и деньги. Купил Электронику БЗ-34, это был первый и единственный мой ПК. Может быть, ностальгия по такой простенькой, но ПЕРВОЙ СВОЕЙ вычислительной технике аукнулась через много лет в виде моего музея компьютеров Боровска.

Интересно сравнить первые компьютеры с ПК (таблица 1). К сожалению, в таблице не хватает данных, и автор будет благодарен за любые уточнения.

Таблица 1  
Сравнительные характеристики вычислительной техники

МОДЕЛЬ	ГОД ВЫПУСКА	РАЗРЯДНОСТЬ, ДАННЫЕ/АДРЕС	ЧАСТОТА	ОЗУ	КОЛИЧЕСТВО КОМАНД
ENIAC, США	1945	20	100 КГц	4 000 БАЙТ	н/д
МЭСМ, СССР	1951	17/20	5 КГц	1 787 БАЙТ	11
М-1, СССР	1951	25	15-20 ОП/СЕК	1 600 БАЙТ	н/д
SINCLAIR ZX80, ВЕЛИКОБРИТАНИЯ	1980	8/16	3,5 МГц	1 КБ	158
ИСКРА 123	1972	н/д	н/д	460 БАЙТ	64
ЭЛЕКТРОНИКА-70, СССР	1970	н/д	н/д	475 БАЙТ	н/д
ЭЛЕКТРОНИКА БЗ-21, СССР	1977	4	100 КГц	960 БАЙТ	51
ЭЛЕКТРОНИКА БК-0010, СССР	1983	16/16	3 МГц	32 КБ	64
ЭЛЕКТРОНИКА МК 52, СССР	1985	4	100 КГц	1 330 БАЙТ	65
ЭЛЕКТРОНИКА МК 85, СССР	1986	16	2 МГц	2 КБ	72

Таблица демонстрирует весьма продвинутое по тем временам возможности ПК.

#### IV. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сейчас, когда у большинства есть компьютер, все пользуются смартфонами, а программирование начинают преподавать чуть ли не с детского сада, интерес к таким примитивным устройствам может показаться странным. Но уже в 1980-х годах, на которые пришелся пик популярности ПК, сформировалась большая прослойка людей с соответствующим образованием и интересами. Вычислительная же техника была представлена лишь большими машинами в институтах, госучреждениях или конструкторских бюро. Причем ее не хватало даже для государственных нужд. Что уж тут говорить про домашнюю вычислительную технику! Ее практически не существовало. Были счастливые обладатели единичных импортных машин. Некоторым удавалось добыть советскую ДВК. Люди с руками и возможностью достать детали мастерили «РК-76» или клоны «Спектрума». Этот вакуум и заполнили ПК, дав возможность многим людям заняться программированием. И причем не только по работе, а и в личных целях, например, написать игру или рассчитать биоритмы. При этом надо учесть высокую стоимость ПК – 350 рублей в 1979 г. – две средние зарплаты того времени! Да и купить их не всегда можно было в условиях дефицита. Поэтому нередко ПК одалживали у более обеспеченных знакомых, иногда буквально «на ночь».

В 1986 г. началась другая эпоха – эпоха КПК. Вышел в продажу микрокомпьютер (а опытные образцы были все еще ПК!) «Электроника МК 85». По меркам того времени – супермикрокомпьютер: 16-битный, встроенный Бэйсик, 2К ОЗУ (до 150 операторов Бэйсика), 26 адресуемых регистров... По имеющейся информации – аналогов в мире у него не было.

В музее компьютеров Боровска собрана большая коллекция советских ПК, начиная с БЗ-21. У нас вы можете не только посмотреть на них, но и попробовать поработать. Ну, и, конечно же, мы с радостью примем в дар любую технику, литературу и просто информацию по теме вычислительной техники и программирования!

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трохименко Я.К., Любич Ф.Д. Микрокалькулятор, Ваш ход! М.: Радио и связь, 1985. 223 с.
2. Дьяконов В.П. Справочник по расчетам на микрокалькуляторах. М.: Наука, 1985. 224 с.
3. Кузнецов Е.Ю. и др. Микрокалькуляторы: технические и конструктивные характеристики. М.: Радио и связь, 1984. 127 с. (Массовая библиотека инженера «Электроника». Вып. 40.)

## ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛОГОВЫХ РАСЧЕТНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА, НОТ И РАЦИОНАЛИЗАЦИИ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА

Галина Алексеевна Базанчук<sup>1</sup>, Сергей Витальевич Кураков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация, bga@bmstu.ru

<sup>2</sup>МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация, kurakov@bmstu.ru

**Аннотация** – В докладе рассказывается о малоизвестной истории применения специальных логарифмических линеек в области организации производства в Российской империи, а затем СССР. Используя архивные источники и системную коллекцию математических инструментов музея МГТУ им. Н.Э. Баумана, будет рассказано об изучении и адаптации зарубежного опыта в области научной организации труда, о вкладе отечественных ученых и инженеров в создание и построение современной школы рациональной и технологичной обработки металлов резанием применительно к экономике машиностроительных предприятий.

**Ключевые слова** – система Тейлора, С.Ф. Глебов, обработка металлов резанием и НОТ, счетная линейка, организация производства.

### I. ВВЕДЕНИЕ

В вопросах изучения истории вычислительной техники большое внимание уделяется аналоговым расчетно-графическим устройствам наподобие логарифмических линеек, механических вычислителей и прочих инструментов до цифровой эры. Сегодня эти приборы вызывают интерес в обществе у различных групп исследователей, ученых, студентов и школьников. Понимание принципов применения математических законов на практике, изучение архитектуры современных ЭВМ и знакомство с различными языками программирования проще и нагляднее начинать с логики именно этих аналоговых устройств. Но мы хотим подготовить читателя не только к знакомству с редкими и узкоспециализированными счетными линейками.

Когда речь заходит о цифровой технике и информатике, все мы понимаем, что с самого момента рождения этой замечательной области человеческих знаний в ней всё подчинено логике, четко структурировано и взаимосвязано: появление новой элементной базы приводит к созданию новых цифровых конструкций и, наоборот, разработки в soft-сфере меняют прикладные, привычные нам технологии. Иными словами, эта область науки уже традиционно *рациональна*.

В начале XX века мировая экономика познакомилась с тейлоризмом – системе менеджмента, основанной на научной организации труда. Как и любая революционная экономическая модель, система Тейлора резко повысила производительность труда во всех инженерно-технических и смежных областях. Результаты ошеломили и капиталистов, и социалистов – началась «гонка за прибылью», развитие и оптимизация производств, поиск выгодных и оптимальных режимов и пр. Но вот научные мужи и существующие теории, построенные на рационализме, разумном осмыслении законов мироздания, ньютоновой физике и механике, не были готовы к такому повороту событий.

Тейлор принес в систему организации производства эмпиризм – поставил во главу угла опыт, который приносит прибыль. Формулы Тейлора с большим количеством коэффициентов, корней, дробей с нецелыми и отрицательными степенями были больше похожи на стихи хулигана-футуриста В.В. Маяковского, чем на научные данные. Поначалу, мир учёных с иронией принял математические выкладки американского изобретателя, «мол, пусть играет в свои игры, а потом придет очередь науки...» Однако проходило время, формулы уточнялись, совершенствовались, а самое главное – не только не опровергались, а, наоборот, подтверждались растущим благосостоянием фабрикантов, заводчиков и, что совсем неожиданно, некоторой части профессионального рабочего класса.

Многие инженеры оказались более прагматичными, чем воинствующие рационалисты-теоретики. В научной прессе начала XX века «пробивалось» понимание, что у науки нет пока всех ответов на запросы общества. А, следовательно, с классическим утверждением Иоганна Кеплера, что «любое явление природы может считаться вполне изученным только тогда, когда оно может быть выражено полной математической формулой, причем в идеале эта формула должна иметь чисто аналитический характер, опираясь на более общие законы природы» в начале XX века пришлось повременить. Особенно заметно это было в секторе механической обработки металлов резанием – научная область, в которую пришел со своим 25-летним практическим опытом Ф.У. Тейлор и... потребовались вычислительные устройства, которые сначала были полосками бумаги со шкалами, потом механическими счетчиками, а вскоре в очередь на машинное время первых ЭВМ за месяц записывались практики-экспериментаторы.

Обслуживание и расчет эмпирических зависимостей требовало все новых и новых мощностей вычислительной техники, в начале аналоговой, а затем и цифровой. Поэтому, позволим себе напомнить читателю, эмпиризм, как научное явление, оказал огромное влияние на развитие мировой вычислительной техники.

## II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В конце XIX века американский инженер Фредерик Уинслоу Тейлор начинает свои всемирно известные исследования по научной организации труда (НОТ). Его принципы научного менеджмента станут краеугольным камнем методов управления производством в первой половине XX века; во многих ситуациях система Тейлора применяется и по сей день. Согласно Тейлору, любой квалифицированный и неквалифицированный труд можно было проанализировать, систематизировать, нормализовать и рационализировать, увеличив тем самым производительность труда.

Показательно, что система Ф.У. Тейлора прежде всего нашла свое применение в таком сегменте машиностроения как механическая обработка металлов резанием – в точении, сверлении, фрезеровании, долблении и т. д., хотя оптимизация рабочих процессов по Тейлору выполнялась также в литье, обработке металлов давлением, прокате и других областях технической деятельности. «Прибыль предпринимателя находится на кончике резца его рабочего» - именно такой слоган появился в начале XX века и предопределил развитие отрасли механической обработки по научному пути эмпиризма и тейлоризма. Однако, работа с эмпирическими формулами «наивыгоднейшего» резания требовала использования расчетно-аналитических устройств и средств вычисления, так как самые простые расчеты отнимали у исследователей чересчур долгое время, что делало практическое применение системы Тейлора в заводской обстановке затруднительным и даже просто невозможным.

Имея большой, 26-летний опыт работы по управлению американскими предприятиями Тейлор пишет о решении этой проблемы: «Почти сейчас же после того, как нам удалось установить эмпирические формулы, соответствующие результатам серии опытов, мы почувствовали важность и в то же время трудность пользования этими нашими выводами в повседневной практике. Первое математическое решение задачи было дано Синклером, который употребил год или более на эту работу при моем участии. Это решение было получено с помощью кривых, нанесенных на обыкновенной бумаге с квадратными клетками. Кривые позволили с большим трудом и чрезвычайно медленно выработать серию таблиц, которыми можно было пользоваться в большинстве случаев, встречающихся на практике. Этот метод, однако, требовал столько времени и труда, что было мало надежды на его распространение на практике. Когда Синклер оставил эту задачу, Гантт (*Генри Лоренс Гантт или Гантт, англ. Henry Laurence Gantt, - соратник Фредерика Тейлора. В русской научной прессе начала XX века печатался с ошибкой в фамилии, два «н» - вместо двух «т»* – здесь и далее прим. авт.) посвятил почти целый год дальнейшей разработке вопроса. В этот период времени мы заменили кривые, нанесенные на обыкновенной бумаге с квадратными клетками, кривыми на бумаге с логарифмической сеткой. После того, как мы начали наши опыты в мастерских Bethlehem Steel Co, Гантт и я снова принялись за разработку математической стороны этого вопроса и применили для этого специальную счетную линейку вместе с диаграммами, посредством которых достигалось более быстрое решение. Именно в этот период работы к нам присоединился Барт. Он вместе со мной и Ганттом разработал счетную линейку, благодаря которой задача разрешалась сразу (без ошибочных попыток) и чрезвычайно быстро» [1, § 1190-1193; 2].

В Российской империи ученые и инженеры познакомились с новой системой организации труда в начале XX века. Например, начало публикации книги Ф.У. Тейлора «Об искусстве обработки металлов резанием» в номерах «Бюллетеня Политехнического Общества, состоящего при Императорском Техническом Училище» пришлось на 1906/1907, окончание – на 1907/1908 годы. Как и за рубежом, так и в России, сразу определились сторонники и противники американской системы, а критики, новаторы и изобретатели получили мощную методическую подпитку своей деятельности. В целом, наше научно-техническое общество увидело потенциал идей Тейлора в развитии отечественного производства и тон обсуждения и применения новой системы был положительным и конструктивным.

Основополагающий труд Тейлора в системе научного менеджмента на русский язык перевел инженер-механик Рувим Вениаминович (Бейнасович-Вениаминович) Поляков, выпускник ИМТУ 1902 года, преподаватель механической технологии и машиностроительного черчения в ИМТУ, секретарь Инженерно-механического отделения Политехнического общества. Вероятно, ему же будет принадлежать первое упоминание в России об аналогово-расчетных устройствах, применяемых в американской системе организации производства [3] – статья Р.В. Полякова «Счетные линейки Тейлора и Барта (*Carl Georg Lange Barth – норвежско-американский математик, механик и инженер,*

консультант и партнер Ф.У. Тейлора» вышла в «Бюллетенях Политехнического Общества» № 5 за 1908 год.

**Линейка Тейлора.** О логарифмической линейке системы Тейлора подробно рассказано в брошюре «Процесс резания как единая эмпирическая формула» [4], автором которой является инженер и преподаватель МВТУ в 1917-1925 гг. Сергей Федорович Глебов. Там же приводятся и основные формулы, по которым происходили расчеты американского изобретателя и его коллег. Прежде всего, Тейлор изготавливал свои линейки отдельно для каждого станка и для каждого типоразмера резца. Таким образом, линеек приходилось делать столько, сколько было станков, а если одинаковым станкам давались разные скорости контр-приводов (напомним, что источником вращения шпинделя станка в то время была трансмиссия и ремённая передача, а установок с электрическими моторами было еще очень мало), то для таких станков снова были необходимы отдельные линейки. Если на одном станке применялись резцы разных размеров или марок, то каждый резец также требовал линейку с другой шкалой. Впрочем, здесь Тейлор несколько упростил задачу: он готовил не новую линейку, а отдельные сменные вкладные планки, пользуясь одним и тем же корпусом линейки для нескольких станков; но это конструктивное упрощение касалось, в сущности, только изготовления деревянных корпусов, а не делений на шкалах, которых требовалось множество.

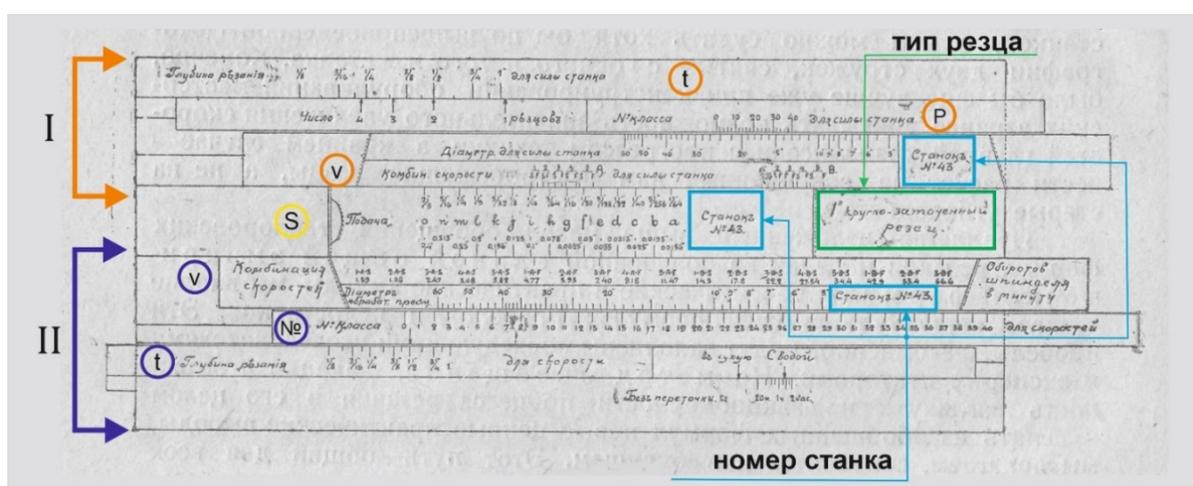


Рис. 1. Схема линейки системы Тейлора из брошюры С.Ф. Глебова [4]. Верхняя (I) и нижняя (II) части линейки рассчитывают разные эмпирические формулы; полученные результаты сравнивают с помощью центральной неподвижной шкалы подач «S»

«Тейлор должен был бы готовить также отдельные линейки для стали и отдельные для чугуна, если бы он хотел получать с помощью этих линеек достаточно точные решения; но Тейлор пренебрег точностью и строил свои линейки для металла, по свойствам занимающего среднее место между сталью и чугуном, не пригодное поэтому ни для стали, ни для чугуна в отдельности» [4, с. 22].

Созданная Тейлором линейка (рис. 1) заключала в себе, в сущности, две самостоятельных линейки, каждая из которых выражала формулу различного типа и назначения. Одна из этих двух линеек, шкалы которой расположены в верхней половине линейки Тейлора, предназначена для определения комбинации скорости («V»), подачи («S») и глубины резания («t»), оптимальной с точки зрения наименьшего давления на резец, т.е. с точки зрения наилучшего использования силы (мощности) станка («P»). Вторая линейка составляет нижнюю часть линейки Тейлора и имеет задачей определение комбинации тех же элементов, но уже с точки зрения не силы станка, а стойкости резца, точнее, определение нормальной скорости резания («v»), свойственной резцу при данных условиях резания («t», «λ»). Связующим для этих двух линеек элементом, общим для них обеих, является неподвижная центральная шкала подач («S»), масштаб которой подобран таким образом, что он удовлетворяет одновременно и формуле, выражающей давление на резец, и формуле, выражающей типовую (нормализованную) скорость резания (рис. 1).

И хотя рассмотренная линейка действительно могла быть применена только к одному определенному станку, но этого вовсе нельзя сказать о формулах резания Тейлора. Изобретатель сделал попытку конкретизации своих формул, он наносил не все деления шкалы, а выбирал только те, которые могут пригодиться для данного станка, опуская все остальные. Например, вместо того, чтобы нанести всю шкалу подач или скоростей, Тейлор наносил деления, соответствующие только тем режимам резания, которые следовали из конструкции определенного станка. Благодаря упрощениям, результат при вычислениях получался довольно неточным (до 50% в обе стороны по мнению С.Ф. Глебова).

Однако целью применения этого расчетного устройства было не определение точных законов резания, а возможность указывать рабочему нормализованные условия работы [2, § 52, 134] на конкретном оборудовании, хотя бы и не самые выгодные с точки зрения производительности, но приближающиеся к ним.

«В виду своих недостатков, линейки системы Тейлора того типа, какой опубликован в «Искусстве резать металлы» в настоящее время имеют исторический интерес» – заключает С.Ф. Глебов в 1923 году [4, с. 26]. Закономерно, что почти сразу по времени в конструкцию этих аналоговых счетных устройств пришлось вносить усовершенствования – именно так поступил Гантт, который совместно с Гудом (*Hood*) создал более универсальную линейку.

**Линейка Гантта-Гуда.** Эта линейка была изготовлена в начале 1910-х гг. с расчетом не на один станок, а в целом на все станки токарной группы. Формулы, положенные в ее основание, несколько отличались от основных формул Тейлора, однако довольно близко отражали его законы. Важное преимущество линейки Гантта-Гуда состояло в том, что она давала отдельные и самостоятельные решения для стали и чугуна.

В этой линейке также механически соединились две линейки (двигающихся вертикально) – но, в отличие от тейлоровских линеек, тут не было формулы скручивающего момента, т.е. вопрос о том, выдержит или не выдержит станок заданную глубину резания, оставался без ответа. Для выбора оптимальной и выгодной комбинации режимов резания с точки зрения стойкости резца применялась левая сторона линейки. Когда комбинация была выбрана – на правой стороне находилось время выполнения всей работы, с прибавлением соответствующего процента (по особой таблице) на ручные операции и затем 10% на отдых, остановки, перерывы, вспомогательные операции и пр.

С.Ф. Глебов аналитически исследовал левую часть линейки Гантта-Гуда [4, с. 27] и пришел к выводу, что она отвечает следующим двум формулам:

а) для стали

$$m = \frac{83,7 * W}{D * 1,1^N * a^{0,42-0,1h} * h^{0,48} * (2,4 - A)} \quad (1)$$

б) для чугуна

$$m = \frac{157 * W}{D * 1,1^N * a^{0,62+0,26h} * h^{0,28(a+1)} * (2,4 - A)} \quad (2)$$

где  $m$  – рациональная частота вращения шпинделя станка, число оборотов в минуту;  $h$  – глубина резания в дюймах;  $a$  – значение подачи в дюймах на один оборот шпинделя;  $D$  – диаметр обрабатываемой заготовки в дюймах;  $A$  – ширина резца в дюймах;  $N$  – номер класса для скорости резания;  $W$  – коэффициент, равный 1 при работе всухую и 1,3 при работе с водой.

Повышение производительности от охлаждения водой в линейке Гантта-Гуда было принято в 30% – одинаково и для стали, и для чугуна, как и у Тейлора. Однако, при работе с чугуном на практике удавалось повышать скорость не более 15%.

Не совсем удачной особенностью формул (1) и (2) является тот факт, что ширина резца, точнее, форма лезвия, оказывает своё влияние на выбор рациональной частоты вращения шпинделя независимо от подачи и глубины резания. Если линейка Гантта-Гуда предназначалась для резцов прямолинейных или другого постоянного профиля главной режущей части лезвия – это не влияло на результат. Повышение скорости резания для прямолинейного лезвия при изменении радиуса галтели у его вершины в то время уже было доказано опытами на манчестерских заводах в Англии, так и экспериментами Риппера. Но для лезвия закругленного, с изменяющимся радиусом закругления подобное упрощение давало большую неточность в расчетах [4, с. 28].

Формула правой части линейки Гантта-Гуда имела следующий вид:

$$t = \frac{1,1 * L}{a * m} \quad (3)$$

где  $t$  – время в минутах,  $L$  – длина прохода резца в направлении подачи в дюймах;  $a$  – значение подачи в дюймах на один оборот шпинделя;  $m$  – рациональная частота вращения шпинделя станка, число оборотов в минуту.

Когда была получена величина числа оборотов « $m$ », на правой стороне линейки находили длину, которую надо пройти резцом вдоль оси предмета и устанавливали против этой длины выбранное число оборотов, предварительно возвратив выдвижную линейку в ее первоначальное положение; после чего против подачи « $a$ » находили время обработки « $t$ » с поправкой в 10% (3). Для расчета поправок на ручные операции, вспомогательный ход суппорта, остановки и пр. в правой части линейки были нанесены специальные деления, каждое из которых соответствовало поправке в 20%.

**Линейки профессора Фридриха.** С.Ф. Глебов знакомит нас еще с одной группой линеек, так называемыми «указателями быстрого резания» (*Schnellschnittanzeiger*) Фридриха и Фридриха-Гипплера, опубликованные в работах последних [4, с. 28-32]. Хотя эти счетные приборы имели сравнительно более позднее происхождение, однако, по мнению Глебова, «они представляли значительный регресс по сравнению не только с вышеописанной линейкой Гантта-Гуда, но и с линейками Тейлора даже в их самом несовершенном виде».

В основу линеек Фридриха-Гипплера были положены аналитические расчеты и данные экспериментов инженера Фридриха из Хаймница (*Heimnitz*). Он пытался рассчитать выгодные скорости резания исходя из принципа: «секундная работа резания на единицу поверхности стружки должна оставаться постоянной». Имея величину давления на резец и площадь сечения стружки, Фридрих высчитывал работу сил резания и количество образующейся теплоты. Исходя из коэффициента теплопередачи через лучеспускание и прикосновение (в воздух) он подсчитывает количество теплоты, отводимой из стружки этими путями и выводит формулу (4) «наивыгоднейшей» скорости резания  $V$ :

$$V = \frac{e}{k\sqrt{f} + w} \quad (4)$$

где  $f$  – площадь сечения стружки,  $e$ ,  $k$  и  $w$  – коэффициенты, которые профессор Фридрих подобрал на основании произведенных им экспериментов.

Линейка Фридриха-Гипплера, несмотря на ее недостатки, являет собой попытку рационального подхода к решению сложной многокомпонентной проблемы выбора оптимальных режимов резания. Однако, аналитический метод расчета законов резания в начале XX века не мог учитывать всех тех факторов и особенностей, которые обнаружили последующие поколения ученых и исследователей в области механической обработки металлов. Поэтому расчет профессора Фридриха, при правильной физической гипотезе о необходимости постоянства силы резания в процессе обработки, страдал серьезными недочетами и при повторных экспериментальных исследованиях выдавал результат, близкий к ошибочному. Достаточно сравнить формулу (4) с любой эмпирической формулой, основанной на широко поставленных экспериментальных исследованиях Тейлора и Гантта, чтобы судить о ее практической пригодности.

В формуле Фридриха нет различия между чугуном и сталью; она учитывает только площадь сечения стружки, притом с показателем округленным. Между тем, уже в начале XX века было известно и подтверждено экспериментально, что при одной и той же площади сечения выбор скорости резания значительно зависит от формы этого сечения, от величины отношения подачи и глубины резания, от величины угла в плане (*угол между проекцией главной режущей кромки инструмента на основную плоскость и направлением подачи*) и т.д.

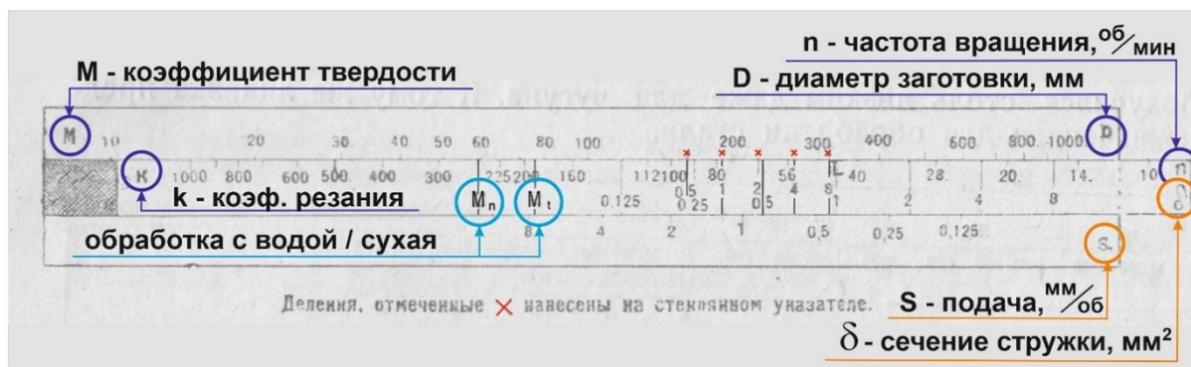


Рис. 2. Схема линейки профессора Фридриха-Гипплера из брошюры С.Ф. Глебова [4]. Несмотря на внешнюю простоту счетного устройства, пользоваться линейкой оказалось сложно из-за совмещения и объединения различных показателей резания на шкалах

Есть замечания и к тепловому расчету. Профессор Фридрих учитывал отвод теплоты в воздух за короткий промежуток времени образования и срезания элемента стружки, но не учитывал во много раз более важного момента – отвода теплоты в силу теплопроводности материала заготовки и, самого главного обстоятельства в теории современных тепловых явлений при резании – распределения образующейся теплоты между стружкой, заготовкой и резцом. Он принимал температуру лезвия равной средней температуре стружки, ссылаясь на то, что стружка тонка и теплота главным образом освобождается внутри нее, между тем весь ключ к решению задачи состоял как раз не в средней температуре стружки, мало изменяющейся даже в больших пределах изменения скорости, а температуре в зоне резания, зависящей от динамики теплоты, от состояния теплового потока и от соотношения температур отдельных точек образующейся стружки. Укажем еще на то, что Фридрих без оговорок считал периметр сечения стружки пропорциональным корню квадратному из площади ее сечения – это справедливо только для конкретной прямоугольной формы стружки, зависящей от формы лезвия, угла в плане и отношения глубины резания к подаче.

Как «указатели», так и счетные линейки Фридриха изготавливались, подобно линейкам Тейлора, отдельно для каждого станка. Рассматриваемое счетное устройство (рис. 2) предназначено для станка с десятью различными числами оборотов « $n$ » от 10 до 225 и мощностью при нормальной работе 4,5 л.с. (около 3,3 кВт), включая вредные сопротивления в исполнительных узлах станка.

Цифровые данные для примера Глебов позаимствовал у Гипплера, где диаметр заготовки был подобран так, чтобы число оборотов шпинделя выражалось тем же числом, что и линейная скорость резания, только меньше на один порядок, а именно:

$$V = \frac{\pi * D * n}{60} = \frac{3,14 * 191}{60} n = 10n$$

где  $V$  – скорость резания, мм/с;  $D=191$  – диаметр обрабатываемой заготовки, мм;  $n$  – частота вращения шпинделя, об/мин.

Положение линейки на рис. 2 показано для случая обработки мягкого чугуна, твердость которого Фридрих характеризовал числом 77. На верхней кромке рамы линейки находим  $M=77$  и ставим против этого числа стрелку  $M(t)$  (при обработке с водой –  $M(n)$ ) на подвижной части-шибере. На верхней же кромке находим  $D=191$  (диаметр заготовки, мм) и против него на шибере определяем соответствующее самое выгодное число оборотов  $n=80$  об/мин.

Далее следовал выбор сечения стружки  $\delta$  и проверка режимов резания по мощности НР (Horse Power) токарного станка. С.Ф. Глебов отмечал, что желание разработчиков обойтись одними и теми же двумя шкалами для расчетов и стойкости резца, и силы (мощности) станка привело к тому, что верхняя шкала линейки Фридриха одновременно выражала твердость материала, диаметр заготовки, линейную скорость резания и значение мощности в лошадиных силах, а нижняя – коэффициент резания, число оборотов, влияние воды, сечение стружки и значение подачи. Все это, несомненно, усложняло расчеты и требовало повышенного внимания пользователя, что делало линейку неудобной и недоступной для обычного рабочего, несмотря на её внешнюю простоту.

Немецкие изобретатели заявляли, что их модернизированные линейки «полностью равноценны (*ebenbürtig*), а имея карманный размер, превосходят тейлоровскую линейку еще и простотой, заменяя устаревшую систему Тейлора», однако, нам кажется, это было несколько самонадеянное утверждение, носящее больше рекламный, чем научный характер.

**Линейки инженера Глебова.** Преобразовав четыре формулы Тейлора для стойкости резца и крутящего момента и соединив их в единой конструкции аналогово-счетного устройства, С.Ф. Глебов решил задачу получения отдельных результатов для стали и чугуна, пригодные для всех металлорежущих станков (рис. 3). В основу этой работы был положен доклад, прочитанный им в Техническом Совете Отдела Металла ВСНХ 20 июля 1920 года, на котором автор доложил, что «...до сего времени ни одна из установленных Тейлором эмпирических зависимостей не поколеблена позднейшими исследованиями – наоборот, последние вполне подтверждают работы американского организатора. Поэтому в основу наших расчетов мы положили формулы Тейлора, проверяя их, где это было возможно, данными других исследователей» [5, с. 7].

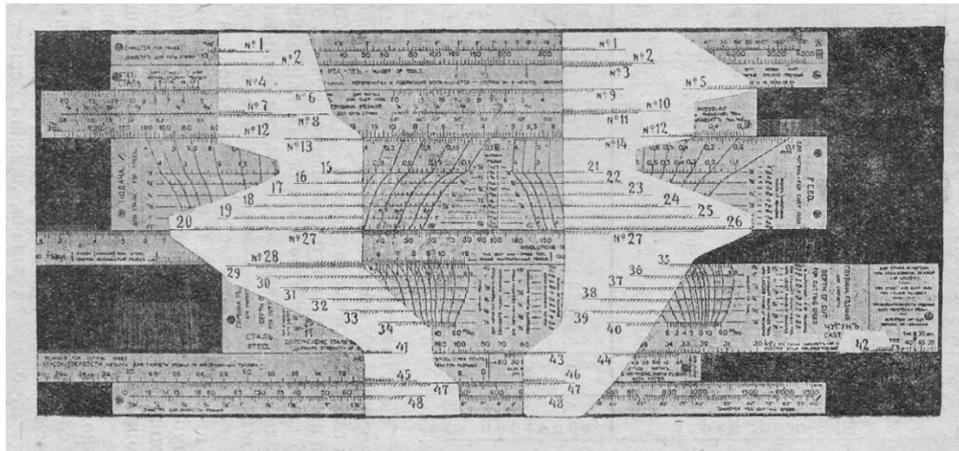


Рис. 3. Специальная счетная линейка системы инженера С.Ф. Глебова для определения условий наиболее выгодного резания металлов. Данное устройство с 48-ю шкалами позволяло получать результат по формулам Тейлора отдельно для стали и чугуна при работе на металлорежущих станках всех типов, 1923 г. [4, с. 35]

Добавим политический нюанс. В 1914 г. В.И. Ленин назвал разработки Тейлора «научной системой выжимания пота», или «системой порабощения человека машиной», отмечая, что «система Тейлора – без ведома и против воли ее авторов – подготавливает то время, когда пролетариат возьмет в свои руки все общественное производство и назначит свои, рабочие, комиссии для правильного распределения и упорядочения всего общественного труда. Крупное производство, машины, железные дороги, телефон – все это дает тысячи возможностей сократить вчетверо рабочее время организованных рабочих, обеспечивая им вчетверо больше благосостояния, чем теперь. И рабочие комиссии при помощи рабочих союзов сумеют применить эти принципы разумного распределения общественной работы, когда она избавлена будет от порабощения ее капиталом» [6].

Отношение В.И. Ленина к тейлоризму резко меняется после Октябрьской революции 1917 года. В 1918 г. на заседании Совнаркома он заявляет, что построить социализм без высокой культуры и производительности труда невозможно, а эти факторы, в свою очередь, невозможны без внедрения тейлоризма. В 1921 г., вопреки ожесточенной критике недругов А. Гастева, прозванного «русским Тейлором», Ленин поддержал его начинания и Советами были выделены крупные средства на создание Центрального Института Труда.



Рис. 4. Счетные линейки системы инженера С.Ф. Глебова различных типов в коллекции музея МГТУ им. Н.Э. Баумана

Актуальные работы С.Ф. Глебова в области оптимизации, рационализации и ускорении расчетов режимов резания действительно оказались как нельзя кстати. Основной перерасчет формул Тейлора и разработку соответствующей счетной линейки Сергей Федорович закончил в ноябре 1916 года. Первые линейки были применены в июле 1917 года на Лысьвенском механическом и Пермском пушечном заводах [4, с. 6]. В разработке надлежащих расчетно-графических средств для применения на практике законов резания имела действительная нужда не только у инженеров и организаторов производств. Средства и методики для расчетов были остро востребованы нормировщиками и учетчиками рабочего времени. Поэтому очень скоро номенклатуру линеек Глебову пришлось расширить, в них появляется шкала расчета рабочего времени технологических операций.

Известны следующие типы линеек системы С.Ф. Глебова, предлагаемых им к реализации в 1920-е гг.: специальная счетная линейка для определения условий наивыгоднейшего резания металлов (рис. 3), упрощенная счетная линейка для наивыгоднейшего резания металлов и специальная счетная линейка для определения времени обработки на металлообрабатывающих станках (находятся в экспозиции музея МГТУ им. Н.Э. Баумана, рис. 4), а также специальная счетная линейка для вычисления времени формовки и отливки в литейных мастерских (на момент написания статьи – нет данных о внешнем виде и функциональном порядке работы).

Среди экспонатов музея МГТУ им. Н.Э. Баумана есть линейки С.Ф. Глебова двух типов из названных выше (рис. 4) – упрощенная и для определения времени механической обработки. Последняя является Памятником науки и техники России (сертификат № 1091, протокол № 21 заседания Экспертного совета от 11.12.2012 г.). Порядок работы с этой счетной линейкой Глебова авторы показывали в статье «Математические этюды в логарифмических тонах» [7, с. 86-87], поэтому мы не будем повторяться, – скажем только, что благодаря методическим указаниям и примерам С.Ф. Глебова мы смогли легко понять и восстановить алгоритм работы с этим аналогово-счетным устройством.

**Линейка инженера-механика И.М. Беспрозванного.** Израиль Моисеевич Беспрозванный (1884-1952) – советский учёный и инженер; основоположник современной теории резания металлов, Лауреат Государственной (Сталинской) премии СССР (1943), в 1951 году предложил метод определения стойкости режущего инструмента, установил рациональные параметры режущей части.

В 1905 г. И.М. Беспрозванный поступил на механическое отделение ИМТУ, которое окончил в 1911 г. До 1914 года работал в Соединенных Штатах Америки у Ф. Тейлора [8, с. 54]. По возвращении в Россию работал инженером на Сорновском заводе, затем стал техническим директором завода «Магнето». С 1925 года работал в Оргметалле, где создал лабораторию резания металлов. В 1929 г. был командирован в Германию для изучения вопросов, связанных с испытанием станков и инструментов. Вернувшись, был назначен заведующим лабораторией резания металлов в КрМММИ (Краснознаменный Московский Механико-машиностроительный Институт им. Н.Э. Баумана, в настоящее время – МГТУ им. Н.Э. Баумана), созданной в ИМТУ ещё в 1909 году. В том же году на основе этой лаборатории была организована кафедра «Резание металлов» с «Лабораторией рациональной обработки металлов», которыми Беспрозванный руководил до 1950 года [9, с. 12].



Рис. 5. И.М. Беспрозванный и обложка его брошюры

В 1925 г. И.М. Беспрозванный издал брошюру «Счетная линейка для рационального использования токарных станков» [10]. Авторы проводят системный поиск информации об этом аналоговом расчетном устройстве с привлечением специалистов профильных кафедр МГТУ им. Н.Э. Баумана. Мы надеемся рассказать об нем в других публикациях.

### III. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Растущее повсеместное влияние научного эмпиризма в начале XX века, а затем и плановый, централизованный характер экономики СССР требовал выполнения огромных объемов вычислительных работ. Современный исследователь В.В. Шилов в своей статье «Предпосылки развития вычислительной техники в СССР в довоенный период» указывает, что «уже в 1931 г. Институт техники управления при наркомате Рабоче-крестьянской инспекции определял количество счетных работников в государственном и кооперативном секторах в 550-600 тыс. Их работа требовала широкого внедрения средств механизации, однако ситуация с их производством была далека от желаемой» [11, с. 80-81].

Документы свидетельствуют, что именно учетно-статистические работы были предметом первоочередного внимания партии и правительства СССР. Научные вычисления и инженерные расчеты длительное время оставались на периферии этого внимания, хотя наука, и математика в том числе, постепенно тоже становилась объектом государственного планирования. Например, в июне 1931 г. на Первой Всероссийской конференции по планированию математики затрагивались и проблемы вычислений. Докладчики говорили о необходимости уделить особое внимание подготовке «кадров вычислителей», а вычислительная математика называлась одним из приоритетных направлений. Конференция констатировала крайне низкий уровень как квалификации «работников вычислительного труда», так и используемой ими вычислительной техники [11, с. 81-85].

Мы согласны с трактовкой вопроса ведущим исследователем в области истории вычислительной техники В.В. Шиловым, наши музейные источники и коллекции это подтверждают. Однако, применительно к организации машиностроительного производства в Российской Империи и СССР в первой половине XX века можно добавить следующее:

1. Простые по конструкции аналоговые счетные устройства типа линеек системы Тейлора, Гантта или Глебова были востребованы не только для нормирования, контроля и рационализации производства, хотя в этом и состояла главная идея их изобретателей. Эти устройства очень хорошо обеспечивали безопасность работ, применение правильных, стабильных и щадящих дорогостоящее оборудование режимов резания *неквалифицированными* рабочими кадрами, которых в избытке хватало в Российской Империи и, «по наследству», перешедших в СССР, который стоял в преддверии Индустриализации 1930 - х гг.

2. Начиная с 1930-х годов, в СССР особое внимание уделяется созданию перспективных *многопоточных* процессов в производствах, которые требовали более гибких подходов, более внимательных и точных расчетов. Это подтверждается трудами выдающихся ученых в области «Организация производства» школы ИМТУ-МММИ-МВТУ им. Н.Э. Баумана, таких как Е.М. Альперович, Б.Я. Каценбоген, Э.А. Сател, Л.Я. Шухгалтер, М.А. Саверин, и др. Новые методы потребовали более сложный математический аппарат, который фактически уже не мог обслуживаться обычными логарифмическими расчетами. Однако..., если отбросить идеологическую составляющую, пропаганду и политическую окраску, в середине 1930-х в СССР появилось *стахановское движение*, упрощенно – рационализаторство на нижних уровнях производства, которое буквально волной запросов «потребовало», «возродило» и угасающую систему НОТ, и труды ЦИТ, примирило рационализм с эмпиризмом и, в целом, позволило появиться огромному количеству логарифмических линеек в разных отраслях экономики, науки и техники.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы сердечно благодарят

Валерия Владимировича Шилова, к.т.н., профессора НИУ «Высшая школа экономики» и его коллегу Тимо Лейпяля (*Timo Leipälä*), профессора Университета Турку (Финляндия) за многолетний труд по популяризации истории вычислительной техники и счетных машин, который позволил сотрудникам музея МГТУ им. Н.Э. Баумана систематизировать имеющийся архивный материал, точно определить и атрибутировать ценные исторические экспонаты коллекции математических инструментов, выявить ряд персон из профессорско-преподавательского состава ИМТУ-МВТУ, оставивших заметный след в истории науки и техники России;

Алексея Евгеньевича Древаля, д.т.н., профессора и заведующего кафедрой (с 1991 г. по 2018 г.) «Инструментальная техника и технологии» МГТУ им. Н.Э. Баумана за консультации, энциклопедические знания по истории металлообработки в России и за рубежом и помощь, оказанную авторам при написании этой статьи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тейлор Ф.У. Об искусстве обработки металлов резанием // Бюллетени Политехнического Общества, состоящего при Императорском Техническом Училище. 1907. № 1-8. Полный комплект за год. М., 1907; Бюллетени Политехнического Общества, состоящего при Императорском Техническом Училище. 1908. № 1-8. Полный комплект за год. М., 1908.
2. Тейлор Ф.У. Искусство резать металлы. Пер. под ред. А.В. Панкина и Л.А. Левенстерна; с предисл. проф. А.Д. Гатцука. 2-е изд. Берлин: Бюро иностранной науки и техники, 1922.
3. Barth, Carl. Slide Rules for the Machine Shop as a Part of the Taylor System of Management // Trans. ASME, 1903. [Электронный ресурс]. / Hagley Digital Archives. Hagley Library Published Collections – Режим доступа: [https://digital.hagley.org/PAM\\_08047376](https://digital.hagley.org/PAM_08047376), свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения: 02.03.2023 г.).
4. Глебов С.Ф. Процесс резания, как единая эмпирическая формула: (Приложение законов резания металлов к определению условий наивыгоднейшей работы металлообрабатывающих станков). М.: Гос. техн. изд-во, 1923.
5. Глебов С.Ф. Искусство наивыгоднейшей обработки металлов: Как выгоднее вести работу на металлообрабатывающих станках: Пособие для техников, инженеров, [и т.п.]. М.: Изд. автора, 1924.
6. Ленин В.И. Система Тейлора – порабощение человека машиной // В.И. Ленин. Полное собрание сочинений. Издание пятое. Т. 24. М.: Изд-во политической литературы, 1973. С. 369-371.
7. Базанчук Г.А., Кураков С.В. Математические этюды в логарифмических тонах // Станкоинструмент. 2021. № 1 (22). С. 84-96.
8. Резание и инструмент. Сборник статей / Под ред. А.Е. Древаля. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000.
9. 150 лет факультету Машиностроительные технологии МГТУ им. Н.Э. Баумана. Создание и развитие технологических научных школ в России. М.: АРГАМАК-МЕДИА, 2018.
10. Беспрозванный И.М. Счетная линейка для рационального использования токарных станков. М.: ЦИТ ВЦСПС, 1925. 31 с.
11. Шилов В.В. Предпосылки развития вычислительной техники в СССР в довоенный период // История науки и техники. Музейное дело. Периодическая таблица технологий: человеческий фактор: Материалы XIII Международной научно-практической конференции, Москва, 03-05 декабря 2019 года. Выпуск 12. М.: Федеральное государственное бюджетное учреждение культуры «Политехнический музей», 2020. С. 80-85.

## О САМОЙ РАСПРОСТРАНЕННОЙ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ДИСПАК И ДРУГИХ ОС НА МАШИНАХ СЕРИИ БЭСМ-6

Николай Евгеньевич Балакирев<sup>1</sup>, Юрий Германович Бартенев<sup>2</sup>,  
Светлана Александровна Зельдинова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),  
Москва, Российская Федерация, balakirev1949@yandex.ru

<sup>2</sup>ФГУП «РФНЦ-ВНИИЭФ», Саров, Российская Федерация, yugbartenev@vniief.ru

<sup>3</sup>Независимый исследователь, Москва, Российская Федерация, svzel@yandex.ru

**Аннотация** – В статье дается весьма сжатый обзор развития самой распространенной операционной системы (ОС) ДИСПАК на машинах серии БЭСМ-6. Наряду с упоминанием других ОС, сделана попытка вскрыть причины популярности этой ОС, работавшей на подавляющем количестве вычислительных центров (ВЦ) СССР. В те годы на этой операционной системе было решено множество производственных задач, включая космические программы, оборону страны и другие народно-хозяйственные задачи. Авторы участвовали в большинстве разработок того времени и не склонны потерять нить объективности. В живых, увы, осталось не так много системных программистов, кто вправе выступать от лица всех разработчиков ОС, так как многие из них покинули нас, обретая покой в ином мире. Отчасти хочется дать отпор некоторым фантазиям и выдумкам, а иногда откровенной лжи об отсутствии успехов того времени тем, кто смотрит в прошлое, не имея объективных данных и представления о делах давно минувших лет. Вызывает сожаления отсутствие опубликованных материалов работы комиссии по эксплуатации вычислительных машин (КЭВМ) с секцией пользователей БЭСМ-6. Материалы данной статьи подтверждены множеством конкретных фактов. Кроме этого, имеется множество закрытых материалов работы вычислительных центров предприятий оборонного комплекса, которые, как мы надеемся, будут обнаружены.

**Ключевые слова** – операционные системы, машины серии БЭСМ-6, мониторинговая система, многомашинные комплексы, многопроцессорные комплексы.

### I. ВВЕДЕНИЕ

Трудно по прошествии большого количества лет привести неопровержимые доказательства наличия высокого уровня системных программистов Советского Союза. Но некоторые «улики», оставшиеся как в материалах Комиссии по эксплуатации вычислительных машин (КЭВМ) [1], в отчетах некоторых режимных предприятий, так и в памяти участвовавших в этом процессе авторов этой статьи, могут быть основанием для вышесказанного утверждения. В данном случае, в большей степени это касается в первую очередь воспоминаний авторов, находившихся в центре событий и участвовавших в разработках ОС ДИСПАК. Наряду с достоинствами советских ОС, которые, все же, так или иначе сравнивались с зарубежными аналогами, которые проникали через применение машин PDP [2], машин ЕС ЭВМ, как аналог машин IBM-360, ICL и других зарубежных ЭВМ, хотелось выделить не только человеческие качества, но и особую атмосферу творчества, которая сопровождала разработки в этой области. А, кроме этого, хотелось отметить возможность участия широкого круга энтузиастов из вычислительных центров СССР в улучшении характеристик ОС и достаточную открытость проводимых разработок, что позволило удовлетворить потребности и запросы пользователей машины БЭСМ-6 и ОС ДИСПАК в максимальной мере. Относительно вышесказанного, хотелось бы с душевной теплотой упомянуть фамилии тех, кто участвовал и содействовал разработке и развитию ОС и, хотя бы в данной статье отдать дань этим людям, так как многие из них не умели себя пиарить и писать статьи, хотя программу в несколько сотен ассемблерных команд они могли бы написать и сейчас.

### II. Единый ряд машин серии БЭСМ-6

Машина БЭСМ-6 впитала в себя все лучшее из предыдущих разработок С.А. Лебедева и его команды [3]. По факту, появившись под названием БЭСМ-6, она повторилась в комплексе «Эльбрус 1-К2» (первоначально процессор СВС), а затем в комплексе «Эльбрус-КБ» в виде неизменной архитектуры основной системы команд для пользователей и с дополнением команд работы с байтами и другими структурами. Таким образом, не анонсированная как единый ряд машин с совместимой архитектурой, она повторилась в других аппаратных реализациях систем. Сюда следовало бы отнести и микропрограммную реализацию БЭСМ-6 (как малую ЭВМ), которую произвели разработчики вычислительного центра ОИЯИ из Дубны.

Основное представление о ЭВМ БЭСМ-6 можно получить по *ТЕХНИЧЕСКОМУ ОПИСАНИЮ Часть IX Полное описание системы команд и методики обслуживания аппаратуры машин ИЫ.700 000 ТО-8 Московский завод САМ отпечатано 18.01.71 г. заказ 2001 наряд № 157-300*. И это описание было настольной книгой разработчиков операционных систем. Основные, хорошо известные характеристики этой машины состоят в следующем:

- Одноадресная система команд.
- Процессор RISC.
- Страничная организация памяти.
- Два режима работы: пользователя и ОС (с него начинался запуск БЭСМ-6).
- Наличие плавающей запятой.
- 32 страницы адресуемой памяти, состоящей из 48 разрядных слов.
- Все команды производятся через сумматор, состоящий из 48 разрядов.
- В 48-разрядном слове размещаются 2 команды.
- Периферия: МБ и МЛ.
- Ввод с перфокарт.
- Вывод АЦПУ.
- Операторский телетайп.

Затем появились:

- Расширение физической памяти до 128 страниц.
- МД 7,25, а затем 29 и 100 Мб.
- Коммутатор дисков на общую дисковую память.
- Видеотоны.
- Графопостроители.

Периферия БЭСМ-6 могла отправлять вывод на принтер АЦПУ-128 (Алфавитно-Цифровое Печатающее Устройство) и считывать ввод с перфокарт в наборе символов ГОСТ 10859. Телетайп *Consul-254*, сделанный *Zbrojovka Brno* в Чехословакии, использовался для интерактивных сеансов. Когда стали доступны ЭЛТ-терминалы, БЭСМ-6 можно было подключать к терминалам Видеотон 340 [3].

Стоит отметить хорошую поддержку команд работы с битами и отсутствие таковых для работы с байтами. Например, операция определения старшей единицы, появившаяся ещё на БЭСМ-6, в системе команд (инструкций) *Intel* появилась лишь после появления серии процессоров *Intel 386*. Полезной, удобной и широко применимой нами была и команда сборки бит по маске. Такой команды не наблюдается в существующей серии персональных компьютеров [4].

Все последующие реализации ЭВМ лишь расширяли круг возможностей базовой машины:

I. На «Эльбрус 1-K2» открылись возможности создания уже не только многомашинного комплекса, а также многопроцессорного комплекса, обеспечивающего распараллеливание программ в виде взаимодействующих процессов на разделяемой несколькими процессорами памяти. И здесь же открылась возможность общего использования памяти между множеством процессоров одной машины и таким образом обеспечивать миграцию программ и ОС между процессорами. Именно память стала главным связующим элементом различных составных частей ОС и программ. Следствием стала возможность динамического реконфигурирования, ввода и вывода аппаратных модулей без перевызова операционной системы. Описание системы команд представлено в документе *Эльбрус 1-K2* [Спецпроцессор СВС-1. СИСТЕМА КОМАНД. Техническое описание. ИЫЗ.055.006 ТО4 1980 г.

II. На «Эльбрус-КБ» появилась возможность расширить плавающую арифметику до 64 разрядов. За счет расширения системы команд открылась возможность обработки байтовой (текстовой) информации. Кроме этого, появился расширенный набор команд, облегчающий и оптимизирующий написание программ. Важнейшим шагом в аппаратном исполнении был отказ от ПВВ и создание мультиплексора для подсоединения периферийных устройств. «Эльбрус-КБ» поддерживал ЕС-овские каналы управления внешними устройства, благодаря которым можно было подключать ЕС-овские устройства: диски, ленты, АЦД, АЦПУ, АКК для связи с другими ЭВМ, УВВК, ПФК. Впервые вместо аппаратного пульта был реализован пульт на основе персонального компьютера, в начале на базе ДВК-3, а затем на основе ЕС-1840. Межпроцессорная связь «Эльбрус-КБ» обеспечивалась возможностью обмена между ними сигналами и возможностями чтения процессором с номером  $k$  в свою память заданного участка памяти процессоров  $k-1$  и  $k+1$ , но эта аппаратная возможность *hardware* не была реализована в *software*. Подробное техническое описание присутствует в виде документа *Эльбрус-КБ [ПРОЦЕССОР. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЧАСТЬ 8 СИСТЕМА КОМАНД 1988 г.*

Безусловно, такой широкий комплект устройств и ориентация на одновременное использование машинного времени множеством пользователей предъявляли высокие требования к качеству и эффективности ОС.

### III. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ, СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ОС ДИСПАК И ДРУГИХ ОС

Хотя ОС называется «мягким железом» (software), но **применяемость** всего вычислительного комплекса весьма зависит от качества, прежде всего, операционной системы. И тут невольно возникает вопрос – «Почему при одних и те же условиях (одна машина) популярность (применяемость) одной системы выше по отношению к другой?». Казалось бы, чем больше возможностей и чем более глубоко и научно проработана система, тем популярнее должна быть ОС. Но есть другая сторона, которая связана с прозрачностью в понимании заложенных в систему возможностей и простотой и надежностью ее эксплуатационных характеристик.

С появлением машины БЭСМ-6 многие ВЦ готовы были заполучить ее. Но без математического обеспечения эффективное использование машины невозможно... Многие вычислительные центры заранее готовились к принятию новой техники и имели солидный штат специалистов-программистов, в задачу которых входило обеспечить программирование задач математиков и их решение на внедряемой вычислительной технике. При этом для её эксплуатации и сопровождения собирали высокообразованный состав высококвалифицированных специалистов. До получения новой ЭВМ специалистов заранее посылали на освоение новой техники. Многие из них, прежде всего, из уст разработчиков, получали всю необходимую информацию и даже, в какой-то мере, помогали в создании нового математического обеспечения. Участие специалистов организаций в разработках приветствовалось, и они активно ездили в командировки и на еще не прошедшей государственные испытания технике разбирались в ее особенностях.

Предтечей ОС ДИСПАК явилась Д-68 и на её базе решили попробовать свои силы по созданию своей ОС представители прежде всего ОИЯИ (г. Дубна), ИПМ АН СССР, а позже ВЦ МГУ. Не остались в стороне два известных теперь центра, ВНИИТФ и ВНИИЭФ. Трудно точно определить первоначальную мотивацию к такой деятельности, но, так или иначе поддерживаемая руководством, за это дело взялась молодая команда специалистов-математиков ВНИИТФ из закрытого города на Урале. Руководителем этой команды оказался Владимир Федорович Тюрин, заядлый спортсмен-теннисист и абсолютный трудоголик. Он посещал ИПМ АН СССР, ИТМ и ВТ и другие организации, внимательно присматриваясь к разработкам. В последующем это всё пригодилось в их разработке. С благословения А.А. Бунатяна (ВНИИТФ) первыми разработчиками системы ДИСПАК, работа над которой началась в декабре 1969 г., стали С.А. Зельдинова, Ю.И. Озорнин, Н.И. Шулепов, В.Л. Корякин, Л.В. Кошкина, Г.П. Охрименко, В.И. Зуев [5, 6]. Стоит отметить тесное взаимодействие этой группы с командой разработчиков ОС ИПМ. Но каждая из команд выбрала свой вектор развития, учитывающий собственное понимание запросов пользователей.

Для ОС ИПМ была характерна высокая академическая проработанность и системность, вложенная в данную разработку.

Вот выдержка из препринта Института прикладной математики им. М.В. Келдыша:

«При разработке системы авторы широко использовали принятые в человеческом обществе механизмы взаимодействия. Все задачи рассматривались как члены коллектива, которые могут вступать друг с другом в различные отношения – от совершенной изоляции до полного разделения всех ресурсов. Каждый ресурс (память, файл, устройство) имел своего хозяина, который мог его отдавать или сдавать в аренду любой другой задаче, оговаривая соответствующие права использования. Обмен сообщениями между задачами обладал всеми особенностями почтовых отправок, включая уведомление о вручении. Каждая задача могла открывать до восьми процессов. Для управления процессами использовался аппарат событий, а также прямые команды открытия, закрытия, прерывания и пуска. Одни задачи могли вызывать другие, выстраивая таким образом деревья подчинения произвольной глубины. При вызове подчиненной задачи можно было определить режим управления, при котором главной задаче в любой момент оказывались доступными любые ресурсы подчиненной и управление ее процессами.

– В этом проекте, – констатирует К.Н. Ефимкин на страницах памяти ИПМ в статье, посвященной И.Б. Задыхайло, – были сформулированы подходы к разработке операционных систем, опережающие свое время, и практически воплощены методы создания операционных систем, используемые в дальнейшем во многих технологиях разработки операционных систем» [7, с. 26].

Достаточно устойчивая производственная версия ОС ИПМ начала функционировать в 1970 г. Нужно сказать, что к этому времени была выпущена основательная документация – 11 «томов» (изданий ИПМ) с общим названием «Математическое обеспечение БЭСМ-6». Документация охватывала весь круг

вопросов, связанных с подготовкой задачи для счета и организацией самого счета. Каждый том содержал соответствующую часть программного обеспечения (операционной системы, трансляторов, сервисных услуг, инструкции для инженера и оператора). Был даже выпущен отдельный путеводитель по этим томам. ОС ИПМ успешно работала в Институте все 70-е годы, разделяя время с ОС ДИСПАК. Многие сотрудники предпочитали ДИСПАК. Но некоторые задачи могли считаться только на ОС ИПМ, например, задачи отдела А.А. Самарского или А.В. Забродина. Причина в том, что в ОС ИПМ была реализована виртуальная память, чего в ДИСПАКе длительное время не было [6].

Такая же академичность была присуща ОС ДУБНА, кроме этого, у них в распоряжении оказался большой пакет так называемых стандартных программ, которые они начали переносить на комплексы машины БЭСМ-6.

Что касается ОС ДИСПАК, то система в первую очередь была обращена к большому кругу математиков-пользователей, которым важно было иметь:

- эффективное использование времени центральным процессором (ЦП) на задачи пользователей;
- удобство и прозрачность взаимодействия при прохождении задачи на ЭВМ;
- простоту в выявлении причин не предусмотренного пользователем завершения задачи;
- осведомленность о показателях потребления ресурсов;
- удобство организации функционирования ВЦ и работы операторов ЭВМ.

Пользователей интересовали не перспективные технические идеи: виртуальная память, главная и подчиненная задачи (процессы), события и процессы и др., открывающие путь к созданию комплексов программ, а быстрое получение результата при «обсчитывании» вполне земных задач. Ну, а главным дефицитом (это слово было характеристикой того времени) было машинное время для отладки и вычисления разработанных алгоритмов. И это в первую очередь было учтено разработчиками ОС ДИСПАК [6].

#### IV. ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ЦП

В то время переход от монопольного использования ЭВМ, т.е. фактически от однопрограммного режима к мультипрограммному, был абсолютно новым, но величайшим шагом, позволяющим эффективно использовать так называемое машинное время. В этом случае обсчитывался уже пакет программ, а не одна программа. Таким образом, в ОС появился так называемый пакетный режим, в котором предусматривались три этапа:

*Первый этап* – буферизация программ. В то время программы, – как правило, вводимые с перфокарт, поступали в буфер задач, в котором для каждой задачи предусматривалась служебная информация, сообщаемая пользователем о требуемых ресурсах. Таким образом, формировался пакет задач, готовый к исполнению.

*Второй этап* – планирование задач. Производилась выборка совокупности задач, для выполнения которых имелось достаточное количество ресурсов. Большой объем буферизации позволял непрерывно заполнять вычислительный комплекс задачами. Именно такой подход превращал комплекс в не останавливаемый конвейер по выполнению задач пользователей. Стоит отметить, что определяющим ресурсом было время, заказываемое на решение задачи.

*Третий этап* – переключение задач при предоставлении времени ЦП. Планировщик переключения задач загружал программу в оперативную память и выделял ей определенный, в соответствии с выбранной стратегией, квант времени ЦП. При исчерпании кванта времени, обращении к экстракодам ОС или приостановки счета из-за обмена, следующий квант времени предоставлялся уже другой задаче. Таким образом производилось распределение времени и через него относительно равномерное использование ресурсов ЦП между задачами. Одновременно в режиме мультипрограммирования можно было запустить до 16 задач пользователя, а в последующем уже до 48 задач. Работа планировщика была тесно связана с алгоритмами откачки-подкачки страниц и таким образом обеспечивалась общая эффективность работы ОС, которая в минимальном объеме занимала время ЦП.

Таким образом, практически исключался непроизводительный простой вычислительного комплекса, и для ОС ДИСПАК в большинстве крупных вычислительных центров СССР показатель используемого машинного времени превышал 90%.

Пример. Существовали официальные цифры статистики использования машинного времени для ОС на ЕС 1060 (аналог ИВМ-360), которые показывали, что время центрального процессора использовалось пользователем лишь на 50%. Объективно это было связано с неэффективностью аппаратно-программной откачки-подкачки, которая требовалась при переключении задач в центральном процессоре.

При потоке до 1000 задач за сутки в больших вычислительных центрах продуманность стратегии загрузки ЦП и согласованность работы всех процессов в рамках ОС ДИСПАК обеспечивали эффективное использование машинного времени вычислительных комплексов.

#### V. УДОБСТВО И ПРОЗРАЧНОСТЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЗАДАЧИ НА ЭВМ

Безусловно, высокая эффективность не могла достигаться без участия пользователей в задании стратегии прохождения задач. При формировании колоды перфокарт (первоначально это был основной и единственный способ взаимодействия с ЭВМ) набивались перфокарты, содержащая служебную информацию о требуемых для исполнения программы ресурсах, о которых мог сообщить только пользователь. По факту это давало возможность более эффективно планировать пакет решаемых задач и предоставлять время ЦП в первую очередь задачам, которые можно было совместить с учетом заказываемых ресурсов и их наличия на машинном комплексе.

Пользователи быстро поняли, что чем меньше количество ресурсов запрашивается, чем быстрее задача просчитывается на ЦП. Более того, по завершению задачи пользователю в конце его распечаток АЦПУ, начиная со слов «КОНЕЦ ЗАДАЧИ», выдавалась информация о запрашиваемых и использованных в процессе исполнения его программы ресурсах (рис. 1).

КОНЕЦ ЗАДАЧИ		+000000000000E+00 0000000000041650																	
АП	З	РК	И1	И2	И3	И4	И5	И6	И7	И10	И11	И12	И13	И14	И15	И16	И17	КРА	ЗПСЧ
00411	00411	00006	00016	00030	06422	73444	03271	00000	41700	50333	00000	41625	50027	51127	00411	00000	75401	00000	00000
ДАТА РЕШ.		ВЕРСИЯ	117	СМЕ	НАЧ.ВВ0ДА	НАЧ. РЕШ.	КОМ. РЕШ.	КОМ.ВРЕМ.	З.РЕШ.	З.ВВ.	ОСТ.ЗКС.	ОСТ.ЛИМ.	ОСТ.ДЕЖ.	ОСТ.6					
30.12.20		06.12.88	1	19.08.14	19.08.14	19.08.22	00.00.16	03	3-0										
ОС ДИСПАК		ОЗВ ТРАКТЫ ВРЕМ.РЕШ. КАТЕГ. АЦПУ ВУ ТРВ ПИ ПЛ ТЕРМ МБ МД МЛ ПРМЗОН																	
ЭМУЛЯТОР		ЗАКАЗАНО: 0032 100 00.10.06 064.00																	
Б06:2048		ИСПОЛЬ-НО: 0032 032 00.00.00 000.60 0047 00000 0000 0000 0000 000097 00076 00000 00000																	
419999000000		3С5																	
*ОС ДИСПАК *		S= 0000 066.53.41 1202																	
		ИТМ И ВТ ИМ.С.А.ЛЕБЕДЕВА АН СССР И ВЦ АН СССР																	
		*АЦПУ=0 ЭВМ-3 19.08.23*																	

Рис. 1. Распечатка об используемых ресурсах

Использование ресурсов хорошо просматривалось на основе двух строк с именами «ЗАКАЗАНО:» и «ИСПОЛЬ-НО:». Пользователь мог в соответствии с этой распечаткой подкорректировать заказываемые ресурсы, и таким образом ускорить начало и, соответственно, окончание счета задачи. Немаловажным моментом являлась фиксация даты и времени решения, а также версии ОС (ошибка могла быть связана и со сменой версии), на которой просчитывалась задача. Кроме этого, фиксировалось время появления задачи в системе, время начала решения и, наконец, окончания задачи. В распечатке указывалось даже количество использованной бумаги.

Таким образом, подход к использованию ресурсов был глубоко эшелонированным и зависел не только от конфигурации ЭВМ и возможностей ОС системы, но и регулировался пользователями системы. Таким образом, в систему входила триада ЭВМ-ОС-ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ, которая определяла загрузку вычислительного комплекса.

#### VI. ПРОСТОТА В ВЫЯВЛЕНИИ ПРИЧИН НЕ ПРЕДУСМОТРЕННОГО ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ ЗАВЕРШЕНИЯ ЗАДАЧИ

При написании программы, реализующей алгоритм пользователя, до получения результата надо пройти длинный путь, связанный с отладкой правильности отображения алгоритма в текст программы, с согласованностью реально исполняемой программы с ОС и аппаратной реализуемостью с учетом аппаратных возможностей ЭВМ. Полная информированность о причинах снятия задачи, связанных с ошибкой внутри программы или при взаимодействии с ОС и аппаратурой – наиважнейший аспект при решении задач.

При выполнении задачи непредвиденные обстоятельства могли привести к преждевременному её завершению без получения ожидаемых результатов. Причины этого можно было разбить на три группы:

1. **Сбой мог произойти по вине аппаратуры**, это было достаточно частым явлением в то время, и здесь требовалось вмешательство инженерного состава. Наряду с предсказуемыми ошибками были абсолютно парадоксальные сбои, которые не фиксировались в ОС, но имели в своей основе аппаратную ошибку. На ВЦ АН СССР была написана программа, которая при включении её в решение гасила все индикационные лампочки на пульте машины. Это привело операторов в шок, особенно в ночное время. Стали разбираться с привлечением разработчиков машины БЭСМ-6 А.А. Соколова, М.В. Тяпкина, создателей ОС В.Ф. Тюрина, С.А. Зельдиной и др. При разборе «полетов» оказалось, что пользователь затребовал ресурсы оперативной памяти нестандартным образом: заказывались всего лишь две или три страницы памяти, и это вызывало инициацию скрытой ошибки, которая в итоге приводила к гашению лампочек индикации на пульте.

Более «тяжелый» случай был в Институте кибернетики АН УССР. В их распоряжении имелись две машины БЭСМ-6, работающие раздельно. На одной была установлена ОС ДУБНА, на другой – ОС ДИСПАК. После внедрения очередной новой версии ОС ДИСПАК на этой машине при решении одной и той же задачи в процессе исполнения вдруг стали получаться совершенно разные результаты. Такую неоднозначность тут же связали с работой ОС, не выдвигая версию аппаратного сбоя.

Поскольку это происходило не для всех задач, то можно было предположить, что причина связана именно с особенностями задач. Однако подозрение пало на ОС ДИСПАК и потребовался почти недельный анализ таких задач, прежде чем удалось найти задачу, исполнение которой можно было проследить на уровне Ассемблера. Оказалось, что в программе использовались две стандартные операции: простое вычитание и обратное вычитание, которые в связке приводили к аппаратному сбою. Набранная на пульте программа с этими командами и запущенная в цикле, показала сбой в арифметическом устройстве, связанный с нарушением контакта в ячейках. Замена их ячейками ЗИП полностью устранила это явление и все задачи пошли без ошибок. А первоначально даже начали планировать переход на другую ОС!

Другой пример относится к применению мультипроцессорной ОС СВС на четырехпроцессорном комплексе с общей памятью. Он связан с записью командного слова через буферную память с последующим вытеснением её в оперативную память специальной командой выталкивания содержимого быстрых регистров записи (БРЗ).

Это приводило к возникновению мерцающей ошибки «контроль команды», которая изредка возникала, так как команда записывалась в то место, которое было занято данными, и была связана с невыполнением одной доработки по упомянутой выше специальной команде. Из-за этого ввод в эксплуатацию ОС СВС затянулся на несколько месяцев.

Но это были аппаратные сбои, не фиксируемые ОС. Все остальные сбои, о которых «сообщалось» ОС, появлялись в распечатке, по которой при необходимости производился разбор ситуации.

2. Сбой мог произойти по причине нарушения правил обращения к ресурсам ОС или при обращении к экстракодам [5, 6], аналог названия программных прерываний на персональных компьютерах фирмы *Intel* [4]. Безусловно, при обращении к ресурсам, контролируемым ОС, требовалось соблюдения определенных правил оформления. Но, кроме этого, могли быть аппаратно-программные сбои, связанные, например, с чтением МЛ (МД). При некорректном обращении к экстракоду и при невозможности после определенной серии обращений считывания к МЛ задача по инициативе ОС снималась с сообщением о такого рода, по факту, сбое.

3. Сбой мог произойти и по вине пользователя, например, тот же общеизвестный аварийный сбой – деление на нуль. Более важным моментом были случаи заикливания задачи, которые никак не обнаруживались. Но здесь спасала фиксация времени, необходимого для решения задачи. И, если задача заикливалась, то её завершение сопровождалось сообщением о исчерпании ресурсов времени. Как правило, разработчики больших программ задачу отлаживали на небольшом объеме данных, на которых могли выявляться заикливания, а затем эта же задача запускалась на исполнение для большого объема данных (big data). Стоит отметить хорошее знание разработчиками больших программ системы команд и возможностей ОС на уровне экстракодов при решении их задач. Поэтому оптимизация времени решения задачи часто достигалась благодаря пользователям.

Таким образом, при непредусмотренном пользователем завершении задачи, он мог вскрыть причину такого завершения, получив консультацию от инженеров, программистов, эксплуатирующих ОС, или мог обратиться даже к самим разработчикам ОС и ЭВМ.

## VII. СТАТИСТИКА КАК СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭВМ

Анализируя распечатку в конце программы, можно было сформировать образ функционирования всего комплекса, увидеть невостребованность того или иного ресурса и так далее. Имея, наряду со сведениями о потребленных ресурсах, информацию о времени поступления задачи в систему, времени начала и завершения её решения, а также информацию о версии ОС, пользователь мог подстраиваться под текущий процесс обработки потока задач и планировать свою работу, а при необходимости мог документально предъявлять претензии по результатам и задержке решения его программы. Это были внешние статистические данные о задаче.

Но наряду с этим в системе регулярно снималась статистика использования ресурсов как отдельно взятой задачей, так и интегральные показатели загрузки периферийных устройств и центрального процессора. Здесь же фиксировались аппаратные сбои. Сбор статистики был многоуровневым: оперативный сбор данных, аккумулированный сбор их по времени на носители (МБ, МД, которые были

продолжением памяти ОС) и наконец, в 24.00 происходил сброс статистических данных на внешние носители, специальные диски или ленты статистики. Всё это позволяло анализировать и выстраивать картину загрузки всего комплекса, производить упреждающий ремонт и профилактику аппаратуры, оценивать возможности загрузки процессора и планировать дальнейшую работу вычислительного центра. Работы с программами, связанными со статистикой и её обработкой, возглавлял Б.Ф. Синенкин. Благодаря такой организации наиболее мощные вычислительные центры ВНИИТФ, ВНИИЭФ, ВЦ АН СССР, ВЦ СО АН СССР, ВЦ ИПМ и многие другие обеспечивали максимальную загрузку своих вычислительных комплексов.

### VIII. ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЧЕРЕЗ КОНТАКТ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ С РАЗРАБОТЧИКАМИ ОС

Всё вышеперечисленное создало основу для надежной эксплуатации вычислительных центров. Но в ту пору обеспечение бесперебойной работы самой ОС и противодействие проникновению в неё и взлому её компонент были столь же актуальны, как и в настоящее время. Особенно это стало критичным после внедрения диалогового режима.

Блокирование возможностей вмешательства в ОС обеспечивалось в первую очередь наличием режима ОС, в котором имелось подмножество команд, исполняемых только в этом режиме. Здесь стоит сказать, что так называемый защищенный режим в архитектуре *Intel* [4] – всего лишь средство защиты для памяти, выделяемой под ОС. По мнению авторов, именно отсутствие режима ОС в системе команд приводит к взлому системы и проникновению в её модули. В нашем случае запуск всей системы, а в первую очередь загрузчика, начинался с режима ОС, что не позволяло на начальном этапе вызова вклиниться в систему. Для *Intel* старт начинается с режима реального времени и только после раскрутки ОС вводится защищенный режим. Понятно, что в этот промежуток можно вклиниться в работу ОС.

Но это не означает, что проблем не было. В режиме пользователя формировались программы, которым необходим был доступ к ресурсам и таблицам ОС, также существовало множество обслуживающих программ, которым требовался тесный контакт с ОС. Программные прерывания-экстракоды, как и любые прерывания, переводили ЭВМ в защищенный режим, в которопредусматривались экстракоды, отчасти открывавшие скрытые возможности ОС. И именно в этом крылась опасность атак на операционную систему, и именно здесь они и происходили. В отсутствие развитой файловой системы первое время большим вопросом было неконтролируемое обращение к МЛ и МД: пользователь мог заказать системный диск или ленту и обратиться к ней от своего имени.

Такой случай произошел в НИВЦ МГУ. В то время уже эксплуатировался удаленный режим доступа к центральному процессору для диалоговых систем. При обновлении ОС разработчик вдруг увидел обращение к системной ленте, на которой находились тексты ОС. Понимая, что кто-то пытается незаконно прочесть содержимое ленты, произвели блокировку терминальной сети. А по номеру терминального канала обращения удалось определить местоположение «любопытного» пользователя. По внутреннему телефону удалось установить с ним связь. И на вопрос: «Почему он обращается к чужой ленте?» был получен ответ: «А я просматриваю все ленты, которые ставятся на лентопротяжки на ВЦ МГУ!». После дальнейших бесед этот «любопытный» влился в команду разработчиков.

Подобное взаимодействие было широко распространено, и можно сказать, что ОС ДИСПАК развивалась всем миром. Приведем некоторые примеры такого взаимодействия:

- отладчик программ разрабатывался В.В. Самофаловым, представителем ВЦ ИММ Уральского отделения АН СССР;
- терминальную сеть и диалоговую систему КРАБ разрабатывали программисты под руководством Анатолия Гуляева;
- мониторинговую систему Дубна помогали подключать программисты из ИАЭ им. И.В. Курчатова во главе с И.Г. Пасынковым;
- ленты ЕС ЭВМ подключал и писал программу доступа программист из авиационной организации П.Я. Шлезингер;
- диалоговую систему ДЖИН, выступающую в роли информационной системы ОС и впервые предлагающую набор компьютерных игр, разрабатывал В.В. Кобелев;
- графическую систему на Алголе создавалась тем же В.В. Кобелевым, а графическую систему на Фортране разрабатывал коллектив разработчиков под руководством Ю.М. Баяковского.

Этот список можно и продолжить, но стоит отметить, что всё это делалось в контакте с разработчиками ОС. Особенно этому способствовал переезд В.Ф. Тюрина в Москву и его постоянное, с 9.00 до 24.00, присутствие на рабочем месте. Звонили со всех концов СССР, чуть ли не ежедневно появлялись посетители с ВЦ и организаций, и все они обязательно выслушивались. Замеченные пользователями ОС ошибки и недочеты тут же брались на учет, а были случаи, когда они тут же и

исправлялись. Просьбы по совершенствованию системы и по написанию новых экстракодов тут же фиксировались и в последующем чаще всего реализовывались.

Очень часто В.Ф. Тюрин лично выезжал на ВЦ и разбирался в сложных ситуациях. Представители группы разработчиков также выезжали во многие ВЦ и устанавливали ОС ДИСПАК на машины БЭСМ-6.

Вот пример случая экстренного вызова в одну из организаций министерства электронной промышленности (МЭП). Поздним вечером поступила информация о найденной в системе ошибке (это касалось ошибки в новом экстракоде). Ошибка была оперативно исправлена, но необходимо было обновить версию системы. Для установки был отправлен один из авторов этой статьи, но оказалось, что у него не были оформлены соответствующие документы для допуска на объект. Проблема была решена курьезным образом, – в проходной при прохождении через турникет разработчика представили в качестве... магнитной ленты, сказав: «Видишь, это магнитная лента!». Таким образом, проблема была решена, а рано утром разработчик возвратился в Москву. Вполне можно утверждать, что ОС ДИСПАК была плодом совместного труда как разработчиков, так и пользователей БЭСМ-6.

#### IX. УДОБСТВО ОРГАНИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЦ И РАБОТЫ ОПЕРАТОРОВ ЭВМ

С самого начала создания ОС ДИСПАК вопросам надежности работы системы и удобства работы операторов уделялось постоянное внимание. Этому способствовало тесное сотрудничество с инженерами (машинниками) и операторами.

Характерный пример. С началом работы над ОС ДИСПАК В.Ф. Тюрин постоянно находился в машинном зале, где операторы мучились с магнитными лентами: надо было указывать, куда поставлена бобина, а так как дисков еще не было, а лент было много, то и ошибок операторов было достаточно. Тогда и возникла идея заносить номера бобин в служебные слова каждой зоны МЛ. При постановке новой ленты она автоматически опознавалась. При необходимости оператор мог переставить ее на другое устройство без дополнительного указания ОС.

Большое внимание в ОС ДИСПАК уделялось средствам функционирования в критических ситуациях – была реализована развитая система сообщений пользователю, оператору и обслуживающему персоналу. Система осуществляла оперативный сбор статистики, как о работе аппаратуры, так и о действиях пользователей, обрабатывая накопленные за различные периоды времени данные.

Для БЭСМ-6 хорошим индикатором загрузки процессора была буквенная надпись на БРЗ слова «ЖДУ». Когда она исчезала, то это говорило о том, что процессор занят полезной работой. И операторы умудрялись воздействовать на процесс прохождения задач через подбор так называемых решаемых задач, используя директивы управления ОС.

Очень важным подспорьем были распечатки на операторский терминал, который фиксировал происходящие «события» и своими ударами при печати на бумажные носители информировал операторов о необходимости обратить внимание на происходящие на комплексе события. Таким образом, терминал выступал в роли диспетчерского пульта управления комплексом.

#### X. ПОСТОЯННОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОС С РАЗВИТИЕМ И РАСШИРЕНИЕМ АППАРАТНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Триада – разработчики ОС, инженерные службы и пользователи – вот те люди, которые обеспечивали успех всей системы в целом и её эффективное использование. Безусловно, были наиболее значимые нововведения, которые качественно улучшали показатели всего вычислительного комплекса. Первоначально БЭСМ-6 не предусматривала совместного использования нескольких ЦП и подключения общих дисков. Поэтому, прежде всего, стоит отметить инициативную разработку коммутатора дисков и объединение множества БЭСМ-6 в единый многомашинный комплекс с синхронизацией доступа к дискам по команде захвата и освобождения дисков (ENQ и DEQ).

Вот что говорится в воспоминаниях Надежды Модестовой:

«К этому моменту ДИСПАК был уже на каждой машине, а обмен данными происходил через ленту: на нее записывали информацию, затем ленту снимали и переставляли на другую машину. Диски у каждой ЭВМ были свои. Идея создать общий диск возникла у талантливого разработчика аппаратного обеспечения ЭВМ Юрия Николаевича Мазурина, и он разработал т.н. коммутатор внешней памяти, при помощи которого каждой машине стал доступен любой диск. <...>

В 1976 г. была реализована возможность создавать многомашинные вычислительные комплексы из ЭВМ БЭСМ-6 с общей дисковой памятью и автоматическим перераспределением задач между ЭВМ. Это позволило значительно повысить производительность и функциональную надежность вычислительных систем. Разработали и внедрили терминальный коммутатор с выходом на несколько машин. Теперь

пользователь мог запускать свои задачи на любом терминале и на любую ЭВМ многомашинного комплекса.

Новой операционной системе (ОС), при помощи которой стало возможно вести интерактивный режим работы, дали название ДИАПАК (сокращение от «диалого-пакетный режим») [8]. Названные аппаратные разработки затем были внедрены на всех вычислительных комплексах, использующих БЭСМ-6. Стоит заметить, что работа с терминалами происходила на битовом уровне, что требовало больших усилий по созданию сложного и надежного программного интерфейса.

В рамках многомашинного комплекса появились работы по распараллеливанию задач. Но такая возможность могла быть использована для слабо связанных процессов, т.е. процессов, в которых время не синхронизируемого счета было больше времени синхронизации и обмена с диском. Настоящее распараллеливание задач сдерживалось отсутствием общей памяти со средствами синхронизации процессов в виде аппаратных команд. Именно такие команды появились на комплексе «Эльбрус», которые позволяли обеспечить реальное и эффективное распараллеливание.

Введение коммутатора терминалов прорвалось из небытия и сформировало целый набор диалоговых систем и изменило характер взаимодействия с системой. Теперь уже можно было запускать удаленно задачи, набирать на терминале текст программы и даже организовать почту и сетевую передачу между удаленными машинами. Сетевое развитие сдерживала скорость передачи данных по низкоскоростным линиям связи. Например, на начальном этапе при передаче задач в ИПМ АН СССР с площадки на метро «Калужская» на площадку на Миусской площади требовалось время, сопоставимое с перевозкой МЛ из одной точки в другую.

В комплектацию серийных машин БЭСМ-6 диски были включены лишь в 1972 году. Следует отметить быстрый прогресс в использовании дисков всё большей и большей емкости, от дисков в 7,25 Мб к дискам в 29 Мб, а затем и в 100 Мб. Тогда это казалось невероятным объемом. Такое продвижение необходимо было для эффективного использования терминальной сети, при работе с которой требовалось хранить для каждого пользователя комплекса всё большие объемы данных. Хранение на лентах было малоэффективно и всё больше использовалось для буферного хранения данных.

## XI. МОНИТОРНАЯ СИСТЕМА «ДУБНА»

Для обеспечения программистов языковыми средствами программирования их алгоритмов необходимо было предоставить, прежде всего, набор трансляторов и стандартных программ, которые позволяют ускорить процесс написания и отладки программ. Исходя из разнообразия задач, решаемых на ВЦ и необходимости выбора наиболее удобных программных языковых средств, трансляторы объединяли в единую систему с добавлением наиболее распространенных алгоритмов-программ в виде библиотек. Эти программы оформлялись в виде так называемых пакетов прикладных программ. К ним же добавлялись функции вызова программ экстракодов, которые обеспечивали, в том числе, обращение к ресурсам ОС. Всё это функционировало в пользовательском режиме и также, как для любой программы, возможно было обращаться к ОС через экстракоды. Кроме этого, часть экстракодов были продолжением этих систем. Поэтому должен был существовать интерфейс между ОС и так называемыми мониторными системами. В связи с переездом В.Ф. Тюрина в начале 1973 г. в Москву, продолжение развития ОС ДИСПАК было перенесено в ИПМ. Но, несмотря на это, в качестве подключаемой системы программирования была выбрана Мониторная система «Дубна», хотя в ИПМ имелись наработки в этом направлении и авторитетная группа разработчиков трансляторов [1].

По нашему мнению, для этого имелись свои причины, и в большей степени это предопределялось запросами пользователей – в первую очередь, решающих серьезные народно-хозяйственные задачи. Мониторная система «Дубна» была создана коллективом сотрудников Объединённого института ядерных исследований с участием специалистов из Института атомной энергии им. И.В. Курчатова и стран-участниц ОИЯИ (ГДР, ВНР, КНДР). В дальнейшем развитии системы приняли участие также сотрудники ИК АН УССР, ИАПУ ДВНЦ АН СССР, ИФВЭ, ГОИ им. С.И. Вавилова и других организаций. Определяющий вклад в разработку системы внесли руководитель разработки Н.Н. Говорун, ведущие разработчики: И.Н. Силин, В.П. Шириков, А.И. Волков, Р.Н. Федорова [9].

Мониторная система «Дубна» включала:

- транслятор (ассемблер) с автокода Мадлен на язык загрузки;
- трансляторы с языков Фортран и Алгол на язык загрузки, а также трансляторы с других языков на один из названных языков;
- статический и динамический загрузчики;
- библиотекарь и общие библиотеки стандартных программ;

- редактор текстовой информации;
- системные подпрограммы ввода-вывода и др. [9].

В дальнейшем в состав Мониторной системы были включены другие трансляторы и системы, в частности:

- Алгол-ГДР;
- Фортран-ГДР;
- Форекс – оптимизирующий транслятор с языка, близкого к Фортрану 77;
- транслятор с языка Паскаль;
- Графор – пакет графических программ;
- Поплан – транслятор с языка POP-2 [10].

Стоит отметить, что при создании ОС ДИСПАК использовался ассемблер БЕМШ, который был разработан в рамках мониторной системы ИПМ. Более того, широко использовался макроязык БЕМШ, благодаря которому удалось решить проблему сопровождения разных подверсий ОС, работавших только в определенных организациях. Использование макроопределений помогло совмещать ОС для БЭСМ-6 и для «Эльбрус-1-К2». Ситуация изменилась при создании ОС и программного обеспечения на ЭВМ «Эльбрус-КБ». Кроме этого, большинство трансляторов, которые были разработаны в ИПМ, были перенесены в Мониторную систему «Дубна».

Таким образом, унификация Мониторной системы «Дубна» позволила снабдить пользователей богатым набором языковых средств и обеспечить переносимость программ на другие ОС и их клоны.

## ХII. ДРУГИЕ РАЗНОВИДНОСТИ ОС

Вкратце отразим существовавшие разновидности ОС ДИСПАК, развиваемые отдельными организациями. Одними из них, причем используемых на ЭВМ БЭСМ-6 и её наследниках «Эльбрус-К2», «Эльбрус-КБ», МКБ-8601 (МикроБ) [11] были крупные ВЦ и НИИ научных и оборонных центров:

ОС ДУБНА для БЭСМ-6, разработанная в 1969 г. под руководством чл.-корреспондента АН СССР Н.Н. Говоруна, д.ф.-м.н. И.Н. Силина, А.В. Гусева, О.Н. Ломидзе, А.П. Сапожникова и др. в ОИЯИ (г. Дубна), имевшая распространение не только в ОИЯИ, но и в других организациях;

ОС ДИСПАК для БЭСМ-6, разработанная во РФЯЦ-ВНИИТФ под руководством д.т.н. В.Ф. Тюрина в 1970 г., которая послужила стволем развиваемой далее ОС ДИСПАК и корнем всех отпочковавшихся от неё ОС.

ОС ДИСПАК.ИПМ, разработанная в ИПМ РАН в 1975 г. (В.Д. Емельянов, А.А. Алексахин, В.А. Иванов, под руководством д.ф.-м.н. В.А. Крюкова) после перехода В.Ф. Тюрина, к.ф.-м.н. С.А. Зельдиной и к.т.н. Н.Е. Балакиревым в ИТМиВТ.

ОС ДИСПАК версии ВНИИЭФ, полученная из ВНИИТФ в 1971 г. и далее развивавшаяся в РФЯЦ-ВНИИЭФ независимо (рук. к.ф.-м.н. А.А. Опарин, О.Д. Демидова, Н.Н. Выскубенко, Ф.А. Романова, Е.С. Кривов, Н.И. Периков, В.В. Рыжих, А.С. Максимов, д.ф.-м.н. Ю.Г. Бартенев). Также во ВНИИЭФ были представлены оригинальные разработки:

– система параллельных вычислений на многомашинном вычислительном комплексе БЭСМ-6 (А.А. Опарин, Е.С. Кривов, Ю.Г. Бартенев, 1975 г., позднее защищена диссертация А.А. Опариным) и двух использующих приложений (по одной защищена диссертация В.Н. Горбуновым);

– архивная система на дисках и лентах (Н.И. Периков, В.В. Рыжих, Л.С. Трутнева);

– система сопряжения с ЕС-ЭВМ (А.С. Максимов. Использовалась только во ВНИИЭФ).

ОС ДИАПАК для БЭСМ-6, разработанная коллективом во главе с к.т.н. Н.И. Шулеповым (защитил диссертацию), в составе: Ю.Н. Озорнин, Г.П. Охрименко, В.И. Зуев, В.К. Корякин, Л.В. Кошкина и др., оставшимся во ВНИИТФ после перехода В.Ф. Тюрина и С.А. Зельдиной в ИПМ РАН. Использовалась во ВНИИТФ и в некоторых НИИ Свердловской и/или Челябинской области.

ОС ДИСПАК для БЭСМ-6 и «Эльбрус 1-К2» (изначально СВС), разработанная в 1979-1984 гг. в ИТМиВТ и РФЯЦ-ВНИИЭФ Н.Е. Балакиревым, Ю.Г. Бартневым, к.ф.-м.н. В.А. Баранниковым под руководством В.Ф. Тюрина. С 1985 г. для «Эльбрус 1-К2» развивалась отпочковавшаяся от ОС ДИСПАК [13] ОС СВС [14] (Ю.Г. Бартенев, В.А. Баранников, В.А. Ерзунов, Н.А. Мустаева, О.А. Абрамова, Н.Н. Выскубенко и др.).

## ХIII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение хочется отметить и обратить внимание на то, что не всегда популярность и востребованность программного продукта связана с его проработанностью в научном плане. В большей степени должны быть учтены возможности и запросы пользователей. В рамках ОС ДИСПАК эти запросы удалось удовлетворить, что и обеспечило системе безусловную популярность. Более того,

можно сказать, что эта операционная система была совместной работой множества инженеров, программистов и пользователей Советского Союза.

Что касается разработок, то их было множество, и они, без объявления тендера, неявным образом конкурировали между собой, а арбитром выступал пользователь, который и решал, в какой системе он предпочитает работать.

Современная экономия везде и во всём, а особенно в научной деятельности, отзовется потерей приоритетов лишь через десятилетия. Явное административное вмешательство может навредить и даже уничтожить целые направления. Пока любая научная идея только зарождается, и усилиями, чаще всего энтузиастов, продвигается к воплощению, важно не деньги потерять, а саму идею. Вряд ли можно подвергнуть сомнению утверждение, что государственные деньги, потраченные на коллектив разработчиков операционной системы во ВНИИТФ, с лихвой окупались на тех вычислительных центрах СССР, которые использовали ОС ДИСПАК.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

И в конце наши благодарности всем перечисленным выше энтузиастам, внесшим вклад в развитие машин серии БЭСМ-6 и её операционных систем, с принесением извинений за возможные неточности при упоминании их инициалов и фамилий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ершов А.П., Шура-Бура М.Р. Становление программирования в СССР (переход ко второму поколению языков и машин). Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1976. Препринт № 12. 49 с.
2. Сингер М. Мини-ЭВМ PDP-11: Программирование на языке Ассемблера и организация машины: Пер. с англ. М.: Мир, 1984. 272 с.
3. БЭСМ-6. <https://ru.abcdef.wiki/wiki/BESM-6>
4. Intel® 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manual. Volume 1: Basic Architecture Order Number: 253665-060US September 2016.
5. Зельдинова С.А., Зуев В.И., Кошкина Л.В. и др. Инструкция пользователю по работе с операционной системой Диспак для БЭСМ-6. М.: ИПМ АН СССР, 1973. 60 с.
6. Тюрин В.Ф. Операционная система Диспак. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы. 1985. 336 с.
7. Луховицкая Э.С., Езерова Г.Н. Информатика в ИПМ им. М. В. Келдыша. 1960-е годы. М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2013. Препринт № 29. 33 с.
8. Модестова Н. О том, как БЭСМ-6 считать училась. <https://proza.ru/2019/11/21/412>. (Свидетельство о публикации № 219112100412).
9. Мазный Г.Л. Программирование на БЭСМ-6 в системе «Дубна». Под ред. Н.Н. Говоруна. М.: Наука, 1978. 272 с.
10. Электронная вычислительная машина БЭСМ-6. <https://besm-6.ru/besm6.html#dubna>.
11. Бартенев Ю.Г., Акимов Г.И., Баранников В.А., Ерзунов В.А., Рачинский С.З., Лобачев Ю.В., Молчанов Н.В., Мустаева Н.А., Шебанов В.Ф., Основич А.Л., Чайковский М.Г. и др. Система виртуальных машин для ВК Эльбрус 1-КБ (тезисы доклада) // ВАНТ. Сер.: Методики и программы численного решения задач математической физики. Вып. 1. 1990. С. 30.
12. Емелин И.А., Кадыков В.М., Левчановский Ф.В., Попов М.Ю., Сапожников А.П., Сапожникова Т.Ф., Силин И.Н. Архитектурные особенности МКБ-8601, интегральной ЭВМ ряда БЭСМ-6. ОИЯИ P11-91-43. Дубна, 1991.
13. Бартенев Ю.Г., Балакирев Н.Е., Ерзунов В.А., Зельдинова С.А., Мустаева Н.А., Тюрин В.Ф. Некоторые вопросы преобразования ОС ДИСПАК для обслуживания комплекса спецпроцессоров ЭЛЬБРУС-1 // ВАНТ. Сер.: Методики и программы численного решения задач математической физики. Вып. 3 (17). 1984. С. 70-74.
13. Бартенев Ю.Г., Кухтин В.М., Лукин А.И. Принципы реализации режима мультипроцессорирования в ОС СВС // ВАНТ. Сер.: Методики и программы численного решения задач математической физики. Вып. 2. 1985. С. 29-35.

## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ПРОГРАММИРОВАНИЕ В ЦНИИ 45 МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ (1960-1990)

Аркадий Бенционович Барский<sup>1</sup>, Юрий Всеволодович Ревич<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский испытательный центр (г. Москва) ЦНИИ ВКС Минобороны России, Москва, Российская Федерация, [arkbarsk@mail.ru](mailto:arkbarsk@mail.ru)

<sup>2</sup> Независимый исследователь, Москва, Российская Федерация, [revich@lib.ru](mailto:revich@lib.ru)

**Аннотация** – В период создания первых ЭВМ (начало 1950-х) основными пользователями выступали ракетчики и ученые, работавшие над атомным проектом, но уже со второй половины 1950-х ситуация стала меняться. Главным заказчиком высокопроизводительных вычислительных средств становятся создатели систем воздушно-космической обороны (ВКО): противоракетной обороны (ПРО), предупреждения о ракетном нападении (СПРН), контроля космического пространства (ККП) и других оборонных приложений, связанных с этой тематикой. В течение всех советских лет ЦНИИ 45 МО РФ был головным институтом по научным аспектам темы ВКО: в нем разрабатывались методические основы и программные средства применения ЭВМ для задач ВКО. Многие самые яркие отечественные разработки в области супер-ЭВМ осуществлялись либо по прямому заказу ЦНИИ 45, либо с учетом требований, выдвинутых его специалистами. Значительный вклад специалисты ЦНИИ 45 внесли также в теорию и практику программирования высокопроизводительных вычислительных комплексов и систем реального времени.

**Ключевые слова** – ЦНИИ 45, ПРО, СПРН, воздушно-космическая оборона, программирование военных приложений.

### I. ОБСТОЯТЕЛЬСТВА И ПРИЧИНЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЦНИИ 45

В первой половине 1950-х в связи с развитием средств доставки ядерного оружия с помощью стратегических (межконтинентальных) баллистических ракет возникла задача отражения ракетно-ядерного удара. Осенью 1953 года, после успешных испытаний системы ПВО Московского округа «Беркут» (в дальнейшем получившей название С-25), созданной сотрудниками КБ-1 (ныне ПАО «НПО „Алмаз“») встал вопрос о создании системы противоракетной обороны. Понимая перечисленные особенности, скептически о задаче создании ПРО отзывались многие ведущие конструкторы и академики, среди которых были знаменитые ныне С.П. Королев и М.В. Келдыш, а некоторые потенциальные исполнители (А.А. Расплетин, один из руководителей работ по успешно реализованной ПСО «Беркут», и крупнейший специалист в области радиолокации академик А.Л. Минц) выступили резко против: они понимали, что любая модификация ПРО устареет еще до постановки на боевое дежурство. Характерно, что американцы, проанализировав трудности задачи, поначалу отказались от ПРО вообще, сделав ставку на опережающий удар по пусковым установкам.

Однако, нашелся молодой конструктор Г.В. Кисунько, который взялся за выполнение этой невыполнимой задачи. В итоге, Георгию Васильевичу в течение почти 25-летней работы так не удалось эту задачу выполнить в полном объеме. Тем не менее, создание ПРО, пусть и не в полной мере выполняющей свои функции, позволило СССР достичь паритета в гонке стратегических вооружений в условиях отставания в количестве боеголовок и средств доставки (во время Карибского кризиса в 1962 году преимущество США было примерно 10-20 кратным [1]). В результате работа по созданию ПРО, в совокупности с начатой позднее системой предупреждения о ракетном нападении (СПРН), имела далеко идущие последствия, в том числе и известные внешнеполитические (заключение договора по ПРО от 1972 года, с дальнейшей тенденцией к сокращению ядерных вооружений).

В инициативе Г.В. Кисунько существенным моментом была ориентация на тогда еще мало кому знакомые электронные вычислительные машины. В июле 1953 года, когда начинались работы по экспериментальной ПРО, все построенные к тому времени отечественные ЭВМ либо были экспериментальными образцами (МЭСМ) либо еще не полностью вышли из стадии отладки (БЭСМ, «Стрела» и М-1). Доминировало представление об ЭВМ, как просто об усовершенствованном калькуляторе, «числодробилке». Тем не менее, уже в июне 1957 года на экспериментальных радиолокаторах РЭ-1 и РЭ-2 созданного полигона Сары-Шаган в районе Балхаша, и на Камчатке, в районах падения головных частей баллистических ракет, прошли первые работы по их обнаружению и сопровождению. Успешно проведенные эксперименты открыли реальные возможности решения проблемы их перехвата. Эти работы, как известно, закончились триумфальным перехватом реальной

ракетной боеголовки 4 марта 1961 года. В работе участвовали в том числе и сотрудники вновь созданного института, тогда еще носившего название СВЦ-4.

В дальнейшем работа по созданию ПРО разделилась на решение нескольких относительно автономных задач: собственно противоракетной обороны (ПРО), предупреждения о ракетном нападении (ПРН, СПРН) и контроля космического пространства (ККП). Позднее к ним добавилась противокосмическая оборона (ПКО). Вместе они составляют оборонный комплекс, первоначально носивший название ракетно-космической обороны (РКО), ныне объединенный с противовоздушной (противосамолетной) обороной (ПВО, ПСО) и переименованный в ВКО (воздушно-космическая оборона).

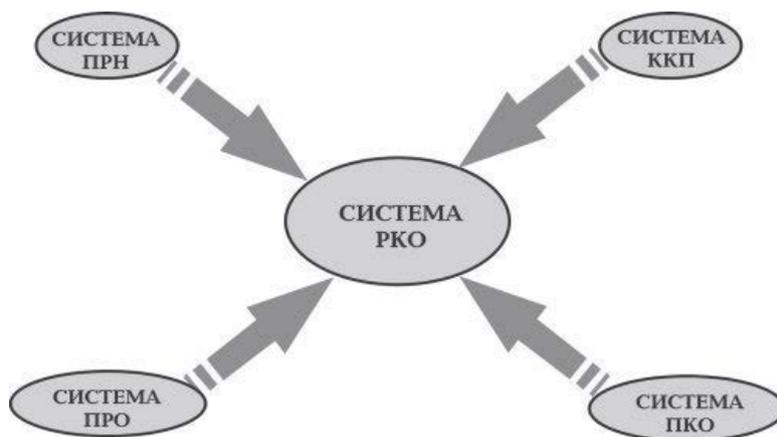


Рис. 1. Представление всех систем РКО в целом [2]

Как указывается в [3, с. 16-17], «уникальность создаваемых систем ПРО, ПРН и ПКО, новизна принимаемых технических решений, высокий уровень автоматизации, значительная территориальная разобщенность средств, ограниченные возможности проведения натурных пусков баллистических ракет, использование различных принципов обнаружения баллистических ракет, а также ряд других факторов поставили перед военной наукой серьезную самостоятельную научно-техническую проблему разработки принципиально новой методологии испытаний и ввода их в эксплуатацию. Остро встал вопрос о создании в Министерстве обороны специального института для решения возникшей проблемы». Руководством страны было принято решение возложить функции заказчика всех работ по системам РКО на 4 Главное управление Министерства обороны (начальник – маршал Кулешов П.Н., затем генерал-полковник Г.Ф. Байдуков). В 1956 году в составе 4 ГУ МО было специально создано 5 управление (с 1987 года – 1 управление, первые начальники – генералы М.Г. Мымрин и М.И. Ненашев) для организации разработки, испытаний и сдачи в эксплуатацию средств и систем ПРО, ПРН, ПКО и ККП.

18 февраля 1960 года во исполнение постановления ЦК КПСС и СМ СССР (от 7 февраля 1960 года) издана директива Министра обороны о формировании Специального вычислительного центра № 4 Министерства обороны (СВЦ-4) для моделирования процессов и проведения вычислительных работ, связанных с разработкой и вводом в действие боевой системы противоракетной обороны Москвы А-35. 22 июня 1960-го начальником СВЦ-4 был назначен полковник Иван Макарович Пенчук, занимавший в то время должность первого заместителя начальника полигона Капустин Яр. Его заместителем по научно-исследовательской работе назначается полковник Николай Пантелеймонович Бусленко, доктор технических наук, профессор, один из ведущих научных сотрудников Вычислительного центра № 1 Министерства обороны (впоследствии 27-й ЦНИИ МО). Территориально СВЦ-4 расположился в бывшем городе Бабушкин (ныне один из районов на северо-востоке Москвы). Интересно то, что занимавший выделенную территорию зенитно-ракетный полк, активно участвовавший в обороне Москвы, был переведен в Украину, а многие его военнослужащие (среди них подполковник в отставке Якубовский В.Д. – бессменный руководитель профсоюзной организации) влились в состав созданного института.

По мере развертывания СВЦ-4 круг решаемых им задач стремительно увеличивался и 30 декабря 1961 года в связи со значительным расширением объема научно-исследовательских работ, приказом Министра обороны СССР СВЦ-4 преобразован в Специальный научно-исследовательский институт № 45 Министерства обороны (СНИИ-45 МО). Число «45» возникло потому, что институт был подчинен 5-му Управлению 4-го Главного Управления МО СССР. В дальнейшем название несколько раз

незначительно изменялось, и 29 июня 1989 года институту было присвоено название 45-й Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны (ЦНИИ 45 МО).



Рис. 2. Эмблема ЦНИИ 45 Министерства обороны

В декабре 1997 года ЦНИИ 45 МО РФ был преобразован в Научно-исследовательский центр (г. Москва) Центрального научно-исследовательского института ВКС Министерства обороны, основанного на базе НИИ-2 МО РФ (г. Тверь). Это, несомненно, снизило его статус в соответствии с проводимыми реформами, а также определило временной интервал охвата расцвета института, отраженный в статье. На момент формирования СВЦ-4 численность сотрудников составляла 524 человека, к 1974 году штатная численность института достигла 1278 человек (из них 864 военнослужащих), в сентябре 1986 года она составила 1591 человек (из них 1178 военнослужащих). С 1963 года в институте существовал собственный Ученый совет с весьма представительным составом, в разное время включавшим, кроме ведущих сотрудников института, такие имена, как создатель первых вычислительных машин С.А. Лебедев, конструктор ЭВМ для нужд ПРО В.С. Бурцев, создатель радиолокационных станций для систем РКО А.Л. Минц, Главный конструктор систем «А» и «А-35» Г.В. Кисунько, его основной оппонент – конструктор комплексов ПВО А.А. Расплетин и другие знаменитые ученые и разработчики.

Н.П. Бусленко привлекал в состав сотрудников всё новые кадры. Из Киева приехал И.Н. Коваленко, возглавивший научное направление «Теория массового обслуживания». Проводить консультации, семинары и обучение приезжал его тесть академик АН УССР Б.В. Гнеденко. Вместе они стали учителями молодого В.А. Ивницкого, защитившего, в конце концов, две докторские диссертации по надёжности систем массового обслуживания – по техническим и физико-математическим наукам.

В разгар своей деятельности (1962) Н.П. Бусленко совместно с чл.-корр. АН СССР А.А. Ляпуновым организовали в ЦНИИ 45 Лабораторию самонастраивающихся и самообучающихся систем. То есть, ещё тогда было выбрано направление на применение принципов искусственного интеллекта. Кому, как не математикам-артиллеристам, фронтовикам, более известно, что собой представляют самообучающиеся системы управления! В жарких спорах рождались определения и идеи. Впоследствии Н.П. Бусленко пошёл на повышение: вернулся руководить 27-м Институтом МО, а А.А. Ляпунов отправился строить и развивать СО АН СССР. Тем не менее, лаборатория действовала под руководством Р.Х. Зарипова – автора машинной музыки «Уральские напевы», а затем – О.Ю. Юркевича. Предлагались интересные идеи самоорганизации процесса обработки информации в условиях частичного поражения на основе к-сжатия алгоритмов управления. Был привлечён И.Б. Гутчин, известный как «изобретатель кибернетической черепахи».

Высокому авторитету ЦНИИ 45 способствовала научно-техническая помощь, которую Н.П. Бусленко стремился оказать «внешним» организациям: так, М.Р. Когаловский, входивший в состав творческого костяка Института, впервые разработал для Моссовета и внедрил систему планирования и составления расписания городского пассажирского транспорта (для движения автобусов). Работа оказалась столь высокого качества, что М.Р. Когаловский, защитив диссертацию, стал одним из ведущих сотрудников ЦЭМИ АН СССР.

Много сил Н.П. Бусленко приложил для создания аспирантуры (адъюнктуры), как важнейшего (ныне порушенного) стимулирующего средства научного роста. Для молодых гражданских докторов наук приказом Министра обороны в ЦНИИ 45 были сформированы сектора:

Ю.Г. Дадаев возглавил сектор теории помехоустойчивого кодирования с автоматическим исправлением ошибок;

В.А. Ивницкий возглавил сектор надёжности сложных систем массового обслуживания, к которым относятся практически все системы обороны;

А.Б. Барский возглавил сектор оптимизации параллельных вычислений;  
О.Ю. Юркевич в рамках сектора возглавлял Лабораторию самоорганизации и самообучения.

Чтобы проиллюстрировать масштаб и новизну задач, поставленных перед вновь созданным институтом, далее мы кратко остановимся на основных направлениях работ ЦНИИ 45.

## II. СОЗДАНИЕ ПРОТИВОРАКЕТНОЙ ОБОРОНЫ

Под руководством Г.В. Кисунько в 1953 году были начаты работы по экспериментальной ПРО, получившей название «Система А». В 1961 году, как мы говорили, она завершилась успешным испытанием, в котором принимали участие специалисты ЦНИИ 45. Еще раньше, в 1958 году, началось проектирование расширенной боевой модификации системы, названной «А-35». Сложность задачи, вызывавшая скептицизм академиков, была беспрецедентной: в сравнении с успешно испытанной ПВО, объектом которой были сравнительно медленные и предсказуемые самолеты, боеголовка баллистической ракеты летит со скоростью километры в секунду, а ее отражающая поверхность составляет доли квадратного метра, что примерно на два порядка меньше, чем у самолета. При этом ее необходимо обнаруживать и перехватывать на расстояниях, в сотни раз больших, чем самолеты, и принимать решения об уничтожении за время, в десятки раз меньшее.

Для решения задач обеспечения испытаний и ввода в эксплуатацию боевой системы ПРО в институте первоначально формируются два управления (направления):

- математического обеспечения эксплуатации и испытаний системы противоракетной обороны;
- моделирования боевой работы комплексов и систем противоракетной обороны.

В 1963 г. с целью концентрации усилий на решение поставленной задачи два управления объединяются в одно – «Испытание и ввод в эксплуатацию системы противоракетной обороны». Начальником объединенного управления был назначен полковник (впоследствии генерал-майор) Або Сергеевич Шаракшанэ.

В области ПРО существовало две главных проблемы. Е.В. Гаврилин пишет: «Работы в области противоракетной обороны начинались практически при полном отсутствии серьезных знаний о том, что собой представляет баллистическая цель как объект перехвата и поражения средствами обороны. Этот момент принципиально важен для понимания вклада специалистов и руководства управления в решение стоящих перед ними задач и не только противоракетной обороны. Работать приходилось в обстановке, когда по большинству проблемных вопросов напрочь отсутствовала какая-либо информация. <...> Чтобы получить достаточно объективные и всесторонние оценки характеристик баллистических целей, являющихся возможными объектами борьбы средств отечественной ПРО, необходимо было разработать специальную методологию <...>. В стране была создана строгая система определения и аттестации основных характеристик целей для проектирования средств и систем ПРО, а впоследствии и систем предупреждения о ракетном нападении, с мощной научной поддержкой. Вот уже сорок лет регулярно обновляются исходные данные по характеристикам баллистических целей и способам их боевого применения, так называемые «Белые книги» (молва приписывает авторство этой терминологии Григорию Васильевичу Кисунько)» [2, с. 75].

Для характеристики сложности задачи приведем такой пример: во время испытаний (успеху 4 марта 1961 предшествовало 18 неудачных запусков) обнаружилось, что при больших дальностях полета ракеты после разделения боеголовки и корпуса впереди будет находиться последняя ступень корпуса ракеты-носителя, а не головная часть. Так появилось выражение «парная цель». То есть сложнейшую задачу селекции целей пришлось решать уже в этом простейшем варианте системы, когда ракета-носитель всего одна. Что же говорить о реальной боевой системе, где целей много, и они еще скрыты многочисленными маскирующими ложными целями? Работы по данной проблеме, как самостоятельное направление исследований, развернулись в 45-м институте еще в 1962 году.

С дефицитом исходных данных связана и вторая важнейшая проблема, которая в полный рост встала как раз в процессе проведения испытания экспериментальной «Системы А». Вот как описывает ее многолетний начальник ЦНИИ 45 И.М. Пенчуков: «С самого начала создания системы ПРО было ясно, что испытать в натуре такую большую систему как ПРО не представляется возможным. Кроме того, следует отметить, что это была первая большая система, которая в боевом цикле функционировала в автоматическом режиме без вмешательства обслуживающего персонала. То есть возникала проблема проверки правильности функционирования боевых алгоритмов и программ.

Поэтому для оценки характеристик системы и ее боевых возможностей был разработан опытно-теоретический метод испытаний, сочетающий натурные испытания отдельных элементов системы и моделирование системы в целом.

Суть метода заключалась в следующем. По результатам натурных испытаний проводилась оценка характеристик минимального функционального состава средств и подсистем с точностью и достоверностью, необходимой как для оценки самих средств, так и системы в целом, с использованием моделирования.

Для проверки правильности функционирования боевых алгоритмов и программ разрабатывались комплексные испытательные моделирующие стенды (КИМС), работающие в реальном масштабе времени. Перед использованием КИМС'ы калибровались по результатам натурных испытаний. С их использованием проверялись такие характеристики, как пропускная способность системы в целом и ее отдельных стрельбовых комплексов. Для оценки характеристик системы в целом была разработана математическая модель оценки эффективности системы, в качестве исходных данных для которой использовались результаты натурных испытаний и испытаний с применением КИМС'ов.

Такой подход к организации испытаний, разработанные КИМС'ы и модель оценки эффективности, обеспечили возможность оценки результатов испытаний системы с требуемой точностью и достоверностью. В этой работе практически участвовал весь коллектив института» [4, с. 344-345].

В процессе решения этих двух важнейших задач, было поставлено и решено большое количество параллельных задач, возникавших в процессе отладки и испытаний. В результате проделанной работы:

– в октябре 1977 года завершены государственные испытания системы А-35М, она была принята на вооружение. В период с 1980 по 1984 г. выполнены работы по расширению боевых возможностей системы А-35М, которые позволили возложить на нее новые боевые задачи.

– в 1990 году завершены государственные испытания системы ПРО А-135 в совокупности со стрельбовым комплексом «Амур». Система А-135 была поставлена на боевое дежурство в 1995 году, и находится на нем поныне, периодически подвергаясь расширению и модернизации.

### III. СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О РАКЕТНОМ НАПАДЕНИИ

Возможно, СПРН была самой затратной частью общего проекта создания РКО. Она не включала сложных алгоритмов селекции целей, выдачи команд управления противоракетой в реальном времени, управления сложнейшими автоматизированными стрельбовыми комплексами, но алгоритмически и технически задача дальнего обнаружения МБР (предпочтительно, еще на стадии запуска) была не менее сложной. По стоимости построенных РЛС с высочайшими техническими характеристиками СПРН наверняка обогнала все остальные подсистемы проекта. Надо еще учесть, что существенная доля усилий была потрачена зря: часть системы, связанная с дорогостоящими попытками построения двух загоризонтных РЛС «Дуга», так и не была введена в эксплуатацию<sup>1</sup>. В 1970-80-е годы СПРН была дополнена космической системой УС-К с космическими аппаратами на высокоэллиптических орбитах (с апогеем около 40 тыс. км) и наземными пунктами приема и обработки информации. Это позволило полностью исключить факт внезапного ракетного нападения.

Задача построения СПРН возникла в середине 1950-х, несколько позже начала работ по ПРО. В это время Радиотехнический институт АН СССР под руководством А.Л. Минца начал разработку опытной РЛС «Днепр». После ее испытаний и создания усовершенствованного варианта РЛС «Днепр», в ноябре 1962 года было принято решение о создании десяти таких РЛС в районах Мурманска, Риги, Иркутска и Балхаша (как для обнаружения ударов МБР с территории США, акваторий Северной Атлантики и Тихого океана, так и для обеспечения функционирования комплекса ПКО). В это же время в ЦНИИ «Комета» началась разработка космической системы обнаружения стартов МБР с ракетных баз США (УС-К), а в НИИ дальней радиосвязи – средств загоризонтного обнаружения.

И если построение ПРО, столь же непроницаемой для атак противника, как ПВО, как и предупреждалось, оказалось принципиально неразрешимой задачей, то эффективную СПРН удалось построить вполне успешно и поставить на боевое дежурство еще в начале 1970-х, на стадии

---

<sup>1</sup> Частично потому, что «Дуга-1» размещалась недалеко от Чернобыля, и после аварии попала в зону радиоактивного заражения, а устойчивая работа загоризонтных РЛС, как утверждает сам конструктор ЗГРЛС В.А. Алебастров, гарантировалась только в случае одновременной работы двух узлов [2, с. 114]. Но в действительности потому, что с самого начала огромное количество специалистов выступало против дорогостоящего проекта (что характерно, в этом случае Г.В. Кисунько и А.Л. Минц оказались на одной стороне [там же, с. 112]), будучи уверенными, что работать это не будет. И хотя предпринимались беспрецедентные усилия по «доводке», вклад «Дуги» в общую систему ПРН оказался ничтожным. Кое-кто даже считает [3, с. 113; 6, с. 156], что идея загоризонтной радиолокации была актом успешной дезинформации со стороны противника (сами американцы быстро от нее отказались).

использования только наземного эшелона, без подключения спутников. В дальнейшем система только расширилась и совершенствовалась.

На всех этапах работы в создании средств СПРН активно участвовали сотрудники 45-го СНИИ, в первую очередь управления, возглавляемого доктором технических наук, профессором А.С. Шаракшанэ [5]. В частности, разработанные в 45-м СНИИ комплексные испытательные моделирующие стенды (КИМСы) нашли широкое применение при испытаниях систем СПРН.

#### IV. СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Впервые проблема организации контроля за деятельностью государств в космосе была сформулирована в 1961 г. коллективом военных ученых 45-го СНИИ МО во главе с заместителем начальника института по НИР, доктором технических наук, профессором, полковником Н.П. Бусленко.

Исследование темы ККП преследовало цели:

- разработка принципов создания каталога космических объектов и методов его реализации на ЭВМ;
- разработка математических методов и алгоритмов определения орбит для обеспечения службы слежения за космическими объектами и распознавания их целевого назначения.

На основании данных первых исследований 16 ноября 1962 года было выпущено Постановление о создании отечественной Службы контроля космического пространства. В конце 1962 года в 45-м институте создается Управление контроля космического пространства. С начала 1963 г. оно приступило к регулярной практической работе по приему, анализу и обработке орбитальных измерений, поступающих от различных средств и источников. Первоначально наблюдения обрабатывались вручную («графо-аналитическим методом») [3], в течение 1963 года были разработаны алгоритмы слежения за космическими объектами. К середине 1964 г. завершилась разработка эскизного проекта СККП. При его разработке учитывалось техническое описание системы слежения за космическими объектами SPADATS, используемой в США, предоставленное в распоряжение института соответствующими органами [1].

В результате Центр контроля космического пространства (ЦККП) был фактически построен к началу 1970-х, в 1973 он был дополнен системой боевых алгоритмов и программ (иными словами, средствами для сбивания спутников на орбите), и этом же году проведены Государственные испытания ЦККП под председательством командующего Войсками РКО Ю.В. Вотинцева.

В дальнейшем СККП непрерывно совершенствовалась, в основном в сторону повышения достоверности и точности аппаратуры и алгоритмов по распознаванию космических объектов. На различных этапах развития СККП сотрудники института были заняты практически во всех работах, связанных с освоением космоса. С 1963 по 1969 г. они принимали участие в обеспечении пилотируемых полетов отечественных космических кораблей и орбитальных станций, а в период с 1968 по 1974 г. сотрудниками института проведен цикл работ по подготовке советских космонавтов к наблюдениям и распознаванию объектов в космическом пространстве. В 1975 г. сотрудники управления принимали участие в обеспечении совместного полета космических кораблей «Аполлон» и «Союз». Предприняты значительные усилия по определению места падения отечественных ИСЗ «Космос-954» (январь 1978 г.), «Космос-1402» (январь 1983 г.) и американской орбитальной станции «Скайлэб» (июнь 1979 г.).

В 1979 г. впервые в стране организована сеть оптических и оптико-электронных средств наблюдения за высокоорбитальными КО. В течение последних лет эта подсистема регулярно и с высокой эффективностью привлекается практически ко всем специальным работам по обеспечению запусков и в аварийных режимах полета. Таковы, очень кратко изложенные, основные задачи, которые выполнял коллектив 45-го ЦНИИ, начиная с 1960-х.

#### V. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА В ЦНИИ 45

Задача подбора, формулирования требований и испытаний средств вычислительной техники, пригодных для выполнения описанных выше задач, была напрямую поставлена перед коллективом института с первых лет его существования. Из вышеизложенного понятно, что для указанных целей необходима электронная вычислительная техника наивысшей производительности. Поэтому ЦНИИ 45 долгое время был, без преувеличения, основным локомотивом развития отечественной вычислительной техники, по крайней мере, в части высокопроизводительных ЭВМ и вычислительных комплексов (называемых ныне «суперкомпьютерами»). В условиях тотальной недооценки роли вычислительной техники для всего народного хозяйства со стороны властей (которые до самого конца, кажется, так и

продолжали воспринимать компьютер, как просто очень быструю «числодробилку»), многие военные, занятые в области РКО, оценили возможности новых вычислительных устройств еще до того, как ЭВМ стали общеизвестными. Мы уже говорили, что Г.В. Кисунько заложил электронную вычислительную технику в основу своего проекта ПРО еще тогда, когда и проекта, как такового, не существовало, и ЭВМ еще только выходили из пеленок.

Неудивительно, что уже первый серийный компьютер «Стрела» широко использовался еще в ВЦ-1 для расчета запусков первых спутников и МБР [6, с. 121]. А фактически следующими после первых советских ЭВМ, в ИТМ и ВТ в 1956 году под руководством В.С. Бурцева были созданы машины М-40 и М-50, специально предназначенные для работы в составе «Системы А». Полупроводниковая М-50 была и первой ЭВМ, поставленной в СНИИ-45 в 1962 году (демонтирована только в 1973 году). Конечно, машинного времени не хватало, и встала задача разработки систем общего и специального математического обеспечения для повышения эффективности использования ЭВМ при решении задач по тематическим направлениям института. Прежде всего был организован пакетный режим решения задач на М-50, повысивший культуру программирования, обеспечивший максимальную загрузку оборудования и резко сокративший время отладки программ. Весьма важным оказалось создание операционных систем и трансляторов с языков высокого уровня (тогда это называлось «автоматизацией программирования»). Среди выполненных работ были создание семейства трансляторов с языка Алгол-60 на ЭВМ М-50, 5Э926, 5Э51; разработка систем символьного программирования СИСП и АЛОТ; реализация на 5Э51 операционных систем ОСС-51, ОСП-51, СКОП. Непосредственные разработки велись под руководством и при участии В.В. Пивоварова.

В середине 1960-х В.А. Мельниковым, под непосредственным руководством С.А. Лебедева, была разработана замечательная полупроводниковая машина с плавающей запятой под шифром 5Э92, вобравшая все мировые достижения и предложения в области архитектуры и операционных систем того времени. ЭВМ 5Э92, получившая впоследствии «гражданское» наименование БЭСМ-6, стала основой ряда модификаций и послужила стране по крайней мере 30 лет. Она осталась актуальной и сегодня в качестве возможной (по мнению А.Б. Барского) основы микропроцессора *RISC*-архитектуры. Представленный макет этой машины, на котором уже выполнялись работы, совпал по времени с началом разработки В.С. Бурцевым двухпроцессорного ВК (традиционно называется ЭВМ) 5Э926, содержащего «большую» машину М-500 и «малую» М-100. Вскоре была создана более «продвинутой» версия её, 5Э51, с плавающей запятой. Объединение этих ЭВМ в многомашинный комплекс со взаимным обменом информацией через общее поле внешних накопителей позволило провести на них ряд крупных исследований и разработок, которые были внедрены в ряде войсковых частей и учреждений войск ПВО страны.

В ноябре 1976 г. была сдана в эксплуатацию ЭВМ ЕС-1030, а 19 апреля 1980 г. вместо демонтированной ЭВМ 5Э926 была установлена БЭСМ-6. Как видим, в своей работе специалисты института ориентировались в основном на чисто отечественные модели. В 1978 году институт был определен головным исполнителем по научно-методическому обеспечению ввода системы ПРО А-135, для чего предусматривалось создание научно-исследовательского испытательно-моделирующего центра. Кроме одной мощной ЭВМ ЕС-1060, центр в два этапа (в 1981 и 1985 гг.) был оснащен многопроцессорными вычислительными комплексами (МВК) «Эльбрус-1-К2» и более совершенным четырехпроцессорным «Эльбрус-2». Отметим, что центральный процессор «Эльбрус-1-К2» полностью совместим с БЭСМ-6 на уровне команд пользователя, но работает быстрее.

К концу 1985 г. лабораторно-вычислительная база ЦНИИ 45 включала: многопроцессорный вычислительный комплекс «Эльбрус-1»; многопроцессорный вычислительный комплекс «Эльбрус-1-К2»; ЭВМ БЭСМ-6; ЭВМ ЕС-1060; ЭВМ ЕС-1030; ЭВМ 5Э51; две ЭВМ М-6000, с общим быстродействием более 55 миллионов операций в секунду. В конце 1980-х – начале 1990-х ЦНИИ 45 стал снабжаться персональными компьютерами, что заставило переосмыслить построение лабораторно-вычислительной базы. К началу 2000-х вычислительно-моделирующая база включала в себя сотни ПЭВМ и рабочих станций, объединенных в десятки сегментов по решаемым задачам и связанных по информации в единую сеть. В ее составе имелись и современные ПЭВМ, и мощные серверы, и многопроцессорные рабочие станции, и вычислительные комплексы «Эльбрус-90 микро».

Таким образом, уже изначально для комплектации ВЦ ЦНИИ 45 использовалось всё доступное, конечно, с приоритетом новых разработок, начиная с «два с половиной»-адресной М-50. Это вызвало внутренний конфликт. Начальник 4 отдела Виктор Максимович Бахарев, ответственный за разработку требований, сопровождение и испытание перспективных вычислительных средств ПРО, категорически потребовал, чтобы комплектация ВЦ ЦНИИ 45 согласовывалась с руководимым им отделом. И тогда, когда задачи испытаний сконцентрировались вокруг разработки комплексных испытательных моделирующих стендов (КИМС), ВЦ, на базе которого образовалось 5 научное управление, возглавил

Ю.С. Шувалов – ученик и бывший подчинённый В.М. Бахарева, поддержанный А.С. Шаракшанэ. Дело в том, что А.С. Шаракшанэ остро осознавал необходимость создания Моделирующего Центра не только для разработки моделей в составе КИМС, но и для частных испытаний. Комиссия под руководством А.С. Шаракшанэ обосновала строительство такого Центра, который и поныне представляет остатки когда-то мощного и представительного ЦНИИ 45 МО РФ, вместившие большую часть управлений сегодняшнего НИИЦ (г. Москва) ЦНИИ ВКС МО РФ.

Другая часть – бывшее 5 научное управление (носящее ныне наименование 3 управления), занимает пристройку, связанную с интересной историей кратковременной дружбы и сотрудничества ЦНИИ 45 со специалистами США в области космических исследований. До сих пор она наполнена прекрасными двух-мониторными ПЭВМ, рабочими станциями и серверами, оставшимися в наследство.

Один из стимулирующих моментов этой дружбы основан на следующей легенде. Не совсем штатно закончила трудовую жизнь советская орбитальная станция «Мир». Её приземление не было рассчитано должным образом и предсказано американцами в некотором районе мирового океана в северном полушарии. Ответственный сотрудник ЦНИИ 45 д.т.н. А.И. Назаренко рассчитал место приземления в горах Южной Америки. Там, в Андах, и были найдены фрагменты...

В связи с комплектацией ВЦ ЦНИИ 45, следует остановиться на применении в РКО машин ЕС ЭВМ.

Всё более явно, но тайно обнаруживалось мнение военных и гражданских специалистов о том, что проект ЕС ЭВМ явился продуманной акцией «вероятного противника» по уводу развития вычислительной техники СССР с истинного пути в тупик. Игра в угоду алчности «выездных» ответственных чиновников. Навязывалось восхищение ОС *IBM*, как восьмым чудом света, хотя на советской электронной реализации, весьма отличной технологически от образца, полностью воссоздать (скопировать) все её режимы так и не удалось. Опытные программисты знают, и это закон: возможно использование только идеи, копирование чужой программы невозможно, задачу надо программировать заново, чтобы не завязнуть. Зато были задействованы огромные производственные мощности и время не только страны, но и всего «социалистического лагеря». Так как ничего более доступного не было, серия ЭВМ странной, трудно развиваемой архитектуры, конечно же, получила самое широкое распространение. Более того, испытания МВК «Эльбрус-1» предполагали сравнение производительности процессора «Эльбрус» с производительностью самого мощного представителя ЕС ЭВМ, выполненного на той же элементной базе. Предполагалось выяснить преимущества реализации в проекте «Эльбрус» средств аппаратной поддержки языка высокого уровня. Это, конечно же, и было продемонстрировано на испытаниях.

Здесь снова следует подтвердить мнение авторов: советский ряд ЭВМ должен был быть создан на основе простой и бесхитростной в исполнении, действительно универсальной одноадресной ЭВМ БЭСМ-6, воплотившей талант академика С.А. Лебедева, и её модификаций. К моменту появления идеи ЕС ЭВМ, БЭСМ-6 и её модификации уже хорошо показали себя как в военных, так и гражданских применениях. Её ОС включала возможности эффективной реализации всех режимов эксплуатации и мультипрограммирования. (Тогда был опубликован перевод перспективных теоретических исследований *IBM* – условный проект *STRETCH*, воплотивший обязательные черты архитектур будущего: например, мультипрограммирование, динамическое распределение памяти и проч. Авторы БЭСМ-6 более глубоко восприняли и воплотили тогдашние веяния и не ошиблись.) Были предусмотрены средства переменной комплектации (например, кэш «через») для ускоренных вычислений. Пакет прикладных программ включал развитые средства поддержки моделирования (например, систему *Simula*). Хотя все старания привели к эквивалентной реальной производительности порядка не более 700 тыс. оп/сек. (предполагался миллион) на использованной элементной базе. Это известно по результатам эксплуатации на ВЦ ЦНИИ 45.

Отметим, что уже в процессе завершения работ по «Эльбрусу-1», сотрудники и разработчики ПСО (полигон Капустин-Яр) категорически отказались модернизировать свои вычислительные средства в связи с большим парком наработанных программ для БЭСМ-6 и её специальной модификации АС-6. Пришлось в составе МВК «Эльбрус-1» предусмотреть два процессора (не эмулятора!) СВС (конструктор М.В. Тяпкин) архитектуры БЭСМ-6.

Вместе с тем, некоторая «военная» польза от кооперативной разработки ЕС ЭВМ была: в проекте «Эльбрус» использовались болгарские внешние устройства и венгерские мониторы. Под руководством А.С. Шаракшанэ разрабатывалась АСУ МТО (Материально-технического обеспечения) ПРО. Туда, в соответствии с не главной оперативной ролью этой системы, предлагался комплекс более дешёвых машин из этой серии с максимально развитой версией ОС для предполагаемого режима эксплуатации. Впоследствии АСУ МТО была создана на базе комплекса персональных (зарубежных) ЭВМ (ПВМ),

реализующего управление вычислительным процессом, ранее предложенное для комплекса машин ЕС ЭВМ.

#### VI. УЧАСТИЕ ЦНИИ 45 В РАЗРАБОТКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Институт косвенно (военно-научная организация не должна непосредственно заниматься разработками), но действительно и обосновано участвовал во многих разработках передовых вычислительных средств (в частности, многомашинных и многопроцессорных комплексов): формулировал требования к ним, на абстрактном уровне предлагал технические решения, разрабатывал методы испытаний и повышения надежности вычислительного процесса в реальном времени. Военно-научное сопровождение разработки новой вычислительной техники для применения в РКО формально стало одной из приоритетных задач института с начала 70-х гг. За время существования данного направления исследований в институте был выполнен большой объем работ по военно-научному сопровождению разработки, модернизации и доработки ряда ЭВМ и многопроцессорных вычислительных комплексов: М-10, М-13 (НИИВК), «Эльбрус-М14», «Эльбрус-1», «Эльбрус-2», «Эльбрус-КБ», «Эльбрус-3-1», «Эльбрус-3», «Эльбрус-90», «Эльбрус-91», МКП (ИТМ и ВТ). Сотрудники института активно участвовали в этих разработках, в частности, в разработке и доводке 5Э92б и БЭСМ-6 [7].

Научно-исследовательские и испытательные работы в области перспективных вычислительных средств для системы обороны непосредственно связаны с деятельностью 4 отдела ЦНИИ 45 под руководством доктора технических наук, профессора, лауреата Государственной премии полковника Виктора Максимовича Бахарева.

В.М. Бахарев скрупулёзно подбирал сотрудников-«помощников» (по его выражению), ответственных по направлениям, не стеснясь в отказе. В разное время яркие, результативные, талантливые учёные, в основном ещё молодые, гордились «попаданием» в его команду. Как правило, научный рост молодых сотрудников обеспечивался высоким авторитетом В.М. Бахарева, но главное – он был настоящим научным руководителем при решении актуальных задач отдела.

(Характерный диалог:

– Виктор Максимович, придумайте мне, пожалуйста, какую-нибудь задачу!

– Задачи не придумывают, задачи существуют!)

Среди замечательных людей, прошедших «обучение» под руководством В.М. Бахарева, следует выделить Юрия Сергеевича Шувалова (см. выше), добившегося уважения и поддержки самого А.С. Шаракшанэ! («А вы советовались с капитаном Шуваловым?!») – грозный оклик солидного офицера.) Ю.С. Шувалов по представлению А.С. Шаракшанэ и по праву занял должность начальника научного управления вычислительных средств и моделирования, включившего ВЦ в свой состав. После демобилизации В.М. Бахарева и последовавшей вскоре деградации 4 отдела, многие активные сотрудники нашли приют под крылышком Ю.С. Шувалова и его зама В.В. Пивоварова. Здесь концентрация исследований и испытаний с новой силой проявилась в рамках 49 отдела И.А. Пиргача.

Арнольд Янович Харкевич, к.т.н., как и Ю.С. Шувалов, по-видимому, основное время службы, несмотря на пертурбации разного рода, верно исполнял обязанности начальника ведущей лаборатории, ответственной за подготовку, обеспечение и проведение испытаний вычислительных средств. Он настолько болел душой за дело, что это порой вызывало мнительную обиду на недоверие у его подчинённых. Но это немедленно отвергалось всей сутью человеческой природы Арнольда Яновича: ведь он был инициатором и душой большинства туристических и спортивных мероприятий и отдела, и Института.

Игорь Михайлович Саввин – к.т.н., лауреат Государственной премии, действительный образец военного интеллигента, всем своим видом, речью, эрудицией и поведением излучавший порядочность. Не зря он, по принятым правилам военной науки и по поручению В.М. Бахарева, «сопровождал» разработки глубоко интеллигентного конструктора М.А. Карцева при демонстрации обоими взаимного дружеского расположения. Позднее И.М. Пенчуков пригласил Игоря Михайловича в свой 46-й Институт на должность начальника отдела, охватывающего тематику в области стандартизации – начиная от микропроцессоров и заканчивая искусственным интеллектом. Это к нему в отдел ушёл В.М. Бахарев после увольнения из армии. До того И.М. Саввин не только не порывал с 4 отделом ЦНИИ 45, но был инициатором многих совместных работ. После увольнения из армии И.М. Саввин возглавил отдел надёжности в НИИ ВК им. М.А. Карцева. В этом служении памяти Конструктора ЭВМ он и закончил жизнь.

Юрий Георгиевич Дадаев, согласно распределению ролей, проводившимся В.М. Бахаревым, «смолоду» был назначен на актуальнейшее в то время направление обеспечения надёжности

вычислительных средств – кодирование данных, способствующее выявлению и автоматическому исправлению (!) ошибок. Его результаты [8] обрели мировую известность. Одним из первых в ЦНИИ 45 он защитил докторскую диссертацию по данной тематике. Его талант и организаторские способности нашли применение в должности начальника отдела НИИ Проблем кибернетики АН СССР. Под руководством Главного конструктора В.А. Мельникова отдел Ю.Г. Дадаева исследовал возможности эффективного применения революционного проекта того времени – «Электроника ССБИС». Конкретной целью являлась векторизация популярных численных методов. Вхождение Ю.Г. Дадаева в Совет по комплексной проблеме «Кибернетика» АН СССР позволило ему, совместно с В.А. Мельниковым, осуществлять редактирование сборника «Вопросы кибернетики», посposпособствовавшего становлению многих молодых учёных и поддержке смелых проектов. Так, этот сборник обеспечил известность и обсуждение проекта потоковой (*data flow*) ВС, разрабатывавшегося в 49 отделе ЦНИИ 45.

Одной из первых НИР, выполняемых в ЦНИИ 45, в основном – в рамках 4 отдела, в начале 1960-х, стало экспериментальное программирование управляющих программ разрабатываемой системы ПРО на разрабатываемую же ЭВМ 5Э92. Макет ЭВМ был уже почти разработан в ИТМ и ВТ под руководством В.А. Мельникова – ученика академика С.А. Лебедева, и поражал малыми для того времени размерами. В составе конструкторского коллектива были М.В. Тяпкин, В.Н. Лаут, А.Н. Томилин, Л.Н. Королёв. Предполагалось, согласно ТЗ, что производительность машины составляет 1 млн оп/сек. Но в результате экспериментального программирования выяснилась необходимость достижения в боевом цикле (даже исключая весьма трудоёмкую задачу целераспределения) производительности не менее 2 млн. оп/сек. Это уже тогда, с учётом возможностей элементной базы, доказало необходимость построения управляющих многопроцессорных вычислительных систем (ВС).

Поэтому, как говорилось выше, В.С. Бурцев и приступил к разработке двухпроцессорной системы 5Э92б, состоящей из большого процессора М-500 и малого М-100. Разработки велись на той же полупроводниковой базе. Предполагалось, что двухадресные команды М-500 обеспечат более высокую производительность, чем 5Э92. М100 при той же архитектуре обеспечивала резервирование, аппаратный контроль и весьма развитый обмен по направлениям и объектам в режиме мультипрограммирования. Эти достоинства системы 5Э92б определили её, обоснованный В.М. Бахаревым, выбор военными в качестве управляющей системы ПРО. 5Э92б была выполнена с фиксированной запятой. Вскоре была разработана модификация 5Э51 с плавающей запятой, для которой под руководством В.В. Пивоварова был сделан транслятор с Алгола. Здесь уместно сделать важное замечание насчёт адресности ЭВМ.

Дело в том, что сущим бичом конструктора ЭВМ всегда было и остаётся существенное рассогласование технологических возможностей построения быстродействующих операционных устройств компьютера и соответствующих устройств памяти. Так, в МВК «Эльбрус-2» при длительности одного такта выполнения арифметической операции, одно бесконфликтное обращение к оперативной памяти производится за 50 тактов! Конструктивно это привело не только к активному использованию сверхоперативной кэш-памяти, но и к стремлению организации вычислений на стеке, реализующем бесскобочную запись алгоритма. При этом автоматически минимизируется количество обращений к памяти. Одноадресные машины, к которым относится 5Э92, впоследствии ставшая БЭСМ-6, с развитыми возможностями как раз и позволяют транслятору или опытному программисту максимально реализовать технологию вычислений на стеке, минимизировав количество считываний и записи.

«Интеллектуальная» машина 5Э92 обрела широкое признание при решении научных и производственных задач и получила название БЭСМ-6, на деле продолжив ряд замечательных машин С.А. Лебедева. Эта машина также была установлена в ВЦ ЦНИИ 45, заменив устаревшую к тому времени 5Э92б (хотя и разработанную одновременно). Разработке ряда МВК «Эльбрус» предшествовали научные исследования и обоснования, в которых сотрудники 4 отдела ЦНИИ 45 принимали непосредственное и самое действенное участие.

Сама идея многопроцессорных ВС на общей оперативной (разделяемой) памяти была предложена С. Креем и реализована в системе CDC-6600. Сообщением о том информация и ограничивалась. Эффективность применения принципа многопроцессорности в интересах ПРО, с учётом эксклюзивности и приоритета, должна была рассматриваться впервые и «с нуля». Здесь В.М. Бахарев стал теоретиком, В.С. Бурцев – главным конструктором, а Г.С. Марченко, начальник отдела вычислительных средств ПРО в 4 ГУ МО СССР, обеспечил признание проекта и его выполнение. Эти три человека «подарили» стране разработку, на долгое время покрывшую требования к вычислительным средствам систем обороны.

В основе идеи В.М. Бахарева лежало утверждение, что применение нескольких процессоров способно сгладить пиковую нагрузку на отдельный процессор и тем самым снизить требования к производительности всей системы. Другим важным качеством МВК является самоконтроль и

обеспечение скользящего резервирования. Это служит существенному повышению надёжности функционирования МВК в составе системы обороны.

Для подтверждения и закрепления успеха В.М. Бахарев сформулировал и поставил задачу своему подчинённому А.Б. Барскому по более глубокому проведению теоретических исследований и моделированию управляющих задач боевого цикла ПРО, выполняемых на многопроцессорной ВС. Так появились методы точного решения задач параллельного программирования, как класса задач исследования операций, а также «быстрые», достаточно точные диспетчеры [9]. Это легло в основу докторской диссертации А.Б. Барского, поддержанной В.М. Бахаревым.

Далее исследования были продолжены для выдачи предложений по поддержке эффективной архитектуры многопроцессорных ВС при реализации многоканального обслуживания больших массивов данных об управляемых объектах по принципу «одна программа – много потоков данных». Этот принцип известен как *SPMD*-технология, *Simple Program – Multiple Data*.

Параллельно с МВК «Эльбрус-2» в ИТМ и ВТ им. С.А. Лебедева шли разработки модульного векторно-конвейерного процессора МКП конструктора А.А. Соколова. Специализированный процессор должен был входить в состав МВК «Эльбрус» и предназначался для первичной обработки радиолокационной и сигнальной информации. Умножение выполнялось на 16 уровнях конвейера, деление – на 32 уровнях. Одновременно выполнялось до 4 потоков команд. Разработку сопровождал ЦНИИ 45, но она не была закончена, о чём впоследствии весьма сожалел В.С. Бурцев.

Стратегическая оборонная инициатива (СОИ) президента США Р. Рейгана стала мощным водоразделом в развитии вычислительной техники России. В.М. Бахарев посчитал, что для успешного противостояния, стационарные вычислительные установки должны обладать производительностью 1012 оп/сек., а бортовые средства – 109 оп/сек.

«Мы пойдём другим путём!» – провозгласил (спустя столетие) последний генсек М.С. Горбачёв, и выдвинул лозунг (опираясь на мифическую «подмосковную инициативу») о создании «10-миллиардной» вычислительной системы. Лозунг о том, вывешенный в фойе, торжественно встречал посетителей ИТМ и ВТ, возглавляемом в то время В.С. Бурцевым.

Проект, названный МВК «Эльбрус-3», реализовался главным конструктором чл.-корреспондентом Б.А. Бабаяном, одним из немногих, получившим в то время звание «заслуженный конструктор». В основу проекта был положен процессор *VLIW*-архитектуры (*Very Long Instructing World*, «длинное командное слово»). Каждая его команда содержала инструкции на начало выполнения в данном такте 7 конвейерным исполнительным устройствам разной специализации. МВК должен был содержать 16 таких процессоров. При длительности такта 10 нс, *пиковая* производительность одного процессора составляла 700 млн оп/сек., а всей установки – аж 11,2 млрд оп/сек.! Таким образом, «на бумаге» вновь Советский Союз «догнал и перегнал» (да ещё как!).

Однако реально... «Ну давайте считать, что два-то ИУ (одного процессора) в каждом такте загрузить можно!» – просил Б.А. Бабаян, докладывая о проекте на НТС ответственного отдела И.А. Пиргача ЦНИИ 45. «Это надо смотреть по задачам» – был дан справедливый ответ.

Действительно, трудно выдумать заведомо бессмысленный тест, загружающий все 7 специализированных конвейерных ИУ в каждом такте на протяжении достаточно длинной программы. Ведь каждый «живой» математический алгоритм представляет собой параллельно-последовательную связную структуру, выполнение которой не может, словно горох, быть распределено поровну между параллельными процессорами, да ещё разной специализации. С точки зрения программиста, программа «Эльбруса-3» выглядела весьма «дырявой», не только плотно не загружающей все ИУ в каждом такте, но обильно содержащей т.н. *NOP*'ы – *no operation*, т.е. пропуски незагруженных тактов из-за связности данных, формируемых на конвейерах.

С тех пор и стало актуальным отличие реальной производительности, показываемой на контрольных задачах пользователя или испытателя, от рекламной пиковой производительности ВС странной архитектуры, служащей успешному маркетингу и прочему очковтирательству.

Чтобы скрыть неприглядный вид программы МВК «Эльбрус-3» и последующих моделей «Эльбрус» на основе *VLIW*-архитектуры, а также чтобы сократить объём памяти, занимаемой «дырявой» программой, практикуется плотная упаковка и кодирование программных слов при трансляции. Преобразование «упакованной» программы в длинные командные слова – декодирование – производится при выполнении. В связи с этим, сегодня используется понятие *EPIC*-архитектуры (*Explicitly Parallel Instruction Computing* – система команд с явным параллелизмом) – архитектуры, «управляемой в каждом

такте машины». Динамическая аппаратная распаковка длинных командных слов перед их выполнением требует существенных предварительных усилий конвейера обработки команд процессора.

МВК «Эльбрус-3» был выполнен (заводских испытаний не было в связи с «перестройкой») по микроэлектронной технологии, реализующей плотность 300000 вентилях на кристалл. В это же время первый процессор *Pentium* реализовал 3100000 вентилях на кристалл. Использование в последующем в ряде микропроцессоров «Эльбрус» даже не очень передовых зарубежных технологий обусловило технологический «санкционный» провал российской вычислительной техники сегодня.

Возможный путь выхода из кризиса заключается в реализации RISC-архитектуры (архитектуры с ограниченным количеством команд) микропроцессора на базе архитектуры БЭСМ-6 при возрождении последних советских технологических достижений. Это вряд ли возможно. Следует воспользоваться мнением академика В.С. Бурцева о том, что погоня за микроминиатюризацией, т.е. за сверхмалыми габаритами даже встраиваемых и бортовых вычислительных средств, сама по себе не является обязательной. Известны зарубежные модели многокристалльных микропроцессоров. Комплектация чипов в соответствии с требованиями стандартизации и унификации во многом нивелирует размеры отдельных микропроцессоров и других элементов в их составе.

Основная линия разработок в области управляющих вычислительных средств ПРО, сопровождаемая научными исследованиями, выполняемыми в ЦНИИ 45, несомненно определялась и определяется ныне многопроцессорными вычислительными комплексами «Эльбрус». Хотя сейчас упор делается на микропроцессорные вычислительные системы. «Эль-90 микро» открыл ряд микропроцессоров, выполненных на микроэлектронных технологиях.

Одновременно в НИИ ВК, руководимом М.А. Карцевым (сегодня НИИВК им. М.А. Карцева), велись разработки ряда ЭВМ М-9 – М-14. В основе базовой архитектуры была частично использована идея векторной обработки «один поток команд – много потоков данных». Михаил Александрович Карцев, не желая участвовать в межконструкторских схватках за лидерство в разработке универсальных вычислительных средств, утверждал, что он делает универсальный спецпроцессор для обработки радиолокационной информации.

Действительно, для оптимизации обработки сигнальной информации, при в целом стандартной системе команд, поддерживалась возможность одновременного выполнения одной операции над 64-разрядными словами при их делении на два полслова, 4 четверти слова, 8 «восьмушек» слова. Архитектура М.А. Карцева была тщательно исследована, обоснована и применена замечательными системными программистами Е.В. Гливенко, Б.А. Головкиным, В.Г. Макеевым. Это послужило утверждению того факта, что именно программирование задач определяет оптимальную архитектуру, а не наоборот.

Полностью векторная архитектура для сопроцессора (интеллектуального терминала), как спецпроцессора, выполняющего векторные операции в составе программы, выполняемой на «главной» ЭВМ, была реализована в ВС ПС-2000 и ПС-2100, разработанных в ИПУ АН СССР (конструкторы И.В. Прангишвили, С.Я. Виленкин, И.Л. Медведев и др.). Спецпроцессор, содержащий 64 микропроцессора, выполняющих общую команду по разным данным (распределяемый вектор), обеспечивал пиковую производительность в 200 млн оп/сек, что в конце 70-х годов явилось триумфом. При этом микропроцессор иностранного производства в основе установки обеспечивал 3 млн. оп/сек. Система команд микропроцессора могла микропрограммно развиваться пользователем для специального использования.

В.В. Игнатушенко из того же ИПУ пошёл по пути универсализации и структуризации, предложив и разработав (Предприятие «Импульс», Северодонецк) экспериментальные, пока усечённые, образцы многопроцессорных ВС на общем решающем поле – ПС-3000 и ПС-3100. Промышленное производство также базировалось на микропроцессорах. Предлагаемое структурирование обеспечивало в будущем, кроме эффективного программирования, возможность применения микропроцессоров, выполненных на существенно отсталой отечественной микроэлектронной технологии. (Лозунг ИПУ: «Хорошие машины на плохой элементной базе!»).

ЦНИИ 45 непосредственно не вёл исследований, связанных с применением ПС-2000 и ПС-3000 в ПРО. Однако «военная» направленность разработок ИПУ АН СССР была очевидной, а научные связи, консультации и активное участие в научных мероприятиях ИПУ были продуктивными.

Следует упомянуть вычислительную систему 5Э73, разрабатываемую в г. Зеленоград, которую также творчески и критически сопровождал ЦНИИ 45. В основе операций лежала СОК – система в остаточных классах, доведённая до возможной практической реализации И.Я. Акушским и Д.И. Юдицим. Разработка не была закончена, так как институт Министерства электронной промышленности, где шла

эта разработка, должен был заниматься отстающей элементной базой, а не архитектурами вычислительных средств. Кроме того, была признана неэффективность СОК при выполнении основного числа арифметических и логических операций, согласно смесям Гибсона. Следует лишь отметить, что в 5Э73 впервые в стране использовалось длинное командное слово для трёх параллельно работающих исполнительных устройств.

Известно, что в СОК ранее была разработана ВС 5Э71, но достоверная информация о её военном применении отсутствует. Можно предположить, что на ней была эффективно использована *SPMD*-технология.

Говоря об отставании элементной базы, следует упомянуть, что в стране известны первые эксперименты по выращиванию кристаллов арсенида галлия на борту космического корабля в условиях невесомости. Однако столь дорогие проекты сегодня экономически недоступны.

В конце 70-х, начале 80-х годов обрёл всемирную актуальность так называемый «японский вызов», касающийся предложений по созданию вычислительных средств сверхвысокой производительности. Предлагалось в одной установке объединять десятки и сотни тысяч микропроцессоров по «поточковой» архитектуре *data flow*. Второе предложение касалось необходимости активного использования быстродействующих нейросетевых технологий для решения задач высокой сложности вместо трудоёмких «вычислительных» методов. Оба направления стали бурно развиваться в стране и, тем более, определили планы направления исследований ЦНИИ 45.

Главной «изюминкой» технологии *data flow* является то, что в команде программы вместо адресов операндов первоначально фигурируют пустые места. В динамике правильного выполнения программы эти места заполняются, и команде, в текст которой поступили все операнды, присваивается статус готовой к выполнению. Множество процессоров-вычислителей выполняют «готовые» команды, реализуя параллельный процесс в соответствии с их количеством и параллельными свойствами алгоритма.

Однако столь простая идея столкнулась с трудностями её схемотехнической реализации, обнажившей издержки скрытой диспетчеризации и, главное – весьма сложной и «медленной» системы взаимного обмена данными.

А.Б. Барский предложил компромиссное решение: исходная программа в традиционной трёхадресной форме (адресация не столь существенна), интерпретировалась не как программа окончательного выполнения алгоритма, а как программа коммутации устройств решающего поля (в терминологии В.В. Игнатушенко) для выполнения заданного алгоритма. Используя язык *Simula-67*, В.В. Шилов провёл моделирование на БЭСМ-6, установленной в ВЦ ЦНИИ 45, и определил параметры эффективности распараллеливания ряда задач, а также принципы трансляции на ВС потоковой архитектуры. А.Н. Русаков, Б.И. Хвоин и другие члены сформировавшейся группы предложили оригинальные схемотехнические решения. Проект, разработанный в 49 отделе И.А. Пиргача, был активно поддержан В.В. Пивоваровым. Доктор технических наук, профессор Ю.Г. Дадаев обеспечил, как говорилось выше, обсуждение и печать научно-технических предложений группы в редактируемых им, совместно с В.А. Мельниковым, сборниках «Вопросы кибернетики» Научного Совета по комплексной проблеме «Кибернетика» АН СССР [10-14]. Однако на той стадии опытной реализации, где потребовалось финансирование, работы были прекращены.

В новое время, когда ЦНИИ 45 выродился в НИИЦ (г. Москва) ЦНИИ ВКС МО РФ, А.Б. Барским совместно с Д.И. Мельником была предпринята попытка реанимировать проект *data flow* в виде макета на ВК «Сивуч-1», разработанном И.А. Пиргачом, В.М. Григоренко, Н.А. Шаменковым. ВК объединяет 36 микропроцессоров «Эльбрус» по сетевой технологии Ethernet. Проект был выполнен и опубликован. Непреодолимым препятствием на пути внедрения на этот раз оказалось отсутствие молодых кадров.

Предложение об использовании нейросетевых технологий также было немедленно подхвачено в стенах ЦНИИ 45. П.А. Бондарев приступил к созданию генетических алгоритмов обработки радиолокационной информации.

Тогда же, по инициативе 46 Института МО РФ, в рамках одной из комплексных тем НИР, при МИРЭА была организована группа изучения текущего состояния вопроса о принципах и применении искусственных нейронных сетей. Преподавателями были ведущие специалисты в этой области. В процессе обучения обнаружился тревожный факт: тот, ставший классическим, уровень представления о нейронных сетях, не мог быть применён к алгоритмам управления средствами ПРО в боевом цикле реального времени.

А.Б. Барский разработал теорию логической нейронной сети, реализующей модель ассоциативных вычислений и в большей степени адекватной процессам мышления мозга. На основе такой сети удалось

построить ассоциативные, адаптивные, быстродействующие алгоритмы управления боевым циклом ПРО [15] и решить другие задачи: управление качеством и надёжностью интеллектуальной системы обороны, повышение её кибербезопасности, компьютерное зрение, обобщение и аппроксимация результатов испытаний и др. Предложения «кричат и просят» экспериментирования, моделирования, вопреки разрушительной сути «реформы науки и образования», напроць перекрывшей приток молодых исследователей.

Одновременно возникла проблема построения спецпроцессора-нейрокомпьютера. Под управлением Ю.И. Борисова («Модуль») в ЦНИИ 45 была организована группа под научным руководством А.Б. Барского, задачей которой был выбор, с рассмотрением и зарубежных образцов, того микропроцессора, который может быть положен в основу нейрокомпьютера для задач обороны. В результате моделирования предполагаемой загрузки оказалось, что в качестве нейрокомпьютера целесообразно взять микропроцессор «Эль-90 микро» – первый микропроцессор, открывший ряд микропроцессоров «Эльбрус» и ВС на их базе. В дальнейшем было подтверждено, что архитектура «длинное командное слово» в усечённом виде весьма эффективна при реализации спецпроцессора-нейрокомпьютера.

Переход на высокопроизводительные микропроцессорные системы в 1990-е годы также произошел по инициативе ЦНИИ 45. В начале 1995 г. в адрес Комитета по военно-технической политике было направлено письмо за подписью начальника института Г.С. Батыря с предложением о прекращении разработки МВК «Эльбрус-3» на старой элементной базе и переориентации использования выделяемых средств на постановку работы по созданию отечественных рабочих станций на основе микропроцессоров. Были разработаны и утверждены технические задания на новые микропроцессорные вычислительные комплексы «Эльбрус-90 микро» и «Эльбрус-3М».

В заключение отметим роль Всеволода Сергеевича Бурцева в развитии отечественной вычислительной техники в соответствии с тематикой ЦНИИ 45. В.С. Бурцеву довелось создать практически весь ряд вычислительных средств, систем и комплексов, лежащих в основе ПРО, ПКО, СПРН и ККП, представляющих основу тематики ЦНИИ 45, включая малую машину 5Э26 – управляющий элемент ряда мобильных средств ближнего перехвата. Академик В.С. Бурцев предупреждал об излишнем увлечении зарубежными микроэлектронными технологиями в интересах кибербезопасности.

После «директорства» в ИТМ и ВТ он возглавил Вычислительный центр коллективного пользования (ВЦКП АН СССР), ставший затем Институтом высокопроизводительных вычислительных систем (ИВВС РАН), в кооперации с более чем 30 организациями, пытающимися заложить основы оптической «световой» элементной базы. На этой элементной базе В.С. Бурцев намеревался воспроизвести высокопараллельную структуру *Connection Machine*. Однако последний несостоявшийся его проект базировался на технологии *data flow*. К сожалению, создать практически приемлемую систему логических элементов по «световой» технологии, для революционного броска в области сверхвысокой производительности вычислительных средств, не удалось.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Norris R.S., Kristensen H.M. Global nuclear stockpiles, 1945-2006 // Bulletin of the Atomic Scientists. 2006. Vol. 62. № 4. Pp. 64-66.
2. Гаврилин Е.В. Эпоха «классической» ракетно-космической обороны. М.: ЗАО «РИЦ «Техносфера», 2008. 168 с.
3. Сорок пять – сорок пятому. Автор-составитель Ю.Н. Третьяков. М.: Знание, 2005. 784 с.
4. Пенчуков И.М. Становление военной науки РКО // в сб.: Рубежи обороны – в космосе и на земле. Автор-составитель Н.Г. Завалий. М.: Вече, 2003. С. 342-352.
5. Шаракшанэ А.С. Военная наука в испытаниях вооружения войск ракетно-космической обороны // в сб.: Рубежи обороны – в космосе и на земле. Автор-составитель Н.Г. Завалий. М.: Вече, 2003. С. 359-366.
6. История информационных технологий в СССР. Знаменитые проекты: компьютеры, связь, микроэлектроника. Под общей редакцией Ю.В. Ревича. М.: Книма (ИП Бреге Е.В.), 2016. 416 с.
7. Барский А.Б. История российских суперкомпьютеров специального назначения: свидетельства и размышления // Информационные технологии. 2012. № 9. Приложение. 32 с.
8. Дадаев Ю.Г. Арифметические коды, исправляющие ошибки. М.: Советское радио, 1969. 168 с.
9. Барский А.Б. Планирование параллельных вычислительных процессов. М.: Машиностроение, 1980. 191 с.
10. Барский А.Б. Поточковая обработка информации в ВС на асинхронном решающем поле // Вопросы кибернетики. Вып. 97. Проблемы организации высокопроизводительных ЭВМ. М.: АН СССР, 1984. С. 119-141.

11. Барский А.Б. Структура и архитектура потоковой вычислительной системы // Вопросы кибернетики. Вып. 117. Эффективное использование высокопроизводительных ЭВМ. М.: АН СССР, 1985. С. 136-151.
12. Русаков А.Н., Хвоин Б.И., Шилов В.В. Организация сбалансированной работы потоковой вычислительной системы // Там же. С. 152-158.
13. Барский А.Б., Русаков А.Н., Хвоин Б.И. Возможности достижения высокой скорости коммутации и внутрисистемного обмена в вычислительной системе, управляемой потоком данных // Вопросы кибернетики. Вып. 128. Разработка и использование суперЭВМ. М.: АН СССР, 1987. С. 130-145.
14. Шилов В.В. Имитационная модель потоковой вычислительной системы // Там же. С. 145-162.
15. Барский А.Б. Нейросетевые технологии интеллектуальной обороны. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2022. 174 с.

## ГЕРМАН ХОЛЛЕРИТ И РОССИЯ

Антон Ильич Басов

*Независимый исследователь, Москва, Российская Федерация, aibasov@outlook.com*

**Аннотация** – Во время первой всеобщей переписи населения Российской империи 1897 года широко использовалась система обработки информации, разработанная американским инженером Германом Холлеритом. Настоящая работа посвящена истории проникновения системы Холлерита в Россию, ее применения в разных отраслях (переписи населения, железнодорожная статистика). Исследование проведено на материалах отечественной и зарубежной прессы, воспоминаниях современников и работах по истории вычислительной техники.

**Ключевые слова** – Герман Холлерит, перепись населения, всеобщая перепись населения 1897 года, перфокарты.

### I. ВВЕДЕНИЕ

В конце XIX века американский инженер Герман Холлерит (*Herman Hollerith*, 1860-1929) изобрел и запатентовал ряд устройств для обработки больших объемов информации с помощью перфокарт. Созданное им оборудование было впервые широко использовано при проведении переписи населения США в 1890 году. Это позволило многократно ускорить обработку информации и уменьшило ее стоимость.

После успешного проведения американской переписи оборудованием Холлерита заинтересовались другие страны – Австро-Венгрия, Канада, Норвегия, Италия, Германия. В это же время в Российской империи возникла потребность провести первую в истории всеобщую перепись населения. В силу географических, финансовых и иных ограничений перепись невозможно было провести вручную. Необходимо было применение нового способа обработки данных. Система Холлерита, зарекомендовавшая себя в других странах, подходила для решения этой задачи [1].

В работе рассматривается история использования оборудования Холлерита в России между 1890 и 1917 годами. Этот период охватывает публикацию первых сведений о системе Холлерита в Российской империи и личное участие Г. Холлерита в организации переписи 1897 года.

### II. ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ПЕРЕПИСИ НАСЕЛЕНИЯ 1897 ГОДА

5 июня 1895 года император Николай II утвердил «Положение о первой всеобщей переписи населения Российской империи». Мысль о необходимости проведения переписи высказывалась с 1874 года. Одним из основных органов проведения переписи стал Центральный статистический комитет (ЦСК) Министерства внутренних дел. Директором ЦСК в то время был Николай Александрович Тройницкий (1842-1913). На него была возложена задача организации технической стороны будущей переписи [2].

К 1895 году Тройницкий был хорошо знаком с устройством системы Холлерита, изучив ее применение для обработки результатов переписи населения Австро-Венгерской империи 1891 года. Первая информация о системе Холлерита и ее применении к переписи на русском языке появилась в 1894 году. В периодическом издании «Временник Центрального статистического комитета Министерства внутренних дел» вышла статья «О применении электричества к подсчету статистических данных» [3], автором которой был Вильгельм Струве<sup>1</sup>, в то время старший редактор ЦСК.

В предисловии Струве указывает, что «[в] недалеком будущем можно ожидать осуществления давно ожидаемой всеобщей переписи населения Российской империи». Публикация статьи, таким образом, прямо указывает на появившееся уже в 1894 году намерение ЦСК использовать для будущей переписи систему Холлерита. В статье Струве подробно излагает принцип работы всех частей системы – перфораторов, «сортировального ящика» и табулятора (рис. 1, 2). Также он описывает процесс обработки данных и указывает на три преимущества применения системы Холлерита, которые «закключаются в *быстроте и точности* с которой она работает и в *возможности получения*

<sup>1</sup> Струве, Вильгельм Оттович (1844-1913). По всей видимости, сын астронома О.В. Струве (1819-1905) и внук первого директора Пулковской обсерватории В.Я. Струве (1793-1864). Изучал математику в Дерптском университете (1862-1866). С 1867 года сотрудник ЦСК. Действительный статский советник с 1888 года [4].

*многообразных и самых сложных комбинаций»* (курсив мой – А. Б.). Здесь же Струве предупреждает, что «до приступления к сводке [должен быть] всесторонне выработан весь план разработки». Далее мы увидим, что несоблюдение этого условия привело к многочисленным проблемам и сильно затянет ход обработки результатов переписи.

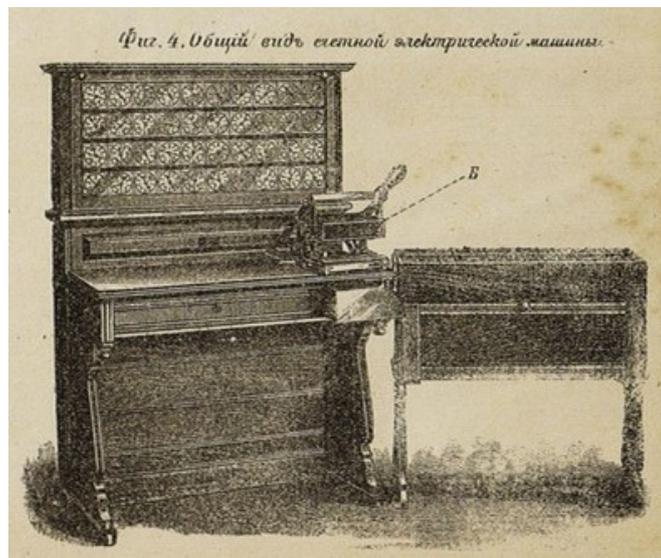


Рис. 1. Общий вид табулятора Холлерита и сортировального ящика [3]

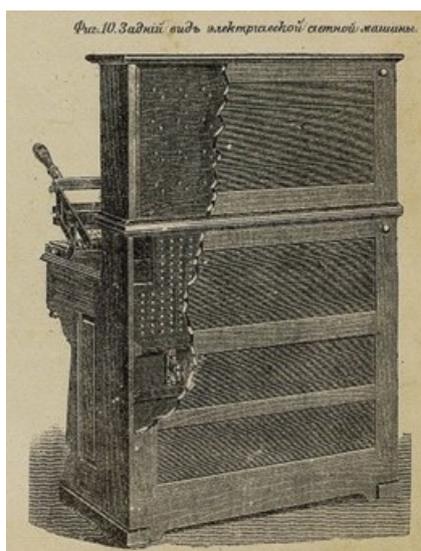


Рис. 2. Табулятор Холлерита, вид сзади [3]

В августе 1895 года в Берне проходила очередная сессия Международного статистического института. Россию на ней представлял Тройницкий. Туда же был приглашен Герман Холлерит, который прибыл в Берн в день открытия сессии, 26 августа 1895 года. К тому моменту он уже знал об интересе Тройницкого к применению его машин для российской переписи. В интервью газете *New York Sun* в марте 1894 года Холлерит заявил: «До сих пор у меня нет никакой достоверной информации из России, но я надеюсь на успех. Главная задача – убедить их провести перепись».

Во время сессии института Тройницкий и Холлерит несколько раз встречались, чтобы обсудить условия использования системы Холлерита для российской переписи. Во время первой же встречи Холлерит узнал, что Тройницкий вел переговоры с австрийцами о покупке машин у них. Из-за вмешательства властей Холлерит не смог получить австрийский патент, благодаря чему австрийцы могли изготовить машины и отправить их в Россию, где у Холлерита также не было патента. Это лишило бы его любых доходов от проведения российской переписи. В письме жене он писал, что не допустит, чтобы австрийцы изготавливали машины, даже если не получит от этого никакой выгоды: «Если я узнаю, какую цену предлагают австрийцы, я обязательно предложу более низкую».

Во время второй встречи Тройницкий предложил приобрести часть машин у Холлерита, а часть – у австрийцев, на что Холлерит ответил отказом. По итогам переговоров Тройницкий не дал окончательного ответа, но пообещал, что свяжется с Холлеритом в октябре. Жене Холлерит писал, что уверен в заказе от правительства России [5].

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДОГОВОРА

В описании дальнейших событий источники расходятся. В наиболее авторитетной биографии Холлерита указано, что после окончания сессии он отправился в Лондон, а оттуда отплыл домой 14 сентября. Далее указано, что он был срочно вызван в Россию и вернулся оттуда 2 октября [5]. Так как путь из Нью-Йорка до Санкт-Петербурга в то время занимал не меньше недели, представляется крайне маловероятным, чтобы Холлерит успел вернуться из Лондона в Нью-Йорк после 14 сентября, а затем совершил путешествие в Россию и обратно, вернувшись 2 октября. Более вероятной кажется версия из краткой биографии Холлерита, написанной его дочерью. Там сообщается, что он побывал в России «в конце 1895 года» (late in 1895) [6].

10 ноября 1895 года в журнале «Вестник опытной физики и элементарной математики» выходит статья «Электрическая машина Голлерита для подсчета статистических данных» [7]. Она представляет собой краткий пересказ вышедшей за год до того статьи Струве. Автор статьи известен только по инициалам В. Г.; указано также, что он из Одессы.

В 1896 году из печати выходит книга экономиста и статистика Леонида Ходского<sup>2</sup> «Основания теории и техники статистики» [8], где он описывает работу системы Холлерита. Ссылки на статью Струве в книге нет, но одинаковая терминология (пробойник-пантограф, переменный пробойник, сортировальный ящик) позволяет предположить, что раздел о системе Холлерита заимствован именно у Струве.

25 ноября 1896 года Холлерит отправился из Нью-Йорка в Санкт-Петербург, куда прибыл 7 декабря. 15 декабря Холлерит и Тройницкий подписали договор. Согласно договору, Холлерит продавал (а не сдавал в аренду, как было принято) российскому правительству 35 «новых» табуляторов (каждый с 80 счетчиками, 30 реле и двумя сортировальными ящиками). Детали табуляторов должны были быть изготовлены в США, а сборка осуществлялась в Санкт-Петербурге. Каждый табулятор был оценен в 1700 долларов США [5] (около 3400 рублей [9]).

Интересно отметить, что именно благодаря отсутствию российской привилегии и согласию Холлерита продать машины, а не сдать их в аренду, в России сохранился полный комплект оборудования (перфоратор-пантограф, табулятор и сортировальный ящик) (рис. 3, 4). В настоящий момент табулятор хранится в Политехническом музее в Москве.



Рис. 3. Табулятор Холлерита (Политехнический музей) [35]

<sup>2</sup>Ходский, Леонид Владимирович (1854-1919). Выпускник юридического факультета Санкт-Петербургского университета (1879). С 1881 года преподаватель Санкт-Петербургского коммерческого училища, с 1885 года доцент политической экономии и статистики в Санкт-Петербургском Лесном институте. В 1890-х годах председатель III Отделения Вольного экономического общества. С 1900 по 1905 год издавал ежемесячный журнал «Народное хозяйство». В 1904-1910 годах был гласным Петербургской городской думы [13].

Кроме того, Холлерит согласился сдать в безвозмездную аренду 35 «старых» табуляторов, использовавшихся для переписи США 1890 года (каждый с 40 счетчиками, 30 реле и одним сортировальным ящиком), при условии, что правительство России возьмет на себя транспортные и таможенные расходы. Правительство могло использовать эти табуляторы до 3 апреля 1900 года – Холлерит рассчитывал, что они будут использоваться для обработки следующей американской переписи в 1900 году [5].



Рис. 4. Сортировальный ящик (Политехнический музей) [35]

Помимо табуляторов, Холлерит должен был поставить 500 перфораторов. Здесь данные источников вновь расходятся. Биограф Холлерита указывает, что это должны были быть клавишные перфораторы (*keyboard punches*) [5]. Однако клавишный перфоратор был запатентован Холлеритом только в 1901 году [10]. Все известные публикации указывают, что по крайней мере до американской переписи 1900 года употреблялся только перфоратор-пантограф. В то же время уже в своем выступлении на сессии Международного статистического института в 1895 году Холлерит указывает на необходимость создания клавишного перфоратора [11], поэтому нельзя исключить, что такой перфоратор был создан уже к 1896 году.

Общая стоимость договора между Холлеритом и правительством России составила 67 571,3 доллара (около 135 000 рублей [9]). К 13 января 1897 года Холлерит вернулся в США, предварительно сообщив о заключении договора [5]. Это сообщение в конце 1896 – начале 1897 года было опубликовано в ряде американских газет [12]. Также в России была снята широко известная фотография Холлерита (рис. 4).



Рис. 4. Г. Холлерит в России, 1897 г. [34]

VI. ПРОВЕДЕНИЕ ПЕРЕПИСИ. ПРОЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ХОЛЛЕРИТА К ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ РАБОТЕ

Всеобщая перепись Российской империи была назначена на 28 января 1897 года (ст. с.). Холлерит снова приехал в Санкт-Петербург в августе 1897 года [5], чтобы принять участие в очередной сессии Международного статистического института 30 августа – 6 сентября [14]. Тогда же началась обработка переписных листов. ЦСК задействовал 2200 [5] (по другим сведениям, 2600 [2]) человек для переноса данных на перфокарты (рис. 5) и их обработки. Работа проводилась разными отделами в четыре этапа: разметка переписных листов шифрами в соответствии с полями перфокарты, проверка, перфорация и, наконец, табулирование и сортировка.

● I Ж X ●	Ms ms	● ин	● Сл X Сн Гн Nm	A B C 0 a b c 0 0
0 0 Д в	0 0 0	● кр ● мР 0	Ум	D E F ● d e f 1 1
1 1 р III #	1 1 1	Св ев бР П 1	СХ	G ● I 2 g h i 2 2
2 ● Дз ●	2 ● 2	Аг мг Н фр 2	сск	K L M 3 k l m 3 3
● II Э дв Кз	3 V 3	● Ак бл Ан Ит 3	НС	N O P 4 n o p 4 0
4 4 Дх V И	● 4 4	Рк нх Гр Ар 4	сно	Q R S 5 q r s 5 1
5 5 Пг Ф	5 5 5	Л * Э Лш 5	Рп	T U V 6 t u v 6 XII
6 6 К Ин	6 6 6	РФ Т Крг 0 6	срп	W X Y 7 w x y 7 3
7 7 М др	7 7 7	Бп ● гд 1 7	а	Z A' ● 8 z a' 0 8 4
8 8 10 ≤	8 8 8	Мн нгр ● 2 8	В'	x 1 9 v' + 1 9 5
9 9 11 -	9 9 9	дх Чх 3 9	в	бр ● 2р 4р 6р 1р 0 6 7
10 ? -	В Сп Ср V Вн пр	Уч Оу од	г д е	XI 5 6 11 21 ∞ 8 9

Рис. 5. Перфокарта российской переписи населения 1897 года [34]

В 1898 году вышли сразу четыре публикации, посвященные системе Холлерита. В № 41 журнала «Нива» [15] была помещена короткая заметка о ходе обработки результатов переписи, в которой описывалось действие табулятора. Заметка была проиллюстрирована гравюрой, изображающей, по-видимому, работу на табуляторе в ЦСК (рис. 6).

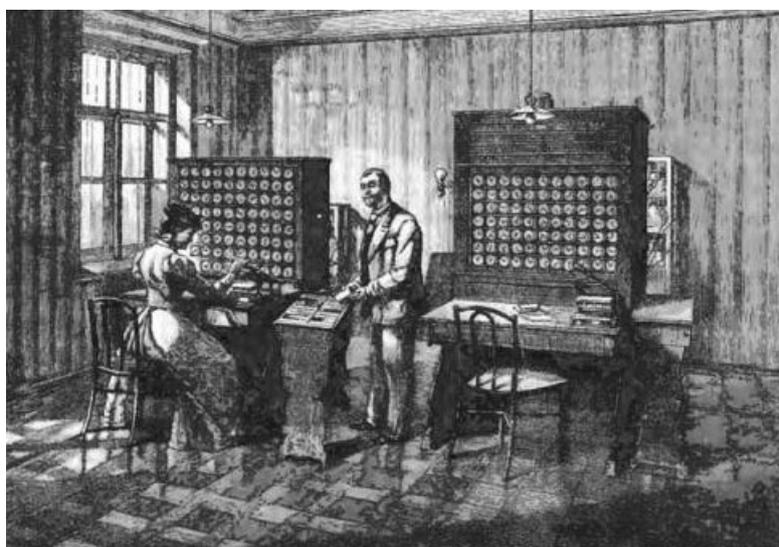


Рис. 6. «Новые» табуляторы Холлерита с 80 счетчиками в ЦСК [15]

Тогда же выходит книга Владимира Пландовского<sup>3</sup> «Народная перепись» [16]. Раздел о системе Холлерита в книге заимствован из статьи Струве и книги Ходского.

<sup>3</sup> Пландовский, Владимир Васильевич (1874 – после 1923). Выпускник Санкт-Петербургского университета. В службе с 1900 года. Коллежский советник Министерства финансов. После революции был в белых войсках Северного фронта [19]. Жена – Елена Александровна (в девичестве Лохвицкая, 1874-1919) – драматург, переводчик, сестра писательницы Н.А. Тэффи [20].

В № 45 журнала «Железнодорожное дело» была помещена статья Альфреда фон Вендриха «Электрическая счетно-табличная машина в эксплуатации железных дорог» [17]. Эта статья особенно интересна тем, что здесь рассматривается применение машин Холлерита не к обработке результатов переписи населения, а к анализу железнодорожной статистики. Фон Вендрих ссылается на статью Струве и ограничивается кратким описанием работы машин, после чего переходит к подробному анализу их применения в работе железных дорог. Он указывает, ссылаясь на свою переписку с Холлеритом, что его система применяется на нескольких американских железных дорогах с 1896 года. Фон Вендрих не только подробно излагает работу машин Холлерита в США, но и дает план применения этой системы на железных дорогах России.

Той же теме посвящена статья П. Пластунова «Счетная машина Hollerith'a» [18], сначала вышедшая в 1898 году в журнале «Инженер», а затем напечатанная отдельной брошюрой. Здесь автор не рассматривает использование системы Холлерита на американских железных дорогах, а излагает план использования системы Холлерита для железнодорожной статистики. Также он описывает – первым и, возможно, единственным на русском языке – действие суммирующего табулятора Холлерита (рис. 7), созданного им в 1895 году для сельскохозяйственной переписи в США и для железнодорожной статистики [21] (впервые использован в 1895 году на железной дороге *New York Central and Hudson River Railroad*). В 1904 году Холлерит получит российскую привилегию на один из вариантов суммирующего табулятора [22].



Рис. 7. Механизм суммирующего табулятора Холлерита [18]

#### V. ПУБЛИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПЕРЕПИСИ. ОЦЕНКИ СОВРЕМЕННИКОВ И ИСТОРИКОВ

Анализ и публикация результатов переписи растянулась на восемь лет – последний сборник данных по губерниям вышел в 1905 году, а сводные таблицы выпускались и позже [2]. Разработка результатов переписи населения 1897 года вызвала полярные оценки современников и историков. Среди проблем переписи отмечались забюрократизированность работы ЦСК, внешне жесткий контроль при отсутствии четкого плана работы, некомпетентность сотрудников, начиная с разметчиц и редакторов и заканчивая руководителями (особой критике подверглись Тройницкий и старший редактор Владимир Аленицын, заведовавший машинным отделением) и, в целом, несистематичность разработки результатов [23]. По оценке историков, обработку и публикацию результатов при должной организации можно было завершить за три года, то есть за тот же срок, что и обработку американской переписи 1890 года [24].

Роль машин Холлерита также оценивалась неоднозначно. Артемий Котельников<sup>4</sup>, младший редактор ЦСК и заведующий разметочным отделением, в своей брошюре 1909 года указывает на ненужность применения машин для переписи и невозможность их нормального использования в России того времени. Причиной задержки обработки и публикации результатов Котельников также считает применение системы Холлерита: «...без дорогих машин... разработка шла бы у нас много скорее: машины, при данных культурно-социальных условиях, тормозили дело, а не содействовали ему» [25]. В

<sup>4</sup> Котельников (Котельникян, Котельникянц), Артемий Назарович (Арутюн Назарьян) (1859-1910). Родился в Астрахани. Учился в Университете Святого Владимира (Киев), Московском и Санкт-Петербургском университетах, но ни один не окончил. Служил в канцелярии астраханского губернатора. В 1891 году по его инициативе и под его руководством проведена первая в Астрахани однодневная перепись населения. Служащий ЦСК, младший редактор, заведующий разметочным отделением [28].

то же время другие исследователи отмечали, что первая перепись не могла пройти без ошибок и ценна как опыт [26], а также указывали на то, что «благодаря ей [машине Холлерита] была выполнена крайне трудная разработка грандиознейшей первой всероссийской переписи населения 1897 г.» [27].

Сам Холлерит достаточно скептически оценивал работу ЦСК. Его не удовлетворяла скорость обработки результатов и оплата труда сотрудников. Однако он продолжал сотрудничество с ЦСК [5]. В ходе американской переписи 1900 года Холлерит внедрил табулятор с автоматическим вводом перфокарт. В 1904 году он получил патент США на автоматический ввод [29], а в 1908 году – аналогичную привилегию Российской империи [30]. Новые машины начали использовать в России в 1904 году [5].

После проведения переписи интерес к системе Холлерита в России падает. Сам изобретатель не видит рынка для своих машин в России и поставляет их только ЦСК и только для анализа результатов переписи. Отсутствие интереса к России как к рынку сбыта подтверждает и то, что ни *Tabulating Machine Company* Холлерита, ни наследовавшая ей *Computing-Tabulating-Recording Company* не имели в России постоянного представителя.

В литературе после 1900 года встречаются лишь редкие упоминания системы Холлерита. Например, в 1908 году выходит книга филолога Петра Стояна «Пути к истине» [31], в которой автор пишет о применении системы Холлерита к обработке данных переписей 1890 года в США и 1891 года в Австро-Венгрии. В 1917 году выходит последний в Российской империи труд, посвященный системе Холлерита – «Электрическая машина Холлерита и ее применение при разработке данных Первой Всероссийской переписи населения 1897 г.» [27] Сергея Плешко<sup>5</sup>.

#### IV. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

История использования машин Германа Холлерита в Российской империи позволяет сделать важные выводы об уровне экономического, политического и социального развития страны на рубеже 19-20 веков. С одной стороны, правительство Российской империи было готово использовать новейшие технологии для решения своих задач. С другой стороны, применение этих технологий затруднялось плохой организацией работы. В результате оказывалось, что преимущества новой технологии нивелировались, а иногда и обращались в недостаток.

Отсутствие интереса к системе Холлерита со стороны частных предпринимателей косвенно подтверждает отставание России от промышленно развитых стран. Российская экономика на рубеже веков не нуждалась в той степени механизации учета, при которой использование перфокарт становится выгодным. В то же время другие страны (США, Германия, в меньшей степени Великобритания) начинают широко использовать перфокарты для учета в промышленности и торговле. Если в России предложения об использовании машин Холлерита для железнодорожной статистики оказались ненужными, то в США железные дороги стали одними из первых клиентов Холлерита после правительства.

Интерес к использованию перфокарт для механизации и автоматизации учета вновь появился в России после Октябрьского переворота 1917 года. Идеологи социализма считали, что «учет и контроль повсеместный, всеобщий, универсальный, – учет и контроль за количеством труда и за распределением продуктов – в этом суть социалистического преобразования, раз политическое господство пролетариата создано и обеспечено» [32].

Одновременно с этим промышленный рост СССР уже требует применения новых способов делопроизводства, в том числе учета. К концу 1920-х годов налаживается импорт оборудования систем «Голлерит» (*International Business Machines Company*) и «Пауэрс» (*Remington Rand Company*) в СССР [33]. В профильных книгах и журналах разворачивается широкое обсуждение применения перфокарт для учета в разных областях экономики. Исследование применения счетно-аналитических машин в период 1917-1940 годов несомненно позволит узнать больше об истории вычислительной техники в России и мире.

---

<sup>5</sup> Плешко, Сергей Павлович (1862 – после 1917). Родился в Санкт-Петербурге. Выпускник Санкт-Петербургского университета. Сотрудник ЦСК с 1888 года. С 1908 года – заведующий статистическими курсами Министерства внутренних дел [34].

## БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает искреннюю признательность профессору НИУ ВШЭ Валерию Владимировичу Шилову за предоставленные материалы и помощь в написании статьи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шилов В.В. Герман Холлерит: у истоков современных информационных технологий // Информационные технологии. 2003. № 12. С. 45-55.
2. Ананьева О. Первая всеобщая перепись в России // Подводная лодка. 1999. № 6. С. 102-105.
3. Струве В. О применении электричества к подсчету статистических данных // Временник Центрального статистического комитета Министерства внутренних дел. 1894. № 37. С. 1-18.
4. Erik-Amburger-Datenbank Ausländer im vorrevolutionären Russland. – Текст: электронный // Leibniz-Institut für Ost- und Südosteuropaforschung (IOS): [сайт]. URL: <https://amburger.ios-regensburg.de/index.php?id=46530> (дата обращения: 29.05.2023).
5. Austrian G. D. Herman Hollerith: Forgotten Giant of Information Processing. New York: Columbia University Press, 1982. 418 с.
6. Hollerith V. Biographical Sketch of Herman Hollerith // Isis. 1971. Vol. 62. No. 1. Pp. 69-78.
7. В. Г. Электрическая машина Голлерита для подсчета статистических данных // Вестник опытной физики и элементарной математики. 1895. № 225. С. 193-201.
8. Ходский Л. В. Основания теории и техники статистики. СПб.: Типография М.М. Стасюлевича, 1896. 210 с.
9. Edvinsson R. Historical Currency Converter / R. Edvinsson. – Текст: электронный // Historicalstatistics.org Portal for Historical Statistics: [сайт]. URL: <https://www.historicalstatistics.org/Currencyconverter.html> (дата обращения: 29.05.2023).
10. Hollerith H. Apparatus for Perforating Record-Cards. United States Patent No. 682197. Sept. 10, 1901.
11. Falkner R. P. The International Statistical Institute // Publications of the American Statistical Association. 1895. Vol. 4. No. 32. Pp. 358-365.
12. См., например, The Daily Herald (Delphos, Ohio), Dec. 22, 1896; The News Tribune (Tacoma, Washington), Dec. 22, 1896; The Tennessean (Nashville, Tennessee), Dec. 22, 1896; The Journal and Tribune (Knoxville, Tennessee), Dec. 22, 1896; Evening Star (Washington, District of Columbia), Dec. 23, 1896; Los Angeles Herald (Los Angeles, California), Dec. 23, 1896; The Wichita Eagle (Wichita, Kansas), Dec. 23, 1896; The Leavenworth Weekly Times (Leavenworth, Kansas), Dec. 24, 1896; Siskiyou Daily News (Yreka, California), Dec. 26, 1896; The Medford Mail (Medford, Oregon), Jan. 1, 1897; The Leavenworth Times (Leavenworth, Kansas), Jan. 6, 1897.
13. Андреева В.В. Ходский Леонид Владимирович. – Текст: электронный // Биографика СПбГУ: [сайт]. URL: <https://bioslovhist.spbu.ru/person/433-khodskiy-leonid-vladimirovich.html> (дата обращения: 29.05.2023).
14. Craigie P.G. Notes on the Subjects Discussed at the St. Petersburg Meeting of the International Statistical Institute // Journal of the Royal Statistical Society. 1897. Vol. 60. No. 4. Pp. 735-788.
15. Нива. 1898. № 41. С. 816.
16. Пландовский В. Народная перепись. СПб.: Типография Штаба Отдельного Корпуса Пограничной Стражи, 1898. 377 с.
17. фон Вендрих А. Электрическая счетно-табличная машина в эксплуатации железных дорог // Железнодорожное дело. 1898. № 45. С. 1-7.
18. Пластунов П. Счетная машина Hollerith'a. Киев: Тип.-лит. Выс. утв. Т-ва И. Н. Кушнерев и Ко, 1898. 16 с.
19. Участники Белого движения в России. Пл-Пол. Текст: электронный // Погибшие. Списки погибших солдат России, СССР и Российской империи: [сайт]. – URL: <https://xn--90adhkb6ag0f.xn--plai/архив/uchastniki-grazhdanskoj-vojni/uchastniki-belogo-dvizheniya-v-rossii/uchastniki-belogo-dvizheniya-v-rossii-pl-pol.html> (дата обращения: 29.05.2023).
20. Лохвицкая Елена Александровна. Текст: электронный // Книжная Лавка Писателей: [сайт]. – URL: <https://lavkapisateley.spb.ru/enciklopediya/i-933/lohvicka-ya-> (дата обращения: 29.05.2023).
21. Hollerith H. Tabulating Apparatus. United States Patent No. 677214. June 25, 1901.
22. Голлерит Г. Аппарат для распределения в графы или таблицы статистических и иных цифр помещенных на соответствующих карточках или рекордах. Привилегия № 9548. 30 октября 1904 г.
23. Борщик Н.Д. Первая Всероссийская перепись населения 1897 г.: делопроизводство и документооборот // История и архивы. 2017. № 3 (9). С. 45-53.

24. Акашева А.А. Изучение хода публикации материалов переписи населения Российской империи 1897 года с помощью веб-приложения TimelineJS // Новые концепции и технологии исследований в междисциплинарных областях истории и культуры. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2022. С. 5-13.
25. Котельников А. История производства и разработки всеобщей переписи населения 28-го января 1897 г. СПб: Тип. Акционер. о-ва Слово, 1909. 124 с.
26. Швиттау Г.Г. Профессии и занятия населения: опыт критико-методологического исследования в области экономической статистики. СПб.: Типография Ю.Н. Эрлих, 1909. 324 с.
27. Плешко С.П. Электрическая машина Голлерита и ее применение при разработке данных Первой Всероссийской переписи населения 1897 г. / сост. С. П. Плешко; Центр. стат. ком. К.В.Д. Петроград: Типография Товарищества «Екатерингофское печатное дело», 1917. 31 с.
28. Шумков А.А. Астраханские армяне Котельниковы // Генеалогия народов Кавказа. Традиции и современность. Вып. VII: сборник статей. Владикавказ: ИПЦ СОИГСИ ВНЦ РАН и РСО-А, 2015. С.121-123.
29. Hollerith H. Registering Apparatus. United States Patent No. 777209. Dec. 13, 1904.
30. Голлерит Г. Машина для классификации и суммирования статистических данных. Привилегия № 14009. 26 июля 1908 г.
31. Стоян П. Пути к истине. СПб.: Тип. К.П. Шрадера, 1908. 243 с.
32. Ленин В.И. Как организовать соревнование // politpros.com: [сайт]. URL: <https://www.politpros.com/library/13/264/> (дата обращения: 29.05.2023).
33. Неслуховский С. Счетные машины // Техническая энциклопедия. Т. 22. М.: Государственное словарно-энциклопедическое издательство «Советская энциклопедия», 1933. С. 538-575.
34. Колесников Е. А. Перфокарты. Историко-технические заметки. СПб.: «Реноме», 2016. 184 с.
35. Счётная машина Германа Холлерита. Текст: электронный // Политехнический музей: [сайт]. URL: <https://150.polymus.ru/collection/schyetnaya-mashina-germana-khollerita/> (дата обращения: 29.05.2023).

## ДВА ПОЛЮСА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Борис Моисеевич Басок<sup>1</sup>, Сергей Лазаревич Френкель<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Независимый исследователь, Москва, Российская Федерация, *vm\_e@mail.ru*  
<sup>2</sup>ФИЦ «Информатика и управление» РАН, Москва, Россия, *fsergei51@gmail.com*

**Аннотация** – В докладе рассматриваются научные биографии двух ученых – специалистов в области технической диагностики: члена-корреспондента РАН, д.т.н., профессора П.П. Пархоменко и д.ф.-м.н., профессора Д.М. Гробмана. Оба прожили большую сложную жизнь. Разными путями шли они к своей цели, но при этом каждый из них внес существенный вклад в становление и развитие технической диагностики в СССР и в Российской Федерации.

**Ключевые слова:** П.П. Пархоменко, Д.М. Гробман, техническая диагностика, моделирование, тесты.

### I. ВВЕДЕНИЕ

Два специалиста внесли существенный вклад в становление и развитие технической диагностики в СССР и в Российской Федерации. 16 ноября 2022 года исполнилось сто лет со дня рождения доктора физико-математических наук Давида Матвеевича Гробмана, а 9 февраля 2023 года исполнилось 100 лет со дня рождения члена-корреспондента РАН, доктора технических наук, профессора Павла Павловича Пархоменко.

П.П. Пархоменко – инженер и изобретатель автор первых отечественных аппаратных средств верификации релейно-контактных систем и целого ряда образцов программно-управляемых машин для автоматизированной проверки различных технических объектов. Он сформулировал основные задачи технической диагностики, развил многие ее направления. Ему принадлежит инициатива создания Всесоюзной-школы семинара по технической диагностике, а также общемосковского семинара по этой тематике, многолетним бессменным руководителем которого он был.

Д.М. Гробман – выпускник мехмата МГУ, принадлежащий к первому поколению отечественных программистов, пришел в техническую диагностику сложившимся специалистом, имея значительные достижения в математике и опыт разработки компьютерных программ. Он внес существенный вклад в развитие программных и программно-аппаратных систем верификации и диагностики средств вычислительной техники (СВТ), в разработку и обоснование алгоритмов моделирования цифровых схем, синтеза и анализа контрольно-диагностических тестов СВТ.

Практически одноклассники, принадлежащие к военному поколению, они прожили большую и сложную жизнь, испытав на себе все трудности довоенной, военной и послевоенной жизни страны. Линии жизни этих ученых оказались достаточно близки. В то же время в своей научно-технической деятельности каждый из них шел своим выбранным в соответствии со своими наклонностями и интересами путем. В данной статье в краткой форме рассматриваются биографии Давида Матвеевича и Павла Павловича, приводится хронология их научной деятельности.

### II. НАЧАЛО

Давид Матвеевич Гробман родился 16 ноября 1922 г. в Москве в семье главного бухгалтера машинопрокатной станции треста «Союзэкскавация» в Москве. Павел Павлович Пархоменко родился в украинском городе Нежин 9 февраля 1923 г. также в семье бухгалтера [1, 2]. К сожалению, этим сходство их судеб не ограничилось. И отец Давида Матвеевича, и отец Павла Павловича были незаконно репрессированы как «враги народа», оба погибли и были после 1956 года посмертно полностью реабилитированы.

Давид Матвеевич пошел в школу с восьми лет, а Павел Павлович – с шести. Школу оба у закончили с отличным аттестатом (медали были введены в 1945 году). После окончания школы Д.М. Гробман был призван в ряды Красной Армии. Павел Павлович, который еще в старших классах мечтал о профессии инженера-электрика, по окончанию школы сделал попытку поступить в Киевский политехнический институт на электротехнический факультет. Однако, несмотря на то, что отличный аттестат давал ему право поступать в любой ВУЗ без экзаменов, в приеме ему было отказано и документы вернули. Теперь было не до выбора. Чтобы получить высшее образование, П.П. Пархоменко подал документы в Институт кожевенной промышленности на химический факультет. В этом институте был недобор и документы приняли.

Начало Великой Отечественной войны Д.М. Гробман встретил на Ленинградском фронте рядовым стрелком, участвуя в тяжелейших боях с немецкими захватчиками, был неоднократно ранен. В 1942 году после очередного ранения, обморожения ног и ампутации пальцев одной ступни служил связистом. Воевал на разных фронтах, участвовал в освобождении Румынии, Венгрии, Чехословакии (сентябрь 1944 – октябрь 1945). В октябре 1945 года был демобилизован.

О начале Великой Отечественной войны П.П. Пархоменко узнал на практике в Одессе. После этого были эвакуация в Киев, участие в отрядах добровольцев, короткий плен, побег, мытарства на временно оккупированной немцами территории Украины и служба в Красной Армии командиром отделения. Сержант П.П. Пархоменко воевал на Первом Украинском и Первом Белорусском фронтах, прошел боевой путь от Днепра до Буга. После тяжелого ранения в живот в декабре 1944 г. Павел Павлович получил группу инвалидности и был демобилизован.

### III. Трудный путь в науку

После демобилизации П.П. Пархоменко вновь попытался поступить в Киевский политехнический институт на электротехнический факультет. На этот раз все прошло гладко и его перевели из Института кожевенной промышленности на второй курс Киевского политехнического института, который он окончил в 1949 году с отличием. Тем не менее, несмотря на очевидную склонность к науке, места в аспирантуре для Павла Павловича не нашлось и его направили на работу сменным инженером на третьеразрядную электростанцию (Свистухинская ГЭС) в Ставропольском крае.

Д.М. Гробман после демобилизации поступил в Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова на механико-математический факультет. Учебу в МГУ закончил в 1950 году с красным дипломом. Его дипломная работа «Характеристические показатели систем близких к линейным» получила премию на конкурсе студенческих работ и сразу приобрела известность среди специалистов по дифференциальным уравнениям [3]. Однако в аспирантуре его не оставили, а по месту распределения на работу на одно из предприятий МСХМ отказали в приеме, сославшись на отсутствие вакансий. С большим трудом Давиду Матвеевичу удалось устроиться в среднюю школу на окраине Москвы учителем математики. Не имея никаких формальных научных позиций оба молодых фронтовика, каждый своим путем, начинают научную деятельность.

Работая в школе, а затем преподавателем в Артиллерийской академии имени Ф.Э. Дзержинского Д.М. Гробман не прерывал своих научных занятий. Начиная с 1950 года, он публикуется в ДАН СССР. В 1953 поступил в заочную аспирантуру, в 1954 избран членом Московского Математического Общества.

Круг математических интересов Д.М. Гробмана лежал в области теории нелинейных динамических систем. Вот как характеризует вклад Д.М. Гробмана известный математик профессор В.В. Немыцкий в статье «Математика в СССР за сорок лет (1917-1957)» [4]: «Переходим к методу сравнения для нелинейных систем. Эта тема, начиная с работ А.М. Ляпунова, И.Г. Петровского, всегда успешно разрабатывалась советскими математиками. Последнее десятилетие не является здесь исключением. А.А. Шестаковым и А.У. Пайвиным, В.А. Якубовичем и Д.М. Гробманом здесь получены выдающиеся результаты». Следует отметить, что сформулированная, доказанная и опубликованная Д.М. Гробманом в 1959 году теорема, в дальнейшем, называемая теоремой Гробмана-Хартмана [5], является классической и представляет собой существенный вклад в развитие качественной теории дифференциальных уравнений и теории динамических систем. По данной тематике Д.М. Гробман защитил в 1961 кандидатскую, а в 1966 – докторскую диссертацию, при этом следует отметить, что на момент защиты кандидатской и докторской диссертаций он уже активно работал в области вычислительной техники.

П.П. Пархоменко, выполняя обязанности дежурного инженера на Свистухинской ГЭС, заочно поступил на факультет усовершенствования инженеров при Всесоюзном заочном энергетическом институте (ВЗЭИ). Среди новых для Павла Павловича научно-технических курсов факультета его чрезвычайно заинтересовали методы синтеза и анализа релейно-контактных схем, разработанные доктором технических наук профессором (позднее членом-корреспондентом АН СССР) Михаилом Александровичем Гавриловым на основе математической логики. На этапе изучения операций анализа схем П.П. Пархоменко осенила ясная и почти очевидная идея их автоматизации. Тут же идея была воплощена в принципиальные и монтажные схемы и в конструктивные эскизы. Полностью свою идею П.П. Пархоменко реализовал позднее, в виде действующего макета анализатора емкостью на четыре реле, когда работал начальником службы ремонтов Баксанэнерго и жил в поселке Баксанской ГЭС.

За это время Павел Павлович успешно закончил факультет усовершенствования инженеров, подготовил выпускную работу, посвященную, естественно, автоматизации анализа релейно-контактных схем и заканчивающуюся описанием действующего макета анализатора. Для защиты выпускной работы

он был вызван в Москву в Институт автоматики и телемеханики (ИАТ) Академии наук СССР. После защиты выпускной работы в 1955 году М.А. Гаврилов предложил П.П. Пархоменко поступить в аспирантуру ИАТ.

#### IV. ПЕРВЫЕ СЕРЬЕЗНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ В ПРИКЛАДНОЙ НАУКЕ

Обучаясь в аспирантуре, Павел Павлович продолжил работу над анализатором. Кроме первого анализатора на 4 реле и анализатора на 20 реле, П.П. Пархоменко был разработан блочный анализатор релейных схем (БАРС) также на 4 реле, обладающий дополнительными возможностями. Соединение нескольких блоков позволяло увеличивать ёмкость анализатора. При этом, имелась возможность анализировать схемы с памятью. Для этого были созданы дискретные задержки времени, с помощью которых можно было анализировать схемы с обратной связью [6].

Применение анализатора для моделирования и исследования проектируемых схем позволило считать его дискретным представителем в семействе моделирующих установок, содержащем широко известные в то время аналоговые установки ЭМУ8 и ЭМУ10.

Надо сказать, что работы П.П. Пархоменко над логическим анализатором, а также его статьи на эту тему в журнале «Автоматика и телемеханика» [7] и некоторых других изданиях инициировали интерес к задачам автоматизации процессов синтеза схем. В Москве в Институте проблем передачи информации (ИППИ) АН СССР был создан синтезатор релейно-контактных схем, реализующий операции метода разложения булевых функций по их переменным. Во Владивостоке в Дальневосточном политехническом институте (ДВПИ) создали и внедрили в учебный процесс синтезатор бесконтактных схем при заданном базисе логических элементов, реализующий операции предложенного Павлом Павловичем метода замены входных переменных [8].

В 1958 году по окончании аспирантуры Павел Павлович был принят на работу в ИАТ в лабораторию, которой руководил М.А. Гаврилов на должность научного сотрудника. В 1959 году П.П. Пархоменко защитил кандидатскую диссертацию. Тема диссертации – «Машинизация процессов анализа устройств релейного действия». В этом же году открывалась Международная выставка приборов в Брюсселе. Руководством ИАТ было принято решение направить на эту выставку анализатор на 20 реле вместе с другими разработками института. На выставке анализатор получил Гран-при.

Д.М. Гробман в 1957 году перешёл на работу в Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ) в теоретический отдел, которым руководил известный математик, доктор физико-математических наук А.С. Кронрод, на должность старшего научного сотрудника и руководителя группы, занимающейся теорией построения вычислительных и управляющих машин. Таким образом, произошел переход от традиционных математических исследований к новым прикладным задачам, где, тем не менее, очень пригодился его математический опыт и строгий математический подход.

Д.М. Гробман также участвовал в разработке прикладного программного обеспечения одной из первых отечественных ЭВМ М-2. Кроме того, он принимал самое активное участие в разработке архитектуры ЭВМ М-5, в определении системы её команд. Под его руководством была разработана методика программирования на этой машине и выполнены работы по автоматизации программирования и логического контроля работы М-55 (1958-1961 гг.) [9].

В конце 1950-х и начале 1960-х годов XX века в ИНЭУМ Д.М. Гробманом были также выполнены серьезные работы по вычислительной математике. Полученные результаты нашли свое применение в эконометрике и энергетике. В частности, Д.М. Гробман предложил принципиально новый метод определения экономических режимов энергетических систем, который позволил решать данную задачу без обычных искусственно вводимых упрощений [10].

#### V. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА

После защиты кандидатской диссертации П.П. Пархоменко идею верификации проекта схемы, реализованную в анализаторе, решил распространить на проверку исправности или работоспособности изготовленных или смонтированных схем. В скором времени под его руководством совместная группа специалистов ИАТ и Ленинградского завода телефонной аппаратуры «Красная Заря» была создана первая в стране программно-управляемая установка для выходного контроля продукции завода, получившая название ПУМа (программно-управляемая машина). В дальнейшем ПУМа нашла применение в различных областях промышленности: в ракето- и самолетостроении, при проверке работоспособности электротехнических систем железнодорожного транспорта, при контроле телемеханической аппаратуры и т.д. Две модификации ПУМы выпускались серийно [1, 6].

Дирекция и Ученый совет ИАТ учли успешную деятельность руководимой Павлом группы, её творческую сплоченность и решило выделить группу в самостоятельную лабораторию. Лаборатория была образована в 1964 году и получила название Лаборатории логических машин. В Лаборатории логических машин произошло рождение и становление технической диагностики как специфической области научно-технических знаний. Этому способствовало осмысление назначения анализатора релейно-контактных схем и ПУМ для различных объектов, а также очевидной аналогии с медицинской диагностикой. Павлом Павловичем и его сотрудниками были сформулированы предмет исследований, основные понятия и задачи технической диагностики, определены её место и связь с теорией управления и контроля, с теорией надёжности и прогнозированием. Учитывая новое расширяющееся направление работ. Лаборатория была переименована в Лабораторию технической диагностики (современное её название: Лаборатория технической диагностики и отказоустойчивости).

П.П. Пархоменко и его сотрудники сформулировали принципы построения систем тестового и функционального диагностирования, проектирования новых объектов с учётом требований их диагностического обеспечения [11-13]. Выполненное Павлом Павловичем развитие основ теории вопросников [14, 15] расширило круг задач по оптимизации процедур диагностирования. В лаборатории решён ряд задач по системному диагностированию и оптимальному размещению ресурсов в многопроцессорных системах с архитектурами гиперкубов и однородных графов [16]. Под руководством П.П. Пархоменко была разработана теория отказоустойчивости, базирующаяся на инвариантно-групповом исследовании структур систем [6,17,18], были разработаны стандарты по технической диагностике [6, 19]. В 1969 году П.П. Пархоменко защитил докторскую диссертацию «Методы и средства технической диагностики и вопросы синтеза структур релейных устройств», в 1970 получил звание профессора.

В 1984 году П.П. Пархоменко был избран членом-корреспондентом АН СССР по отделению «Информатика, вычислительная техника и автоматика» (специальность «Элементная база, материалы вычислительной техники и диагностика»). Под руководством П.П. Пархоменко защищено 20 кандидатских диссертаций. Он автор и соавтор более 100 публикаций, в том числе двух монографий, многих изобретений и патентов.

Много лет П.П. Пархоменко был членом редколлегии журнала «Автоматика и телемеханика», при этом в течение ряда лет был заместителем главного редактора. Благодаря ему в журнале появился раздел Техническая диагностика. Это привлекло к сотрудничеству с журналом Автоматика и телемеханика специалистов по технической диагностике со всех страны.

Опыт разработки первых отечественных ЭВМ убедил директора ИНЭУМ И.С. Брука в необходимости создания специального подразделения, занимающегося диагностическим контролем блоков элементов ЭВМ. На базе группы Д.М. Гробмана, занимавшейся логическим контролем М5, в 1965 году была создана лаборатория, преобразованная в 1969 году в отдел Методов и средств автоматизации контроля цифровых схем. И.С. Брук и Д.М. Гробман определили основные направления работ лаборатории и отдела: разработка методов и программных систем моделирования, синтеза и анализа тестов цифровых систем, а также разработка аппаратных систем и программно-аппаратных средств внешнего контроля СВТ. Для решения поставленных целей Давид Матвеевич сумел привлечь в отдел способных молодых людей, поставить перед ними научные и технические задачи и осуществлял неформальное руководство их работой.

Д.М. Гробманом и его сотрудниками были разработаны и обоснованы математические методы и алгоритмы моделирования, контроля и диагностики цифровых устройств, и на их базе сформулированы основные принципы создания автоматизированных программных систем верификации, синтеза и анализа контрольно-диагностических тестов цифровых схем [20-23]. В соответствии с этими принципами под руководством Давида Матвеевича и при его непосредственном участии в ИНЭУМ были созданы пять программных автоматизированных систем моделирования, синтеза и анализа тестов с использованием ЭВМ М-2, БЭСМ-4, М-4030 (с адаптацией программ для ЕС ЭВМ). Каждая новая система существенно отличалась от предыдущих, а её технические характеристики всегда отвечали современным требованиям. Разработанные в ИНЭУМ автоматизированные системы моделирования синтеза и анализа тестов использовались в Институте при отладке блоков элементов ЭВМ М-5, ЭВМ серии АСВТ-М, различных моделей СМ ЭВМ. Кроме ИНЭУМ, данные системы использовались в НПО «Агат», НИИ Счетмаш, НПО «Импульс», МАЗ «Дзержинец», на заводе САМ и в некоторых других организациях.

Под руководством ученика Давида Матвеевича к.т.н. Б.Г. Сергеева, начиная с конца 1950-х годов, успешно велись работы по созданию технических устройств автоматического контроля СВТ [20]. В отделе был разработан и внедрён целый ряд программно-аппаратных комплексов функционального и параметрического контроля блоков элементов ЭВМ, удовлетворяющих самым современным

требованиям. Давид Матвеевич принимал самое активное участие в разработке этих комплексов. Им были определены основные подходы к созданию программного обеспечения (ПО) данных комплексов. ПО включало подготовку входных и анализ выходных данных тестирования, организацию обмена информацией тестеров с управляющей ЭВМ, задание режимов контроля испытуемых блоков элементов, реализацию любого требуемого алгоритма синхронного или асинхронного обмена с объектом контроля в соответствии с его интерфейсом, организацию работы автоматических тестеров в многотерминальном режиме, автоматический поиск неисправностей с помощью диагностических словарей и программно-управляемого пробника.

В начале 1980-х годов инициативе Б.Г. Сергеева в отделе впервые в отечественной практике были разработаны адаптер аппаратной библиотеки и многопроцессорный комплекс – ускоритель логического моделирования СБИС (УЛМ). Адаптер предназначался для моделирования дискретных устройств, содержащих СБИС, и основывался на применении наряду с чисто программными моделями физических образцов ИС, снабжённых программными оболочками, предназначенными для обмена данными с другими элементами модели устройства. УЛМ обеспечивал ускорение процесса моделирования проектируемых СБИС по сравнению с программными системами моделирования на два-три порядка [20, 24, 25] Это достигалось благодаря аппаратной реализации алгоритма временного событийного многозначного моделирования, конвейерной обработке данных и многопроцессорной архитектуре. Давид Матвеевич принимал самое активное участие в данных разработках. Особенно следует отметить его вклад в разработку ПО адаптера аппаратной библиотеки и в разработку и обоснование аппаратной реализации алгоритма временного многозначного событийного моделирования, используемого в УЛМ.

Д.М. Гробман – автор и соавтор более 80 публикаций, из которых 10 работ опубликовано в ДАН СССР.

#### VI. СОЗДАТЕЛИ НАУЧНОЙ СРЕДЫ И ШКОЛЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Общеизвестно, что в области разработки СВТ СССР отставал от Запада. Но существенные успехи в области технической диагностики, связанные во многом с именами П.П. Пархоменко и Д.М. Гробмана позволили частично нивелировать последствия этого отставания.

Можно сравнить путь в технической диагностике П.П. Пархоменко с путем, выбранным Д.М. Гробманом. Если Павел Павлович, начиная с разработки анализатора релейных схем, пришел к обобщенным подходам и решениям независимо от особенностей объекта контроля и тем самым указал основные направления разработки систем диагностирования в различных областях человеческой деятельности, то Давид Матвеевич, решая конкретную задачу – тестирование СВТ, достиг в этой области значительных успехов как в теоретическом плане, так и в реализации разработанных методов и средств диагностирования этих средств.

Безусловно, успехи технической диагностики связаны с огромной научно-организационной работой П.П. Пархоменко, осуществлявшего десятилетиями координацию работ по этой тематике в нашей стране.

Благодаря организации работы общемосковского семинара под руководством П.П. Пархоменко, первым публикациям сотрудников лаборатории в ведущих журналах и, главное, выходу в свет двухтомной монографии «Основы технической диагностики» [12, 13] авторов – сотрудников лаборатории под руководством Павла Павловича, лаборатория технической диагностики ИАТ (с 1969 года Институт проблем управления, ИПУ) стала признанным научным центром в области технической диагностики.

В 70-е годы прошлого века в научно-исследовательских и учебных институтах, а также в лабораториях промышленных предприятий-изготовителей ряда городов (Владивосток, Томск, Пермь, Саратов, Ленинград, Каунас, Рига, Таллинн, Минск, Киев, Харьков, Одесса, Винница, Ереван, Кишинев) стали появляться группы исследователей и инженеров, занимающихся технической диагностикой. П.П. Пархоменко и сотрудники его лаборатории взяли на себя ответственность по координации работ по данной тематике, по организации повышения квалификации начинающих и состоявшихся инженеров и научных сотрудников. С 1973 по 1991 год под бессменным руководством Павла Павловича было проведено 6 Всесоюзных совещаний и 18 Всесоюзных школ-семинаров по технической диагностике [1, 6]. При проведении этих школ П.П. Пархоменко сумел создать замечательную творческую, научную и рабочую обстановку. Многие слушатели этих школ в дальнейшем стали заметными фигурами в области технической диагностики: защитили кандидатские и докторские диссертации, возглавили коллективы у себя на предприятиях, стали ведущими специалистами. Многие из них считали себя учениками Павла Павловича, никогда не прерывая с ним рабочих и человеческих контактов.

В 1965 году в издательстве «Наука» вышел сборник статей Д.М. Гробмана и его сотрудников, объединенных общим названием «Диагностика неисправностей вычислительных машин», посвященный методам программного контроля ЭВМ и их автоматизации [26]. Это был один из первых отечественных сборников по данной тематике. В дальнейшем, Д.М. Гробман был научным редактором сборников трудов ИНЭУМ, посвященных проектированию, контролю и диагностике логических схем, в которых его основополагающие статьи и статьи его сотрудников формулировали и описывали основные принципы создания автоматизированных программных и программно-аппаратных систем моделирования, синтеза и анализа тестов цифровых устройств, технических средств контроля и диагностики. Эти сборники в дальнейшем стали учебными и методическими пособиями для многих специалистов в области разработки и диагностики СВТ.

Под руководством Д.М. Гробмана защищено 12 кандидатских диссертаций в области диагностики СВТ. Практически все сотрудники отдела считали себя его учениками. Надо сказать, что чиновники от науки будут долго удивляться, как это математик, доктор физико-математических наук руководит соискателями учёных степеней по техническим наукам (как следствие этого, он получил звание профессора не с первой попытки, только в 1982 году). Для того, чтобы это понять, надо было знать Д.М. Гробмана, его кругозор, его умение вникать в суть проблем, добиваться от своих учеников чёткого обоснования предлагаемых решений поставленных задач.

Успех этой научно-организационной и педагогической деятельности во многом основывался на человеческих качествах П.П. Пархоменко и Д.М. Гробмана, на отношениях с коллегами и учениками. Павел Павлович был замечательным человеком. Он очень внимательно и доброжелательно относился к работам коллег, с ним всегда было приятно и легко общаться, у него было много искренних друзей. Все сотрудники ИПУ, а также многочисленные специалисты в области технической диагностики уважали и любили его. Мы не знаем людей, которые могли бы на него обижаться. Он был строгим, но справедливым руководителем, с людьми общался в высшей степени деликатно. Возглавляя молодежный коллектив, Павел Павлович никогда не отставал от своих сотрудников в свободное от работы время: катался с ними на горных лыжах, играл в волейбол и на бильярде, участвовал в институтских спортивных соревнованиях. Кроме того, Павел Павлович был большим умельцем: своими руками старался и умел делать всё, будь то сложный прибор или дача, или точные метровые модели Кижей и Валаама.

Давида Матвеевича также ценили и уважали коллеги по работе как честного и принципиального человека, высококвалифицированного специалиста и известного ученого, но любили не все. Привыкший к вольной обстановке на мехматовских семинарах он мог оборвать докладчика, нелестно высказаться о его работе, что как правило, было вполне заслуженно. Конечно, это не увеличивало количество его поклонников. Тем не менее, ученики Д.М. Гробмана любили его и восхищались им, а каждая его похвала, а он был скуп на похвалы, расценивалась как дорогой подарок. У него было немного друзей, но те, с кем он дружил оставались верными дружбе до конца. Кстати, одним из таких друзей Давида Матвеевича был Михаил Александрович Карцев. Давид Матвеевич всю жизнь увлекался чтением художественной русской и зарубежной литературы. Эрудиция у него была просто поразительная. Отпуск Давид Матвеевич проводил в походах на байдарках. Как он не раз признавался, эти походы были единственным делом, которое как-то отвлекало от рабочих мыслей.

В начале 90-х годов с наступлением новых общественно-экономических отношений П.П. Пархоменко и Д.М. Гробман отошли от руководства созданных ими подразделений. Давид Матвеевич, руководствуясь этическими соображениями, несмотря на настоятельные просьбы его учеников, перешел в один из отделов ИНЭУМ, чуть позже в ИПИ РАН и в 1997 г. ушел на заслуженный отдых. Павел Павлович продолжал активно работать в лаборатории вплоть до своей кончины 5 мая 2020 года. Давид Матвеевич умер 31 марта 2007 года.

## VII. Выводы и заключение

В докладе рассмотрены научные биографии двух выдающихся ученых, двух ярких личностей, стоящих у истоков отечественной технической диагностики, П.П. Пархоменко и Д.М. Гробмана. Их имена заслуженно стоят в одном ряду с именами ведущих специалистов в области разработки вычислительной техники и компьютерных технологий. Они воспитали целую плеяду учеников – специалистов в области технической диагностики, которые с успехом продолжили их дело. Идеи и подходы П.П. Пархоменко и Д.М. Гробмана находят свое применение при оценке качества современных информационных систем.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят Галину Давидовну Гутарину и д.т.н. Михаила Федоровича Каравая за любезно предоставленные для данной работы материалы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пархоменко П.П. Извилистый путь в науку. М.: ИПУ РАН, 2013. 73 с.
2. Басок Б.М. 100 лет Давиду Матвеевичу Гробману // Виртуальный компьютерный музей. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.computer-museum.ru/articles/galglory\\_ru/5476/\[sphrase\\_id=700513](https://www.computer-museum.ru/articles/galglory_ru/5476/[sphrase_id=700513) (дата обращения: 25.04.2023).
3. Гробман Д.М. О характеристических показателях систем, близких к линейным // Математический сборник. 1952. Том 72. № 1. С. 121-166.
4. Немыцкий В.В. Обыкновенные дифференциальные уравнения // Математика в СССР за сорок лет. 1917-1957. Том первый. Обзорные статьи. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1959. С. 524-555.
5. Гробман Д.М. Гомеоморфизм систем дифференциальных уравнений // ДАН СССР. 1959. Т. 128. № 5. С. 880-881.
6. Каравай М.Ф. Пархоменко Павел Павлович // Виртуальный компьютерный музей. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.computer-museum.ru/articles/galglory/5635/?sphrase\\_id=699858](https://www.computer-museum.ru/articles/galglory/5635/?sphrase_id=699858) (дата обращения: 25.04.2023).
7. Пархоменко П.П. Анализ релейных схем при помощи машины // Автоматика и телемеханика. 1959. Т. 20. Вып. 4. С. 486-497.
8. Пархоменко П.П. Синтез релейных структур на различных функционально полных системах логических элементов // Автоматика и телемеханика. 1964. Т. 25. Вып. 6. С. 963-979.
9. Егоров Г.А., Прохоров Н.Л. Первые малые электронные вычислительные машины // Виртуальный компьютерный музей. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.computer-museum.ru/articles/revie\\_evvm/984/?sphrase\\_id=700516](https://www.computer-museum.ru/articles/revie_evvm/984/?sphrase_id=700516)
10. Гробман Д.М., Смирнов Ю.И. Экономичное распределение нагрузок суточного графика для электростанций смешанной энергосистемы // ДАН СССР. 1959. Т. 128. № 5. С. 545-548.
11. Карибский В.В., Пархоменко П.П., Согомонян Е.С. Вопросы контроля работоспособности и поиска неисправностей в конечных автоматах // ДАН СССР. 1965. Т. 161. № 1. С. 59-62.
12. Карибский В.В., Пархоменко П.П., Согомонян Е.С., Халчев В.Ф. Основы технической диагностики. (Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза) [под редакцией Пархоменко П.П.]. М.: Энергия, 1976. 464 с.
13. Пархоменко П.П., Согомонян Е.С. Основы технической диагностики: (Оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратные средства) [под редакцией Пархоменко П.П.]. М.: Энергия, 1981. 319 с.
14. Пархоменко П.П. Оптимальные вопросники с неравными ценами вопросов // ДАН СССР. 1969. Т. 184. № 1. С. 51-54.
15. Пархоменко П.П. Вопросники и организационные иерархии // Автоматика и телемеханика. 2010. № 6. С. 163-174.
16. Пархоменко П.П. О системном диагностировании вершинных и реберных гиперкубовых структур многопроцессорных вычислительных систем // Автоматика и телемеханика. 1996. № 11. С. 165-173.
17. Пархоменко П.П. Организация самодиагностирования дискретных многокомпонентных систем со структурой типа двудольных квазиполных графов (ДКПГ) // Автоматика и телемеханика. 2009. № 5. С. 180-189.
18. Каравай М.Ф., Пархоменко П.П., Подлазов В.С. Комбинаторные методы построения двудольных минимальных квазиполных графов (симметричных блок-схем) // Автоматика и телемеханика. 2009. № 2. С. 153-171.
19. ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения // Переиздание. Ноябрь 2009 г.
20. Басок Б.М. Отдел диагностического контроля Д.М. Гробмана и его школа // История науки и техники. 2008. № 5. С. 49-54.
21. Гробман Д.М. Программный контроль и диагностика неисправностей ЦВМ // Диагностика неисправностей вычислительных машин [под редакцией Н.В. Паутина]. М.: Наука, 1965. С. 7-22.
22. Гробман Д.М., Сергеев Б.Г., Филинов Е.Н. Система программ и технических средств для контроля цифровых схем // Вычислительная техника социалистических стран. Вып. 5. М.: Статистика, 1979. С. 27-37.
23. Гробман Д.М., Сергеев Б.Г., Бродский М.А. Система программных и аппаратных средств контроля логических устройств // VIII Всесоюзная школа-семинар по технической диагностике. Тезисы докладов. Рига, 1981. С. 18-21.

24. Сергеев Б.Г., Басок Б.М. Использование адаптера аппаратной библиотеки БИС для моделирования сложных цифровых блоков // Вопросы радиоэлектроники серия ЭВТ. 1990. Вып. 17. С. 61-65.
25. Сергеев Б.Г. Аппаратное ускорение моделирования СБИС // Микроэлектроника. 1989. Т. 18. Вып. 6 С. 554-560.
26. Диагностика неисправностей вычислительных машин. Сб. статей. Под редакцией Н.В. Паутина. М.: Наука, 1965. 132 с.

## МОЙ ПУТЬ В ПРОГРАММИРОВАНИИ ДЛИННОЮ В ЖИЗНЬ

**Владимир Арнольдович Биллиг**

*Тверской государственной технической университет, Тверь, Российская Федерация,  
Vladimir-billig@yandex.ru*

**Аннотация** – В статье рассказывается о моей жизни, неразрывно связанной с программированием вот уже 63 года. Ни дня без строчки программного кода. Все началось в далеком 1960-м году, когда по окончании физмат факультета Днепропетровского государственного университета по распределению я был принят на должность ведущего инженера в ВЦ НИИ МО в городе Калинин, ныне Тверь. Программирование на первых в Твери ЭВМ – «Урал-1», М-20, М-220, БЭСМ. Интересные задачи, участие в космических экспериментах. Защита диссертации, степень с.н.с. по специальности «Военная кибернетика». Переход на работу в Тверской государственной университет. Участие в создании факультета ПМК. Книжки по программированию. Главное – встречи с замечательными людьми, стоящими у истоков программирования, как в нашей стране, так и за рубежом. Обучение студентов стало основным делом моей жизни.

**Ключевые слова** – ЭВМ, языки программирования, люди в программировании.

### I. ВВЕДЕНИЕ

Моя жизненная история неразрывно связана с историей развития программирования в нашей стране. Моя история – это капля, в которой отражается история потока. Этим она может быть интересна.

### II. ШКОЛА

В далеком 1955 году я закончил школу в селе Снигирёвка Николаевской области. Новое прекрасное здание школы было построено в 1951-м году. Прошло лишь шесть лет после окончания тяжелейшей войны. Страна возрождалась, и строительство школ было на одном из первых мест. Прекрасно было не только здание школы, но и учителя, которые в этой школе работали. В сельской местности, да и в городе тоже, профессия учителя была весьма престижна.

У нас учителей и учительниц было поровну, нас учили мужчины и женщины. Это же беда, что в большинстве нынешних школ один учитель на десять учительниц. Неравенство – это следствие. Причина – в низком приоритете великой профессии – Учитель! Учитель Кун – это самая заветная личность в истории Китая.

В нашей школе многие учителя были наставниками. Учителем математики у нас был Иван Сергеевич Халангот – учитель и наставник. Учителями физики, истории, не говоря уже о физкультуре и черчении, были мужчины. С благодарностью вспоминаю школу и всех наших учителей – женщин и мужчин. Никакого натаскивания, никаких шаблонов, характерных для современного стиля ЕГЭ. Математический, литературный кружки – все это было неотъемлемой частью нашего школьного образования. Заниматься самостоятельно было вполне естественно. Сборник задач для поступающих в МГУ, университетский курс химии были настольными книгами, почему-то самостоятельно изучал курс аналитической геометрии. В таком поведении не было ничего особенного. Важность образования была всем понятна. В нашем селе – районном центре – была еще и украинская школа. По окончании школы я, мой одноклассник и наш приятель из украинской школы отправились в Днепропетровск поступать на физтех – секретный факультет, о котором ходило много слухов. Несмотря на высокий конкурс, в университет поступили все трое – мои приятели на физтех, а я на физмат. Моя будущая жена, которая заканчивала школу в шахтерском поселке Кондратьевка в Горловском районе Донбасса, также поступила на физмат.

Хорошее школьное образование было повсеместно. Полагаю, оно было более глубоким, качественным в сравнении с нынешним образованием. Главное, что его отличало, – престижность профессии учителя. Как следствие – хорошие учителя, как следствие – ученики, которые могли самостоятельно учиться.

### III. УНИВЕРСИТЕТ

Днепропетровск в те годы был городом студентов. Горный, Metallургический, Медицинский институт, другие вузы пользовались большой популярностью. Днепропетровский университет имени 300-летия воссоединения Украины с Россией занимал, пожалуй, ведущее место. Во многом благодаря физико-техническому факультету, созданному в 1951 году.

Страна ковала ракетно-ядерный щит, и факультет готовил специалистов для этой важной работы. Сейчас не секрет, что в Днепропетровске работали КБ и завод, создающий ракеты. Ракеты, получившие на Западе прозвище «Сатана», – детище этого завода. Большинство преподавателей факультета совмещали преподавание с работой в КБ. Набор на физтех был 450 человек, на следующий по численности факультет – физмат набирали 150 человек. Стипендия на физтехе более чем вдвое превышала стипендию на других факультетах. Конкурс на физтех был высокий, но заявления брали не у всех. У меня заявления не взяли, поскольку фамилия была не подходящей для такого факультета. Девушек брали не более одной-двух на группу.

Я поступил на физмат в группу механиков – привилегированную группу на этом факультете. Конкурс на факультет был высокий – 6-7 человек на место. Сдавали 6 экзаменов – сочинение, две математики, физику, химию и иностранный. Поступил легко, набрав 28 баллов, получив четверки по физике и химии, хотя и там мог получить оценки отлично. Группа механиков была сильной – большинство медалисты. Достаточно сказать, что четыре или пять человек впоследствии защитили докторские диссертации, человек 10 – кандидатские. Перед поступлением в университет я выиграл чемпионат района по шахматам, имел второй разряд, но у нас в группе, где ребят и девушек было поровну, из 12 ребят я играл на седьмой доске. Юлик Приварников, впоследствии доктор наук, руководитель сектора в КБ, обыгрывал меня, играя вслепую, правда, уверяя, что вслепую играет лучше, чем глядя на доску.

Нам, механикам, наряду с традиционными для механиков курсов – теормех, сопромат, читались специальные курсы, близкие к физтеховским, – теория оболочек, упругости, устойчивости, благо преподаватели работали на обоих факультетах. Полагаю, что наше образование, близкое к классическому физматовскому образованию, было даже лучше физтеховского. Многие наши выпускники по распределению пошли в КБ и достигли там высоких позиций.

Компьютерного образования мы не получали, да и компьютеров в университете не было. Правда, у математиков на третьем курсе была сформирована группа вычислителей, где учили программированию. Моя будущая жена попала в эту группу, так что я был знаком с тем, чему там учили. Беда была в том, что сами учителя компьютеров в глаза не видели. Так что плавать в компьютерном море учили на суше, и сами инструкторы плавать не умели.

На первом курсе общежитие практически не давали, так что мы трое, приехавшие из Снигирёвки, снимали комнату в городе и жили вскладчину. Занятия посещали регулярно, так что учеба не вызывала никаких трудностей. На первом курсе получал повышенную стипендию. Получал повышенную стипендию и на пятом курсе, но на третьем курсе было много троек, поскольку, начиная со второго курса, жил в общежитии, и учеба уступила первое место. На первом месте была активная студенческая жизнь. Уже зимой на первом курсе нас 17 человек пошли в поход на лыжах в Карпаты. С тех пор туризм занял одно из первых мест в моей жизни. Зимний поход в Подмоскowie, два зимних похода в Карелию с ночевками в лесу, я был руководителем одного из этих походов. Летние походы, целина – все это отодвигало учебу на второй план. Приходилось перед сессией наверстывать упущенное, но пропуски занятий никогда преподавателями не приветствуются, отсюда и тройки, но все-таки стипендию получал регулярно. Стипендия была основным источником дохода, хотя и вагоны разгружали, и на целине что-то зарабатывали, особенно на второй.

Освоение целины было всенародным, всестуденческим делом. Летом 1956 года, после окончания первого курса, была моя первая поездка на целину. У нас в университете были организованы два отряда на базе физмата и физтеха. Университетские власти в организации поездки играли малую роль. Организатором был Комитет комсомола и сами студенты. Странно, но настоящими руководителями были студенты-первокурсники, сельские ребята, возглавившие отряды. Нашим отрядом руководил Саша Левченко, впоследствии ставший членкором АН УССР, директором одного из крупнейших заводов Украины. С Сашей Левченко всю оставшуюся студенческую жизнь я прожил в 20-й комнате общежития. Физтеховским отрядом командовал другой сельский хлопец – Леня Кучма, ставший впоследствии директором завода, а позже президентом Украины. Жили мы в одном общежитии.

На первой целине привезли нас в голую распаханную степь с редкими березовыми колками, где-то на севере Казахстана. Из березовых ветвей сделали шалаши, вырыли колодец, построили печь, оборудовали стан. Начались разнообразные работы по уборке хорошего урожая. Я работал на комбайне, сначала на копнителе, а чуть позже штурвальным. Комбайны были прицепными. Комбайнер на тракторе таскал комбайн, а штурвальный (красивое слово), стоя наверху у штурвала, регулировал высоту жатки. До сих пор с гордостью вспоминаю эту работу, бункер, полный золотого зерна.

Жили мы впроголодь. Еды было мало, хлеб пекли в ауле километров за двадцать. Хуже, что и воды было мало. Выкопанный нами колодец не давал достаточно воды даже для питья. Но жили мы дружно и

весело. Естественно, вся туристическая братия поехала на целину. Вторая целина была в 1958 году после третьего курса. Она была уже намного цивилизованнее по бытовым условиям, и заработали мы на ней приличные деньги. Полученной медалью «За освоение целинных и залежных земель» горжусь не меньше, чем успехами в дальнейшей работе.

Жизнь показала, что мы получили достойное образование. Мы могли не только самостоятельно решать новые задачи, но и ставить задачи, что более важно в научной работе. Университет, университетские друзья на всю жизнь, преподаватели, которых помню с благодарностью, учеба, походы, целина стали фундаментом будущей жизни. Эту жизнь мы строили вместе с женой, с которой ходили в походы, ездили на целину и окончили физмат Днепропетровского университета и по распределению получили назначение в НИИ Министерства обороны (МО) в город Калинин.

#### IV. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР. ПЕРВАЯ ЭВМ

Важные задачи, стоящие перед коллективом института МО, расположенного в городе Твери (тогда Калинин), требовали серьезных вычислений. В 1960 году в институте был отдел вычислителей, работавших на арифмометрах, появилась уже и первая аналоговая вычислительная машина, но этого было недостаточно. Институт получил первую в Тверской области ЭВМ «Урал-1». Был создан большой по штату ВЦ с машинным и программистскими отделами. Были военные – начальники ВЦ, отделов, лабораторий, но не было инженеров, знающих технику, не было программистов, умеющих на этой технике работать. Надежда была на молодых специалистов. В 1960 году в институт прибыло более сотни молодых специалистов из разных университетов страны – Иркутска и Томска, Одессы и Ужгорода, Днепропетровска и Алма-Аты. Ими и заполнили штатное расписание. Моя жена получила должность старшего инженера, а я – ведущего инженера. Через пару месяцев некоторым, мне в том числе, предложили должность старшего научного сотрудника и позже назначили руководителем бригады. Это вершина карьерной лестницы для гражданских сотрудников в военном институте. В этой должности я проработал 14 лет, а связи, соединяющие нас в бригаде, остались на всю жизнь и после того, когда по разным причинам ушли из института.

«Урал-1» – одноадресная ЭВМ первого поколения на электронных лампах с быстродействием 100 операций в секунду. Ввод данных с магнитной ленты, размеченной на зоны. Вывод на узкую бумажную ленту – число за числом. Машина пришла буквально раздетой. Ввод чисел выполнялся в двоично-десятичной системе, когда каждая цифра числа независимо кодировалась четырьмя битами. Операции над числами выполнялись, как и положено, в двоичной системе. Первая программа, которую я написал, была программой перевода чисел из двоично-десятичной системы в двоичную. Работа на «Урале» требовала устойчивой нервной системы. Поиск ошибок в программе был сам по себе нелегким делом, но это все-таки была программистская работа. Но внесение исправлений было испытанием нервов. Нужно было найти на ленте соответствующую зону, вырезать ее, пробить новую зону с исправлениями, вклеить ее и попытаться запустить обновленную ленту. Каждое обновление требовало обращения к операторам, осуществляющим пробивку на ленте.

Единственное приятное воспоминание об «Урале» – это его музыкальность. Машина обладала хорошими динамиками, воспроизводящими музыку программы. Каждый из тестов, проверяющих корректность работы машины, обладал своей мелодией. У инженеров высшим классом было, прослушав тест, понять, в каком блоке машина сбоят. Сейчас при нынешнем быстродействии компьютеров услышать величавую музыку программы невозможно. Каких-либо серьезных задач решать на «Урале» не пришлось. Он быстро был передан в другие руки, поскольку стала приходиться новая вычислительная техника.

#### V. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР. ЛЮБИМАЯ ЭВМ

В ВЦ пришла новая техника – ЭВМ М-20, машина первого поколения на электронных лампах, несравнимая по характеристикам с «Уралом». Невероятное, как нам тогда казалось, быстродействие – 20 000 операций в секунду. Ввод данных с перфокарт, удобный вывод на широкоую печать. Память трехуровневая: оперативная адресуемая память прямого доступа, быстрая память на регистрах, внешняя память на магнитных барабанах и магнитных лентах. Естественная трехадресная система команд. Все это не могло не радовать программистов. Они получили замечательную технику, удобную для решения их задач.

В сравнении с «Уралом» внесение изменений в программу чрезвычайно упростилось. В простых ситуациях программист мог сделать это самостоятельно, не обращаясь к техническим службам. Каждый программист носил спичечный коробок, в котором находилось лезвие бритвы и «дырочки», получаемые при пробивке перфокарты. Если на перфокарте нужно было заменить единицу на ноль, то «дырочка»

вдавливалась в соответствующее место на перфокарте. Если нужна была единица, то лезвием дырочка аккуратно вырезалась.

На первых порах машина использовалась как персональный компьютер. В каждый текущий момент на машине работал один программист со своей программой. Машины работали круглосуточно с остановками лишь на профилактику. Машинное время было дорогое, каждый программист в течение дня мог получить 10-15 минут машинного времени в соответствии с графиком. Ночью можно было получить час-полтора, что позволяло существенно продвинуться в отладке программы. Отладку на ЭВМ вести было не менее удобно, чем на персональном компьютере, можно было остановить программу в нужной точке, исполнять команду за командой, наблюдая за данными. Возможностей было даже больше, чем у современных персональных компьютеров. Например, можно было выполнять программу не только в покомандном режиме, но и каждую команду выполнять в потактовом режиме, прослеживая, например, как заполняются регистры. Это была иногда применяемая экзотика. Более полезен был останов «по записи». Машина останавливалась на той команде, которая выполняла запись в заданную ячейку. Это позволяло найти команду – виновника, портящую полезную информацию.

Машина М-20 была создана замечательным ученым, основоположником российской вычислительной техники академиком Сергеем Алексеевичем Лебедевым. Заместителем главного конструктора, спроектировавшим систему команд, был выдающийся программист, заведующий кафедрой системного программирования факультета ВМК МГУ – Михаил Романович Шура-Бура.

Вскоре в ВЦ появились молодые сестрички М-20 – машины следующего поколения на транзисторах – М-220, М-222, чуть позже появились машина М-50 и несравненная БЭСМ-6 с невероятным быстродействием в миллион операций в секунду.

Для меня М-20 осталась первой любовью. На ней были созданы первые серьезные программы, позволявшие решать стоявшие перед нами задачи. Работая на М-20, я стал программистом и остаюсь таковым до сегодняшних дней. Эта машина радовала нас еще и тем, что она обладала определенным интеллектом – у машины была ИС-2. Эта аббревиатура не означает Интеллектуальную Систему, а расшифровывается как Интерпретирующая Система. Но для создания ИС-2 требовался незаурядный интеллект. Создателем ИС-2 был Михаил Романович Шура-Бура. Краткая по объему ИС-2 обеспечивала работу с библиотекой стандартных программ. Она представляла шедевр программистского искусства. Изучая ее, мы учились эффективному программированию. Программированию мы учились тогда, как учатся сегодня нейронные сети, – на примерах.

Любимым нашим развлечением было соревнование на создание самой короткой (самой быстрой) программы. Эти игры позволяли лучше изучить все тонкости обширной системы команд компьютера. Иногда в этом была реальная необходимость. Вот одна из задач, потребовавшая программирования в реальном времени. Для ввода перфокарт в компьютер вначале использовалось читающее устройство (ЧУ), вводившее перфокарту широкой стороной. Появился новый, более надежный вид ЧУ, в котором перфокарта вводилась узкой стороной. Но новая читалка на первых порах не преобразовывала информацию нужным образом. Преобразование нужно было выполнять после ввода колоды перфокарт, что требовало большой оперативной памяти и времени работы. Пришлось написать программу, которая пересылку 12 бит каждого столбца перфокарты в соответствующие ячейки памяти выполняла за время, меньшее времени, требуемого щеткам ЧУ для перехода к просмотру очередного столбца перфокарты. Учитывая, что ЧУ большую колоду перфокарт глотало за считанные секунды, время на работу нашей программы было минимальным. Пришлось даже отказаться от цикла и писать код для каждого пересылаемого бита.

## VI. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР. ЗАДАЧИ, КОТОРЫЕ МЫ РЕШАЛИ

Расскажу о первой серьезной задаче, которую пришлось решать в далеком 1960 году на М-20. Задача была связана с нарождающейся системой противоракетной обороны (ПРО). Содержательная постановка задачи была достаточно проста. Необходимо рассчитать, разрушится ли ракета, летящая на большой скорости, если на траектории ее полета расплыть облако твердых частиц.

Математическая постановка задачи была сформулирована доктором физ.-мат. наук профессором Галиным из Института механики РАН, и сводилась к решению системы уравнений в частных производных (задача Коши, задача Гурса). Понятно, что методов решения подобных задач на компьютерах тогда не существовало, и соответствующие алгоритмы и программы для ЭВМ М-20 необходимо было создавать с нуля. Мне удалось построить красивые сеточные алгоритмы. Из-за небольшого объема оперативной памяти, для получения результатов с требуемой точностью промежуточные результаты сохранялись во внешней памяти с возможностью продолжения счета на следующих сеансах работы. Время сеанса работы по естественным причинам также ограничивалось.

Сейчас я понимаю, что была сделана хорошая работа, заслуживающая научной публикации. Но тогда это считалось обычной работой, подобных задач в институте решалось много. Нами были получены результаты, подтверждающие возможность справиться с уничтожением вражеских ракет.

Все знают дату 12 апреля 1961 года. Полет Гагарина открыл человечеству дорогу в космос. Но мало кто знает, что за месяц до полета Гагарина произошло событие не столь эффектное, как полет человека в космос, но крайне важное для военной ракетной техники. Впервые в мире был осуществлен перехват боевой ракеты противоракетой. Ранее считалось, что эта задача технически неразрешима. Для реализации этой возможности Сергеем Алексеевичем Лебедевым и его учеником, впоследствии академиком, Всеволодом Сергеевичем Бурцевым, была построена первая в мире вычислительная сеть, объединяющая ЭВМ и РЛС.

Противоракета на подлете к боевой ракете распылила на ее траектории облако из металлических шариков, уничтожив тем самым боевую ракету. Не знаю, использовались ли результаты наших расчетов при проведении первого эксперимента по уничтожению боевой ракеты. Хочется думать, что и они способствовали созданию системы ПРО нашего государства.

Расскажу еще об одной задаче, не столь сложной с алгоритмической точки зрения, но потребовавшей высочайшей ответственности, поскольку она была связана с реальными экспериментами, проводимыми космонавтами во время полета. Требовалось обнаружить имитируемый старт ракеты на активном участке ее полета. Мне было поручено написать программу, обеспечивающую проведение экспериментов. Для обеспечения надежности разработка программ дублировалась. Помимо моей команды над этой задачей работала команда в ЦУПе (Центре управления полетами). Алгоритмы и программы разрабатывались независимо, результаты должны были совпадать.

Это сейчас полеты в космос кажутся делом обыденным. Никто сейчас не помнит, кто там летает на космической станции. А тогда каждый полет в космос был событием невероятной важности, почти чудом. В моей жизни только два события потрясли всю страну, когда весь народ был на улицах, плакал, смеялся, радовался, незнакомые люди обнимались с друг другом. Первое событие – это день Победы 9-го мая 1945 года. Второе – полет Гагарина, когда человечество вышло в космос – 12 апреля 1961 года.

В связи с задачей мне приходилось быть в ЦУПе при полетах космонавтов. Напряжение, которое испытывали все участники, было почти осязаемым. Наша ответственность за проводимый эксперимент была высока, но ничтожна в сравнении с ответственностью команды, отвечающей за коррекцию орбиты космического корабля. Напряжение спадало лишь при окончании полета. Не обошлось и без горьких переживаний. Мы уже получили команду на окончание работы в связи с успешным приземлением спускаемого аппарата. Только, вернувшись в Тверь, мы узнали, что при приземлении произошла разгерметизация и трое космонавтов – Волков, Пацаев, Добровольский – погибли. На прощании с ними стоял в почетном карауле с трижды Героем Советского Союза летчиком Иваном Кожедубом.

Позже я защитил диссертацию по обнаружению старта ракет по данным измерений на активном участке их полета, получил звание старшего научного сотрудника по специальности «военная кибернетика». Такие нетривиальные задачи мы умели решать на компьютерах первых поколений, обладающих мизерными возможностями по памяти и быстродействию в сравнении с современными компьютерными монстрами. Компьютеры многократно сократились в размерах, но в еще более гигантских масштабах возросла их мощь. Возросла ли при этом интеллектуальная мощь людей, использующих мощные компьютеры, – это для меня открытый вопрос. Хотелось бы думать, что ответ на него положительный.

## VII. УНИВЕРСИТЕТ

В 1974-м году пришло время расстаться с НИИ. 14 лет, проведенных в институте, вспоминаю с благодарностью. Молодые ребята, пришедшие в институт с желанием работать. Название повести Стругацких «Понедельник начинается в субботу» было для нас не пустым звуком. Мы действительно долго боролись за то, чтобы нам разрешили работать в субботу. Сопротивлялась секретная часть, которая в субботу работать не хотела, а без них нельзя было получить свои папки и чемоданы с документами.

С уважением и благодарностью вспоминаю всех своих начальников – начальника лаборатории, отдела, ВЦ. Особым уважением и любовью пользовался у молодых специалистов начальник института – генерал-лейтенант, Герой Советского Союза Сергей Федорович Ниловский. Сергей Федорович был одним из первых командиров дивизиона «Катюш», руководил строительством ракетного полигона Капустин Яр. Про него ходила байка, что он вошел в кабинет Сталина майором, а вышел генерал-майором. Мы, молодые специалисты, бегали к нему жаловаться на плохие бытовые условия. Он приходил в общежитие, ахал, что один туалет на семь семей – это ужасно, успокаивал, что скоро станет жить лучше. Со временем все получили квартиры.

Институт стал ядром развития ИТ в Твери и области. На его базе были созданы и сейчас работающие институты – Центр Программсистем, НИИ ИТ. Факультеты ИТ в классическом и техническом университетах были созданы во многом благодаря кадрам, пришедшим из НИИ МО.

В начале 70-х Тверской Педагогический институт был преобразован в Университет. На физмате появилась специальность «Вычислительная математика», пришла техника ЕС ЭВМ, нужно было создавать факультет ИТ, нужно было учить студентов программированию. Меня пригласили для решения этих задач. После некоторого раздумья я согласился. Теперь, по прошествии лет, понимаю, что это был правильный выбор. С годами следует переходить в образование, передавая свой жизненный и научный опыт молодым людям. Хорошо при этом сочетать преподавание с практической научной работой. Мне это удавалось, параллельно я работал в НИИ Центрпрограммсистем, НИИ Геофизика.

В университете выполнял обязанности заведующего кафедрой вычислительной математики, читал программистские курсы, активно участвовал в создании факультета ПМК (Прикладной математики и кибернетики). После создания факультета перешел работать на этот факультет доцентом, позже профессором кафедры информатики. Когда в техническом университете на факультете ИТ появилась специальность «Программная инженерия», меня пригласили для чтения программистских курсов студентам этой специальности. Долгое время сочетал работу в обоих университетах, но потом окончательно перешел на работу в Технический университет, где и работаю по сей день.

Работа в университете дала возможность открытого общения в профессиональной программистской среде. При работе в НИИ МО контакты с внешним программистским миром не приветствовались, любые контакты с иностранцами были просто запрещены. За все годы работы в НИИ у меня была одна открытая публикация. ЦЭМИ (Центральный экономико-математический институт) издавал сборники «Алгоритмы и программы», 25-й выпуск этого сборника был подготовлен мной и содержал мои работы по оценке параметров и работы моих коллег. Когда начал работать в университете, то открытых публикаций стало больше. Наряду со статьями и докладами на конференциях опубликовал ряд книг. Первой была книга, написанная с моим коллегой по кафедре Ильмиром Мусикаевым «Visual C++. Книга для программистов», вышедшая в издательстве «Русская Редакция» в 1996-м году. Это была первая книга на русском языке по визуальному C++. Потом была серия книг по офисному программированию. Одна из них получила первую премию в номинации «Информатика» на международной книжной ярмарке. Были другие книги, посвященные основам программирования на языке C#, параллельным вычислениям.

Важной частью этой деятельности были переводы книг. Встречи на конференциях дали возможность познакомиться с программистом мирового класса Бертраном Мейером. Как результат, я стал переводчиком и научным редактором трех фундаментальных книг этого автора. Мне повезло, я встречался и общался, хотя и мимолетно, с двумя другими великими программистами, Тони Хоаром и Никлаусом Виртом. Конечно же, за долгую жизнь встречался и с великими российскими программистами. Всех назвать невозможно. Упомяну лишь некоторых. Со Святославом Сергеевичем Лавровым – членом-корреспондентом АН СССР, Главным Программистом в фирме Королева, руководителем разработки первого в нашей стране транслятора, встречался неоднократно, общался, переписывался, выступал у него на семинаре. Регулярно ездил в Москву на незабываемые семинары Михаила Романовича Шуры-Буры. С Андреем Петровичем Ершовым встречался лишь однажды на летней школе программистов в Лиманчике. О летних школах в Лиманчике – летнем лагере Ростовского университета, расположенном на берегу Черного моря близ Абрау-Дюрсо, следует сказать особо. Эти ежегодные школы, длившиеся неделю, собирали весь цвет советского программирования. Организатором школ был негласный глава ростовских программистов Адольф Львович Фуксман. Все проблемы современного программирования обсуждались на этих школах в непринужденной творческой обстановке. Я старался не пропускать ни одну из этих школ. Адольф Львович по моему приглашению приезжал к нам в университет и читал студентам курс по технологии программирования. Сейчас этих школ уже нет, но есть и другие точки встречи программистов и преподавателей. Вот уже 20 лет практически без пропусков участвую в работе конференции «Преподавание ИТ в РФ», организуемой АПКИТ, являясь членом программного комитета. Высоко ценю один из лучших образовательных ресурсов нашей страны – Открытый Интернет Университет ИТ, руководимый его ректором – Анатолием Васильевичем Шкредом. Среди множества общедоступных ИТ курсов на сайте этого университета (*intuit.ru*) есть и десяток моих курсов. Последние пару лет веду канал на *youtube*.

Продолжаю учить студентов. Почти каждый день пишу программный код. И от того, и от другого занятия получаю удовольствие. По-прежнему строю планы по совершенствованию командно-проектного стиля обучения студентов, применяемого последние годы. Надеюсь, выпустить очередную книгу, посвященную истории языков программирования. Мой путь в программировании продолжается.

### VIII. Итоги

В течение жизни мне пришлось работать в двух сферах – военной и в сфере образования. И там, и там работал с интересными, знающими людьми, умеющими и любящими работать, понимающими важность того дела, которым они занимаются. Военная мощь страны и ее образовательная мощь – это два важнейших и равных по значимости дела, которыми в первую очередь должно заниматься государство. Образованная и сильная страна будет успешной и во всех других областях жизни. Рад, что и мне удалось работать в этих областях и внести свою толику в общее дело.

## ИЗ ИСТОРИИ БЕЛОРУССКИХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЭВМ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ирина Феликсовна Богданова<sup>1</sup>, Нина Феликсовна Богданова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусская сельскохозяйственная библиотека им. И.С. Лукиновича НАН Беларуси,  
Минск, Беларусь, e-mail [nf\\_80@mail.ru](mailto:nf_80@mail.ru)

<sup>2</sup>Независимый исследователь, Минск, Беларусь, e-mail [oit\\_2020@mail.ru](mailto:oit_2020@mail.ru)

**Аннотация** – Доклад посвящен истории создания белорусских ЭВМ специального (военного) назначения, показан вклад белорусских ученых и инженеров в создание и совершенствование таких ЭВМ. Рассматриваются стационарные и мобильные ЭВМ, разработанные российскими и белорусскими конструкторами и выпускавшиеся серийно Минским производственным объединением вычислительной техники и Брестским электромеханическим заводом в 1964-1995 гг. Приводятся основные сведения об ЭВМ «Весна», «Снег», ряде возимых ЭВМ РВ-2 и РВ-3, первой в СССР серийно выпускаемой защищенной ПЭВМ ЕС-1845 и др.

**Ключевые слова** – ЭВМ, УЦВМ, ряд возимых ЭВМ, защищенная ПЭВМ.

### I. ВВЕДЕНИЕ

Основу отрасли вычислительной техники БССР в 60-90-е гг. XX в. составляли Минский завод электронных вычислительных машин им. Г.К. Орджоникидзе (позднее Минское производственное объединение вычислительной техники, МПОВТ), Научно-исследовательский институт ЭВМ (НИИЭВМ, Минск), а также Брестский электромеханический завод (БЭМЗ).

Кроме машин общего назначения (универсальных машин) в Беларуси разрабатывались и выпускались специализированные вычислительные машины для систем оборонного назначения. К ним предъявлялись более высокие требования в части надежности их работы в различных условиях и достоверности выдаваемых данных, а также к их обслуживанию в процессе эксплуатации. Эти обстоятельства значительно повлияли на конструкцию, структуру построения и технологию изготовления специальных ЭВМ [1].

МПОВТ и БЭМЗ, выпускали различную вычислительную технику, в том числе и оборонного назначения, разработанную как российскими, так и белорусскими конструкторами. Основные белорусские разработки ЭВМ были выполнены в НИИЭВМ (г. Минск).

Создание ЭВМ военного назначения проходило под грифом «секретно». Документация к большинству из них, по существующей практике, через определенное время уничтожалась [2]. В то же время со многих разработок по разным причинам все еще не снят гриф секретности. В связи с этим в настоящее время сохранилось небольшое количество официальных материалов по указанной тематике, к которым имеется открытый доступ. Эти материалы, к сожалению, носят неполный, а иногда и фрагментарный характер.

### II. ЭВМ «ВЕСНА» И «СНЕГ»

Эти две сложные логически и технологически машины выпускались с военной приемкой для объектов Министерства обороны СССР и предназначались для решения сложных расчетных задач.

ЭВМ «Весна» (рис. 1) разрабатывалась с 1959 г. в Конструкторском бюро Государственного комитета Совета Министров СССР по радиоэлектронике. Главным конструктором этой ЭВМ был В.С. Полин (рис. 2). Государственные испытания машины (с решением реальных новых прикладных задач) были проведены в 1964 г. в Конструкторском бюро Госкомитета по радиоэлектронике (председателем Госкомиссии был академик А.А. Дородницын). Тестирование всех структур и компонентов ЭВМ «Весна» и ее математическая сдача-приемка проводились на первом экземпляре машины при решении задачи, моделирующей прохождение ракет и спутников через радиационные пояса Земли.

В связи с тем, что задача являлась междисциплинарной, в коллектив тестировщиков входили физики, математики, алгоритмисты, программисты, техники, лаборанты, кодировщики, набивальщицы перфокарт и др. В то время это была актуальная задача, связанная с покорением космоса и разработкой методов и средств космической связи. Для обеспечения защиты от излучения требовались прогностические оценки воздействия ионизированной плазмы на космическую аппаратуру и живые организмы, находящиеся внутри космических кораблей. За космическим кораблем образовывался возмущенный «след» и для

решения проблем космической связи нужно было установить его структуру в зависимости от формы и размеров аппарата, а также его скорости прохождения через ионосферу.

Для решения данной задачи вычислительных мощностей ЭВМ «Стрела», М-20 и «Восток» (уже имевшихся в Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша АН СССР, ИПМ), не хватало – только один вариант модели задачи рассчитывался в пределах 28-30 час. непрерывной работы ЭВМ.

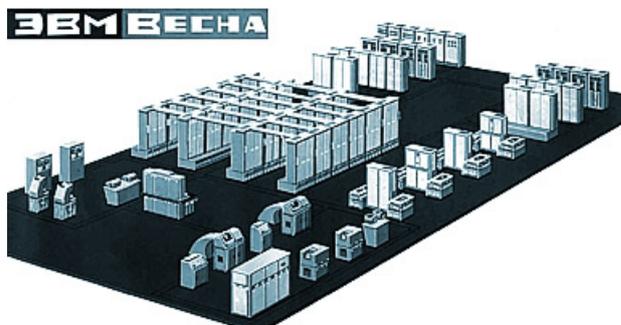


Рис. 1. ЭВМ «Весна»



Рис. 2. Главный конструктор ЭВМ «Весна»  
В.С. Полин

При математической сдаче-приемке ЭВМ «Весна», предназначенная для расчетов больших вычислительных и специальных задач, несмотря на жаркий август 1964 г., проработала без сбоя около 10 суток, успешно решая указанную задачу. Для того времени это был большой успех [3]. ЭВМ «Весна» выпускалась серийно с 1964 до 1972 г. на Минском заводе ЭВМ им. Г.К. Орджоникидзе, всего было выпущено 19 машин. Первый экземпляр машины поступил в вычислительный центр Министерства обороны СССР.

ЭВМ «Весна» была первой отечественной полупроводниковой вычислительной машиной общего назначения для решения стратегически важных задач с самой высокой по тем временам производительностью (до 300 тыс. операций (команд) в сек.), параллельно работающими основным процессором и процессором ввода-вывода, индивидуальной защитой отдельных участков памяти [3, 4].

С ЭВМ «Весна» было связано формирование компьютерной графики как самостоятельного научного направления в области информационных технологий в Советском Союзе. На ЭВМ «Весна» были построены первые отечественные компьютерные (машинные) графики (рис. 3) и реализован первый компьютерный анимационный фильм – визуализация на экране характрона процесса обтекания цилиндра разреженной плазмой с покадровой фиксацией изображения путем фотосъемки на специальную пленку для последующей демонстрации с помощью проектора и размножения изображений путем печати снимков на бумажных носителях. Это был первый в СССР результат использования графического интерфейса в интерактивном режиме [3, 5].

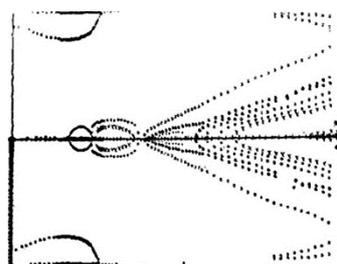


Рис. 3. Визуализация на характроне процесса обтекания цилиндра плазмой. ЭВМ «Весна», август 1964 г.

Под руководством М.Р. Шура-Буры и В.С. Штаркмана коллективом сотрудников Отделения прикладной математики Математического института АН СССР было разработано уникальное программное обеспечение для ЭВМ «Весна», на которой впервые параллельно работали до 10 разных устройств ЭВМ. Также впервые были реализованы возможности параллельных расчетов, введено понятие «фоновая задача», требующая больших ресурсов ЭВМ и длительного времени расчетов, на «фоне» которой запускали на счет «маленькие» задачи или тестовые и отладочные расчеты. Впервые в отечественной практике параллельно с расчетами работало первое алфавитно-цифровое печатающее устройство (АЦПУ) с широкой печатью.

Группа программистов Математического института Академии наук СССР разработала и реализовала на ЭВМ «Весна» уникальную операционную систему (ОС), которая стала прообразом ОС будущего. Это была первая ОС, реализующая многозадачный режим параллельного решения нескольких задач и одновременной работы нескольких различных внешних устройств [3-5].

ЭВМ «Снег» (рис. 4) разрабатывалась как сокращенный вариант машины «Весна» (в серийном производстве именовалась Специализированной полупроводниковой электронной машиной – СПЭМ-50, -80). Ее производительность, до 50 тыс. оп/сек, в процессе заводского выпуска была повышена до 80 тыс. оп/сек.

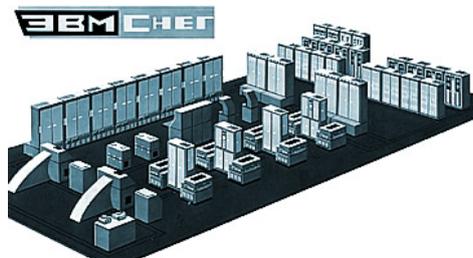


Рис. 4. ЭВМ «Снег»

Машина успешно прошла государственные испытания в 1965 г. Она также выпускалась Минским заводом ЭВМ им. Г.К. Орджоникидзе до 1972 г., всего было выпущено 20 машин. Применялась для решения широкого круга сложных вычислительных задач, в больших информационно-поисковых системах, сетях передачи данных [4].

ЭВМ «Весна» и «Снег» были информационно совместимы (идентичны по кодированию обрабатываемых данных): 48-битное слово представляло число с фиксированной или с плавающей запятой, либо восьмибуквенных символов (6-битные байты). Программное обеспечение ЭВМ «Весна» и «Снег» основывалось на операционных системах, которые развивались в процессе выпуска этих машин с ориентацией на структурно-функциональное построение ОС серии ЕС ЭВМ.

В процессе производства ЭВМ «Весна» и «Снег» были применены новые в отечественной практике того времени технологии: печатный монтаж, многоконтактные разъемы с золотым покрытием, быстродействующая транзисторно-диодная схемотехника с так называемыми «токовыми ключами», оперативная память на миниатюрных ферритовых сердечниках, быстродействующие устройства ввода и вывода информации, совмещение (параллелизм) обработки на всех структурных уровнях системы (арифметико-логическое устройство (АЛУ), память, команды в процессорах, внешние устройства и др.). Эксплуатация ЭВМ «Весна» и «Снег» продолжалась до 1985 г. [3, 4].

### III. УПРАВЛЯЮЩАЯ ЦИФРОВАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАШИНА

В 1974 г. на Брестском электромеханическом заводе было начато производство Управляющей цифровой вычислительной машины (УЦВМ, рис. 5), входившей в состав бортового цифрового вычислительного комплекса (БЦВК), предназначенного для управления межконтинентальными баллистическими ракетами морского базирования, размещенными на атомных подводных лодках (АПЛ) типа «Кальмар» (рис. 6), на всех этапах выполнения полетного задания. Главным конструктором этой УЦВМ, разработанной в НПО «Автоматика» (г. Свердловск), был будущий академик Н.А. Семихатов (рис. 7).



Рис. 5. Управляющая цифровая вычислительная машина «Кальмар»



Рис. 6. Атомная подводная лодка типа «Кальмар»

Атомная подводная лодка «Кальмар» – это ракетный подводный крейсер стратегического назначения, основным вооружением которого является ракетный комплекс Д-9Р, насчитывающий 16 пусковых установок шахтного типа для межконтинентальных жидкостных баллистических ракет морского базирования Р-29Р (по классификации НАТО – SS-N-18 «Stingray»). Этот комплекс впервые обеспечил возможность боевого применения ракетного оружия из высоких широт (рис. 8). Подводный пуск может осуществляться на глубинах до 50 метров при скорости 6 узлов. Система управления этой АПЛ позволяла выстреливать весь боекомплект в одном залпе.



Рис. 7. Николай Александрович Семихатов

По оценкам академика Н.А. Семихатова, только три завода в СССР, среди которых был БЭМЗ, могли работать по тематике НПО «Автоматика».



Рис. 8. Запуск баллистической ракеты Р-29Р с АПЛ «Кальмар» (11.05.1985 г.)

Освоение Брестским электромеханическим заводом производства УЦВМ было отмечено орденом Трудового Красного Знамени.

В 2019 г. по крайней мере одна атомная подводная лодка «Кальмар» все еще находилась на вооружении ВМФ России [6-10].

#### IV. Ряд возимых ЭВМ РВ-2 и РВ-3

Существует три сферы применения вычислительных машин в военной области, отличающиеся по климатическим и механическим условиям эксплуатации:

- в стационарных условиях (помещениях);
- в прицепах или контейнерах, которые транспортируются воздушным, водным, железнодорожным, автомобильным транспортом и включаются в работу после установки на позиции;
- на подвижных объектах для выполнения вычислений в процессе перемещения объекта, их называют бортовыми ЭВМ (БЭВМ).

В зависимости от места установки БЭВМ разделяют на возимые, авиакосмические, ракетные и морские. Ряд возимых (РВ) моделей ЭВМ – это мобильные информационные системы управления для нужд обороны и народного хозяйства. Такие ЭВМ устанавливались на танках, автомобилях, прицепах и других подвижных средствах. Они представляли собой возимые универсальные ЭВМ, выполненные по архитектуре моделей ЕС ЭВМ [1].

Создание для Министерства обороны СССР ряда мобильных (возимых) ЭВМ, совместимых с ЕС ЭВМ, стало важной вехой в истории компьютеризации СССР. Решение об этом было принято по инициативе НИИЭВМ на государственном уровне в 1976 г.

В 1978 г. научно-технический совет (НТС) Министерства радиопромышленности (МРП) СССР рассмотрел предложения НИИЭВМ по ряду возимых (РВ) ЭВМ. Докладчиком был научный руководитель работы Г.П. Лопато (рис. 9). Было решено вести работу в 2 этапа: на первом этапе разработать модели РВ ЭВМ, совместимые с ЕС ЭВМ и предназначенные для размещения в кузовах автомобилей без работы на ходу. На втором этапе планировалась разработка РВ ЭВМ, работающих на ходу и размещенных в бронеобъектах, кузовах автомобилей и самолетах.



Рис. 9. Главный конструктор РВ ЭВМ Г.П. Лопато

Разрабатываемые ЭВМ были разделены на две группы: ЭВМ управления оружием и ЭВМ управления войсками. Для НИИЭВМ была выбрана область – ЭВМ управления войсками; определены параметры единых ЭВМ управлением войсками в различных транспортных средствах.

Организацией-разработчиком (головным исполнителем) стал НИИЭВМ. Кроме него в разработке технических средств принимали участие Московский НИИ приборной автоматики и НИИ счётного машиностроения (Москва); НИИ вычислительной техники (Пенза); НИИ техники управления (Астрахань); КБ «Север» (Киров). Все предприятия принадлежали МРП СССР.

Необходимо было разработать пять моделей первого ряда РВ ЭВМ и предложить концепцию второго ряда (для различных групп исполнения – сухопутные, авиационные, морские, с возможностью работы на ходу). Главным конструктором РВ ЭВМ стал директор НИИЭВМ Г.П. Лопато, его заместителями – Г.Д. Смирнов и М.Ф. Чалайдюк, внесшие существенный вклад в создание РВ ЭВМ. В связи с разрушением СССР в НИИЭВМ по данной программе было создано только две модели первого ряда – РВ-2 и РВ-3. Главным конструктором РВ-2 был В.Я. Пыхтин, а РВ-3 – Р.М. Асцатуров.

Главным заводом-изготовителем РВ ЭВМ стал БЭМЗ, поскольку к тому времени завод уже имел опыт производства трех моделей ЕС ЭВМ и УЦВМ для межконтинентальных баллистических ракет морского базирования, размещенных на атомных подводных лодках типа «Кальмар» [6, 11-13].

Основная особенность РВ ЭВМ – их полная программная совместимость с моделями ЕС ЭВМ, что позволяло в интересах обороноспособности страны создавать системы управления с информационным пространством военного и промышленного комплекса страны.

РВ-2 и РВ-3 выпускались в подвижном и стационарном вариантах. ЭВМ РВ-2 (65с724) – подвижный (мобильный) вычислительный комплекс (рис. 10), являлся базовой частью системы управления войсками, для которой были определены параметры единых ЭВМ (РВ ЭВМ), размещаемых как в транспортных средствах, так производимых в стационарном исполнении. Сроки разработки ЭВМ РВ-2 – 1981-1983 гг. Серийный выпуск начат в 1984 г., а в 1991 г. был прекращен.

Выпуск РВ-2 и его модификации составил свыше 40 единиц. За его освоение шестеро рабочих и ИТР были удостоены правительственных наград. РВ-2 – младшая модель ряда возимых ЭВМ, на которой была отработана концепция создания и развития РВ ЭВМ. Ее производительность составляла 500 тыс. оп/сек. Эта ЭВМ размещалась в кузове-фургоне автомобиля «Урал-4320» и прицепе КП-4. В комплект изделия, кроме собственно ЭВМ, в классической конфигурации входили: системы бесперебойного электропитания, жизнеобеспечения и пожаротушения, электростанция, кабина связи, программное обеспечение. ЭВМ РВ-2 обеспечивала круглосуточную работу.



Рис. 10. Подвижный (мобильный) вычислительный комплекс РВ-2 (65с724)

Диски РВ отличались от дисков ЕС ЭВМ количеством дорожек, поскольку сам диск был диаметром не более 20 см и имел емкость 15 МБ. Дисковый накопитель был выполнен по технологии «винчестер» и размещался в габаритах однорядного модуля в специальном герметичном корпусе, содержащий диски и систему позиционирования. Возможно, это был первый винчестер в СССР. Вместо ферролакового покрытия диски имели никель-кобальтовое.

ЭВМ РВ-2 обеспечивала круглосуточную работу и эксплуатировалась в тяжелых условиях: при изменении температуры от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$  с принудительной системой вентиляции, воздействиях пыли (допускалась запыленность воздуха до  $10\text{ мг/м}^3$ ), влаги, вибрации и других вредных факторов. Обеспечивалась сохранность информации в оперативной памяти при отключении электропитания в течение 30 мин. [6, 11-13].

ЭВМ РВ-3 (65с733) – это мобильный вычислительный комплекс, разработка которого была проведена в рамках третьего этапа и завершена в 1989 г., серийный выпуск начат в 1990 г. Разработанный НИИЭВМ и освоенный в серийном производстве БЭМЗ подвижный вычислительный комплекс РВ-3 размещался на транспорте и оснащался всеми необходимыми средствами, обеспечивающими автономную его работу в полевых условиях в любое время года (рис. 10). Стационарные его исполнения в 1990-е гг. были поставлены в ряд военных академий и НИИ.

Система команд РВ-3 соответствовала серии больших ЕС ЭВМ «Ряд-3». Его производительность составляла 3 млн оп/сек. Комплекс мог функционировать круглосуточно при температуре окружающего воздуха от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , а также воздействию пыли, песка, дождя, снега. Комфортные условия в аппаратных машинах поддерживались встроенной сложной системой жизнеобеспечения. Время развертывания (свертывания) комплекса составляло не более 40 мин. Время выхода на режим эксплуатации в зимнее время – не более 60 мин. ЭВМ РВ-3 была разработана на отечественной элементной базе – серия 533, для внешних устройств – серии 134, 585, память – на серии 541РУ1.

Периферийные устройства были единые для всех моделей РВ ЭВМ, но в комплект поставки РВ-3 были включены дисковые подсистемы большей емкости, кабина связи, позволяющая работать с закрытой информацией, системы волоконной оптики, комплект персональных компьютеров ЕС-1845.

К групповому устройству управления (ГУУ) устройствами ввода-вывода (УВВ), работавшему по микропрограммному принципу, могло быть подключено до 8 устройств типа РИН-608С – дисплеев на газоразрядной панели с клавиатурой (рис. 11). Емкость экрана составляла 1920 знаков, формат – 24 строки по 80 знаков или 30 строк по 64 знака, информационное поле 240×240 мм, существовала возможность управления от ГУУ на расстоянии до 1000 м.

Комплексы РВ-2, РВ-3 и их модификации применялись в качестве базовых вычислительных средств в АСУ войсками, системах слежения и траекторных измерений космических объектов, спутниковой связи, управления пуском межконтинентальных баллистических ракет, в интересах Главного разведывательного управления Генерального штаба Министерства обороны СССР.

География поставок мобильных комплексов была самой разнообразной – от Западной группы войск в ГДР до войсковых объединений на Дальнем Востоке. Стационарные комплексы были поставлены в военные академии связи, химической защиты, инженерную академию, Научно-производственное объединение (НПО) прикладной механики (Красноярск), НИИ приборостроения (Москва), Российский НИИ космического приборостроения (Москва). С использованием РВ ЭВМ планировалось переоснащение вычислительных центров ракетных войск стратегического назначения [6]. Мобильными вариантами были обеспечены штабы групп войск.

Главной особенностью моделей РВ ЭВМ являлось то, что впервые была достигнута практически полная программная и протокольная совместимость ряда мобильных и наиболее распространенных в стране стационарных ЭВМ. Это открывало целый ряд новых возможностей: отладки и отработки программ и систем на стационарных ЭВМ (без опасения, что при переносе их на мобильные возникнет необходимость перепрограммирования), дублирования стационарных систем аналогичными мобильными, создания единых систем обработки информации с использованием мобильных и стационарных комплексов, объединения в единую информационную систему народно-хозяйственного информационного комплекса с оборонным с соответствующими системами разграничения доступа к информации [13].

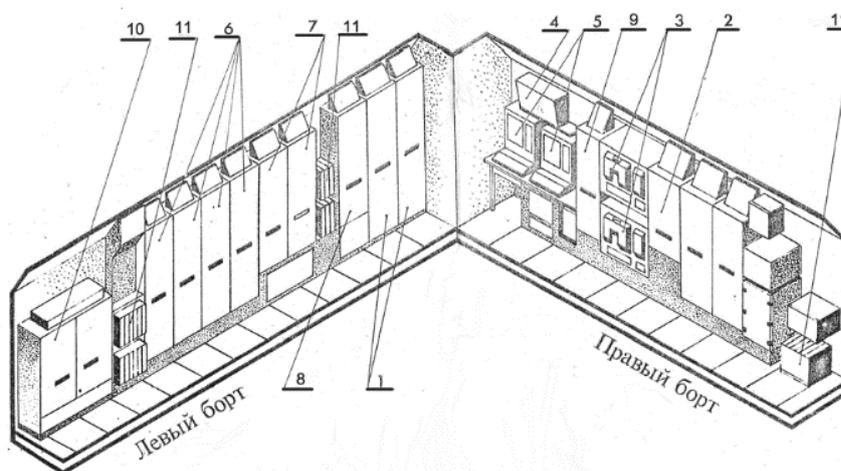


Рис. 10. Размещение технических средств РВ-3 в кузове-фургоне: РИН-608С (1 – процессор, 2 – УУ КНМЛ, 3 – КНМЛ, 4 – пульт управления, 5 – дисплей, 6 – НМД, 7 – УУ НМД, 8 – устройство связи, 9 – последовательное печатающее устройство, 10 – параллельное печатающее устройство, 11 – кассеты с МЛ)

Объём отгрузки всех исполнений РВ-2 и РВ-3 составил свыше 140 единиц.

На базе РВ-3 в НИИЭВМ были разработаны, а Брестским электромеханическим заводом изготовлены одномашинный (1В546.01) и двухмашинный (1В546) вычислительные комплексы (главный конструктор Р.М. Асцатуров), в интересах НПО «Антей» (управление высокоточным оружием), а также многомашинные комплексы, включающие в свой состав несколько ЭВМ РВ-2, РВ-3 и стационарные ЭВМ семейства ЕС ЭВМ [6, 11-13].



Рис. 11. Дисплей с клавиатурой

Кроме того, существовала возможность подключения к ГУУ АЦПУ последовательного действия, а также фотосчитывающего механизма ФСМ-8 (рис. 12) и ленточного перфоратора ПЛ-150М (рис. 13). Скорость обмена данными с ЭВМ – до 400 Кб/с.



Рис. 12. Фотосчитывающий механизм ФСМ-8



Рис. 13. ПЛ-150М

Кроме того, были созданы дистанционные и локальные системы с использованием технических средств РВ и ЕС ЭВМ (система «Невод»). Была создана также система волоконно-оптической связи и соответствующие технические средства для ее реализации, как в мобильном, так и стационарном вариантах [11].

В предельно сжатые сроки изделия были изготовлены и переданы Московскому научно-исследовательскому электромеханическому институту и НПО «Вектор» г. Свердловск (Екатеринбург), где были развернуты стенды для отработки программного обеспечения и мобильные системы для полевых испытаний.

Таким образом, впервые в мире архитектура специальных (военных) ЭВМ была аналогична архитектуре ЭВМ общепромышленного исполнения, то есть архитектуре ЕС ЭВМ. По прошествии некоторого времени такой подход к созданию специальной техники получил признание и широкое распространение, его преимущества широко обсуждались в ИТ-сфере во второй половине 1990-х гг. [14]. Появление РВ ЭВМ означало для армий СССР и стран СЭВ переход на единые средства обработки информации. Разрушение Советского Союза привело к прекращению данного направления работ [6, 11].

#### V. ПЕРСОНАЛЬНАЯ ЭВМ ЕС-1845

Персональная ЭВМ (ПЭВМ) ЕС-1845 также создавалась по заказу Министерства обороны СССР. Она являлась аналогом ПЭВМ ЕС-1841 (которая на тот момент выпускались серийно), разработанным для специального (военного) применения. Это была первая в СССР серийно выпускаемая защищенная ПЭВМ, пригодная для функционирования в закрытых системах обработки данных. Организацией-разработчиком являлся НИИЭВМ. Советские, в том числе белорусские, разработчики ЭВМ и ПЭВМ реализовали оригинальные принципы, обеспечивая программную и аппаратную совместимость.

ПЭВМ ЕС-1845 была разработана на отечественной элементной базе, независимой от зарубежных технологий (рис. 14-16). Разработчиками ПЭВМ ЕС-1845 были В.Я. Пыхтин (главный конструктор) и его заместители – А.П. Запольский, Ю.В. Хлусевич, М.Б. Темкин. Техническое задание на ПЭВМ ЕС-1845 предусматривало создание стационарной ПЭВМ, имеющей защиту от утечек информации за счет побочных электромагнитных излучений и наводок.

ПЭВМ ЕС-1845 была разработана в сжатые сроки с выполнением всех требований технического задания и предъявлена на предварительные испытания в 1988 г. Их проводила специальная Комиссия с представительством практически всех родов войск, Государственной технической комиссии и КГБ СССР. Разработка была признана в целом успешной, но заказчик (Министерство обороны СССР) выдвинул дополнительное требование о необходимости защиты информации от утечек по цепи питания. Разработчики не могли его не принять, так как требование заказчика было достаточно жестким. В итоге все необходимые доработки были выполнены в сжатые сроки, а дополнительные устройства включены в состав данной ПЭВМ [11, 14]. Государственные испытания успешно завершились, и ПЭВМ ЕС-1845 была рекомендована к постановке на производство и принятию на вооружение.

В 1989 г. начался ее серийный выпуск на БЭМЗ, переориентированном на выпуск технических средств в интересах Министерства обороны СССР в 1985 г. ПЭВМ ЕС-1845 выпускалась до 1995 г. Всего было выпущено более 4 тыс. машин.

Разработчиками был использован единый стальной корпус форм-фактора «Tower» для напольной установки с откидным печатаемым люком, прикрывавшим панели двух накопителей на гибких магнитных дисках НГМД-5,25. Остальные компоненты (монитор, клавиатура, мышь, принтер) также имели стальные или алюминиевые корпуса и экранированные кабели. Экран черно-белого CGA-монитора был покрыт тонкой полупрозрачной металлической сеткой. Такое исполнение заметно снижало возможности утечки информации, однако делало работу оператора очень некомфортной. Для соединения компонентов использовались устойчивые к грубому обращению круглые герметичные разъемы типа РШ. Общий вес комплекта превышал 47 кг [14].



Рис. 14. ПЭВМ ЕС-1845



Рис. 15. Манипулятор ЕС 1845



Рис. 16. Корзина для графической информации плат ПЭВМ ЕС1845. 7 позолоченных разъёмов СНП34-135В-В

При поставке ЕС-1845 заказчиком возникла неожиданная проблема. В один из визитов в Брест на БЭМЗ разработчики с интересом узнали, что с некоторого времени ЕС-1845 отпускается потребителям по шесть единиц на специальных поддонах. На вопрос «почему?» главный инженер ответил, что после первых отгрузок резко возросло количество рекламаций из воинских частей. Проведенное расследование показало, что разгрузка изделий в красивой и прочной многоцветной таре ведется в войсках из кузовов машин методом сбрасывания, что оказывает отрицательное влияние на изделие, предназначенное для стационарного использования, а поддон из кузова можно снять только погрузчиком.

В результате совместной продуктивной работы БЭМЗ и НИИЭВМ производство ПЭВМ ЕС-1845 быстро обрело стабильность и успешность. Вооруженные силы СССР получили изделие с требуемыми параметрами и отечественной комплектацией. Позже комплект ПЭВМ ЕС-1845 был введен в состав комплекса РВ-3. Успех ПЭВМ ЕС-1845 предопределил продолжение работ по созданию ПЭВМ в защищенном исполнении. К сожалению, наметившиеся процессы развития не получили [11, 14].

## VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

До начала 1990-х гг. все разработки ЭВМ специального (военного) назначения, в том числе и бортовых ЭВМ и их комплексов, выполнялись на отечественной элементной базе и обеспечивали паритет с разработками ведущих мировых производителей по основным тактико-техническим характеристикам.

При создании специальных ЭВМ использовались оригинальные системные, схемотехнические и конструкторские решения. Так же разрабатывалось и их программное обеспечение. Слабо развитая элементная база стимулировала поиск нетрадиционных решений, которые подчас приводили к появлению специальных машин и оборонных систем, по многим показателям превосходящих существовавшие.

Коллективы предприятий разработчиков ЭВМ военного назначения обладали научно-техническим заделом и необходимым кадровым потенциалом, что в содружестве с научно-исследовательскими учреждениями Министерства обороны СССР позволяло ставить и решать сложные задачи в области обороны страны [1, 15].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Труды Виртуального компьютерного музея. История отечественных управляющих вычислительных машин (1955-1987 гг.). Под ред. Я.А. Хетагурова. М., 2011 г. 215 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://computer-museum.ru/books/muzeum\\_trud.pdf](https://computer-museum.ru/books/muzeum_trud.pdf). – Дата доступа: 25.05.2023.
2. Пройдаков Э. Компьютеры делают романтики // Страницы истории отечественных ИТ. Т. 1. Сост. Э.М. Пройдаков. М.: Альпина Паблишер, 2015. С. 6-8.
3. Сушкевич Т.А. К 50-летию первой отечественной полупроводниковой ЭВМ «Весна» и отечественной компьютерной графики // Научный сервис в сети Интернет: многообразие суперкомпьютерных миров. Труды Междунар. супер-компьютер. конф., Новороссийск, 22-27 сент. 2014 г. Новороссийск: Издательский дом МГУ им. М.В. Ломоносова, 2014. С. 122-125.
4. Левин В.К. Электронные вычислительные машины «Весна» и «Снег» [Электронный ресурс] // Виртуальный компьютерный музей. – Режим доступа: <https://www.computer-museum.ru/histussr/vesna.htm>. – Дата доступа: 25.05.2023.
5. Масленников М.В., Сушкевич Т.А. Асимптотические свойства решения характеристического уравнения теории переноса излучения в сильно поглощающих средах // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1964. Т. 4. № 1. С. 23-34.
6. Малашицкий Г.В., Понарин О.С., Шарафиев Д.А. Характеристики технических средств, выпускавшихся БЭМЗ [Электронный ресурс] // Виртуальный компьютерный музей. – Режим доступа: [https://computer-museum.ru/histussr/bemz\\_harakteristiki.htm](https://computer-museum.ru/histussr/bemz_harakteristiki.htm). – Дата доступа: 25.05.2023.
7. История предприятия – ОАО «Брестский электромеханический завод» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bemzbrest.by/ru/about/history/216-workshistory.html>. – Дата доступа: 25.05.2023.
8. Атомные подводные лодки с баллистическими ракетами. Проект 667-БДР «Кальмар» (Delta-III class) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://topwar.ru/18801-apl-s-ballisticheskimi-raketami-proekt-667-bdr-kalmar-delta-iii-class.html>. – Дата доступа: 25.05.2023.
9. Крейсерские подводные лодки Проект 667БДР, шифр «Кальмар» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://вфгумрф.рф/flot/proekt-kalmar.html>. – Дата доступа: 25.05.2023.
10. Soviet Military Power DD-ST-85-06588.JPEG [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Soviet\\_Military\\_Power\\_DD-ST-85-06588.JPEG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Soviet_Military_Power_DD-ST-85-06588.JPEG). – Дата доступа: 25.05.2023.

11. Быченков В.Ф. и др. История вычислительной техники в Беларуси: Научно-исследовательский институт электронных вычислительных машин. Под общ. ред. В.Ф. Быченкова, Г.Д. Смирнова. Минск: НИИ ЭВМ, 2008. 311 с.
12. Аверьянов В.А., Понарин О.С. Ряд возимых ЭВМ [Электронный ресурс] // Виртуальный компьютерный музей. – Режим доступа: <https://computer-museum.ru/articles/brestskiy-elektromekhanicheskiy-zavod-bemz/294/>. – Дата доступа: 25.05.2023.
13. Смирнов Г.Д. Ряд возимых ЭВМ (РВ ЭВМ) [Электронный ресурс] // Виртуальный компьютерный музей. – Режим доступа: <https://computer-museum.ru/histussr/rv-evm.htm>. – Дата доступа: 25.05.2023.
14. Витер В.В. Персональная ЭВМ ЕС-1845 на Брестском электромеханическом заводе. Некоторые малоизвестные факты [Электронный ресурс] // Виртуальный компьютерный музей. – Режим доступа: [https://www.computer-museum.ru/articles/universalnie\\_evms/1445](https://www.computer-museum.ru/articles/universalnie_evms/1445). – Дата доступа: 25.05.2023.
15. Штейнберг В.И. К истории создания мобильных средств вычислительной техники для АСУ войсками фронта «Маневр» [Электронный ресурс] // Виртуальный компьютерный музей. – Режим доступа: <https://computer-museum.ru/articles/materialy-mezhdunarodnoy-konferentsii-sorucum-2014/792>. – Дата доступа: 25.05.2023.

## ОПЫТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ АРХИВНОЙ СИСТЕМЫ МАРС ДЛЯ БЭСМ-6 И РАБОТА ПО ЕЕ ДИЗАССЕМБЛИРОВАНИЮ

Леонид Александрович Брухис

*Synopsys Inc, Санта Клара, Калифорния, США, leob@mailcom.com*

**Аннотация** – В сообщении рассказывается о восстановлении функциональности архивной системы МАРС БЭСМ-6 (частью не сохранившейся СУБД «КОМПАС») и работе по ее дизассемблированию.

**Ключевые слова** – БЭСМ-6, эмуляция, СУБД КОМПАС, МАРС-6, мониторинговая система «Дубна», Паскаль.

### I. ВВЕДЕНИЕ. УПОМИНАНИЯ СИСТЕМЫ МАРС

В юбилейном сборнике «50 лет ВЦ РАН: История, люди, достижения» читаем: в 1977-1978 гг. [В.И. Филипповым] была разработана «архивная система» Марс-6 для БЭСМ-6, представляющая собой интерпретируемый «микрокод» основных и вспомогательных операций обращения к базам данных, широко используемая в ВЦ АН СССР и других организациях страны для реализации систем хранения и СУБД различных моделей.

В 1979 г. совместно с И.В. Величко была реализована сетевая СУБД Альма-1 с доступом (и реализацией) через Алгол-60, а в 1980 г. – сетевая СУБД Компас с доступом (и реализацией) через язык Паскаль БЭСМ-6 [4, с. 121].

Среди сохранившейся документации программного обеспечения БЭСМ-6, описывающей особенности входного языка Паскаль [1], встречается упоминание и краткое описание реализованного интерфейса к системе хранения данных МАРС-6, реализованной В.И. Филипповым (ВЦ АН СССР), со ссылкой на готовящуюся публикацию «В.И. Филиппов, И.В. Величко. Архивная система МАРС-6 и её интерфейсы. Обработка символьной информации № 5, в печати».

К сожалению, найти 5-й выпуск сборника «Обработка символьной информации» ни в каталоге РГБ, ни в других каталогах не удалось. Встал вопрос о возможности восстановить функциональность этой системы в режиме эмуляции, базируясь на имеющейся документации и двоичных образах дисков.

### II. ИНТЕРФЕЙС ПАСКАЛЬ-МАРС

Согласно [1], для работы с архивной системой МАРС-6 нужно в первую очередь указать, где располагается её двоичный код («При использовании в языке Паскаль системы МАРС необходима зона кодов системы МАРС ..., которая переписывается отдельно от личной системной библиотеки-компилятора»). Судя по тому, что там же упоминается способ создания области базы данных с помощью системы «Пульт», можно предположить, что искомая зона присутствует в составе системы «Пульт», которая сохранилась на образах дисков, используемых в эмуляторе БЭСМ-6.

В [3] находим упоминание «База данных МАРС в окончательном варианте будет представлять реализацию подмножества предложений КОДАСИЛ. ... каждая запись занимает во внешней памяти столько ячеек, сколько фактически требуется для ее размещения плюс 2-3 служебных ячейки. Имеются приказы: считать, записать, исключить, распечатать каталог, открыть подчиненную базу данных. Каталог в БД лексически упорядочен. Большим преимуществом является то, что все записи доступны из прикладных программ, написанных на АЛГОЛЕ, ФОРТРАНЕ, ПАСКАЛЕ и т.д.».

Действительно, в составе системы «Пульт» в образе диска 2048 (с кодами систем программирования), полученного из ИТМ и ВТ АН СССР, в соответствии с каталогом модулей системы Пульт в [3] обнаруживается зона 10268 с кодом для обработки диалоговой команды БД, названная в каталоге «КОБЛА», и следующая за ней зона 10278 с кодом собственно процедур работы с базой данных, названная в каталоге «БАНДИТ». В слове 1 этой зоны находится ключевое слово «БАНДИТ» («БАНк Данных И Текстов», личное сообщение В.И. Филиппова).

Считая, что именно эта зона имеется в виду под «зоной кодов системы МАРС», попробуем определить, насколько функционален интерфейс Паскаля к ней. Для этого скомпилируем программу, состоящую исключительно из вызова одной из процедур интерфейса к системе МАРС, и дизассемблируем её.

```

1 PROGRAM MAIN(OUTPUT);(*=P-,T-,S8*)
2 VAR A:ARRAY [1..100] OF INTEGER;
3 BEGIN PUTD('ARRAY', A) END.

```

Эта программа вызывает процедуру PUTD, записывающую массив из 100 слов в базу данных с ключом «ARRAY».

Псевдокомментарий (\*=P-,T-,S8\*) означает выключение отладочной информации и всех проверок во время исполнения для сокращения размера получаемого кода и облегчения его анализа.

В результате получаем ассемблерный код, в части, относящейся к вызову процедуры PUTD, выглядящий следующим образом:

```

, XTA ,*0023B .=6HARRAY
14, VTM ,144B (100 десятичное)
, ITS ,14
15, ATX ,
11, VTM ,GAK/7 (адрес локального массива)
14, VTM ,3 (3 – код операции PUTD)
13, VTM ,P/EF (переход на завершение после возврата)
, UJ ,PAIB (вызов интерфейсной процедуры)

```

Здесь можно увидеть, что значение ключа и длина данных передается в стеке, а адрес данных и код операции – на регистрах. Варьируя вызываемые процедуры, описанные в [1] («Для работы с системой MAPC в языке Паскаль-Монитор разработаны следующие стандартные процедуры ... позволяющие отводить на некоторой памяти (барабаны, диски, ленты) область MAPCa (NEWD), открывать область (OPEND), после открытия засылать значения паскаль-переменных в область (PUTD), выбирать их из неё (GETD), исключать элементы из области (DELD) и модифицировать их значения (MODD)»), получаем следующую таблицу:

Процедура	Код операции
NEWD	2
OPEND	0
PUTD	3
GETD	4
DELD	1
MODD	5

Заметим также, что в компиляторе Паскаля имеется задел для нереализованной процедуры FIND.

Рассмотрим, что происходит в интерфейсной процедуре PAIB. В ее коде<sup>1</sup> перед переходом непосредственно на выполнение системы MAPC, находим перекодировку номеров процедур в «микрокод», упомянутый в юбилейном сборнике ВЦ РАН.

Номер процедуры	Микрокод (восьмеричный)
0 (OPEND)	25 12 14 11 31
1 (DELD)	27 23 14 11
2 (NEWD)	26 21 15 11 31 / 10 12 14 11
3 (PUTD)	26 21 15 11
4 (GETD)	22 14 11
5 (MODD)	20 40 26 21 00 15 11

(Процедура NEWD выполняется с помощью двух последовательных вызовов системы MAPC, с передачей системе первого и второго из двух упомянутых кодов соответственно.)

<sup>1</sup> В дизассемблированном виде (автокод Мадлен)

<https://github.com/besm6/besm6.github.io/blob/master/sources/mars/pasbdi.asm>

В то же время, в коде зоны 1027<sub>8</sub> диска 2048<sup>2</sup> не находим ничего, походившего бы на исполнение микрокоманд. Более того, в тех словах, на которые производится переход из интерфейсной процедуры Паскаля, располагаются данные, что, при попытке использования этой зоны в качестве кода системы MAPC-6 приводит к потере управления и аварийному останову. Для исполнения определенной команды в указанной зоне имеются отдельные точки входа, соответствующие шести перечисленным процедурам.

Исходя из этого, можно заключить, что версия системы «Пульт», имеющаяся на сохранившемся образе диска, содержит в себе более ранний вариант системы MAPC-6, нежели та, на которую рассчитывает интерфейс, реализованный в языке Паскаль. На этом работы по восстановлению функциональности системы были прерваны на долгое время.

### III. МИКРОКОД MAPC-6

При внимательном изучении содержимого диска 2048, полученного из учебного центра ВМФ в Сосновом Бору, в составе диалоговой системы «РЭКС-1981», о которой не удалось найти какой-либо информации, обнаружилась зона с системой MAPC-6, соответствующая ожиданиям интерфейса языка Паскаль, что позволило продолжить изыскания.

Попытаемся выяснить значения отдельных микрокодов. Обратим внимание, что код 31 встречается только для процедур работы с каталогом массивов данных. Можно предположить, что код 31 означает выбор каталога массивов данных в качестве рабочего массива. Тогда из этого будет следовать, что микрокод исполняется справа налево, от младших разрядов к старшим. Дизассемблирование зоны системы MAPC-6 подтверждает эти предположения.

Рассмотрим теперь код 11, встречающийся в микрокоде всех шести процедур. Поскольку все эти процедуры работают с ключом записи, будь то запись в составе массива данных, или имя массива для процедуры NEWD и OPEND, логично предположить, что это поиск записи по ключу.

Далее обратим внимание, что процедуры, ожидающие наличие записи с данным ключом (OPEND, DELD, GETD) после кода 11 исполняют код 14, а процедуры, ожидающие отсутствие записи (NEWD, PUTD) – исполняют код 15 (процедуру MODD, как единственную из шести, содержащую нетривиальное условное поведение, рассмотрим позднее). С помощью трассировки выяснилось, что при невыполнении соответствующего условия эти коды прерывают исполнение «микропрограммы» с диагностикой об ошибке. Последний оставшийся нерассмотренным код 22 в процедуре GETD, как нетрудно предположить – команда копирования блока данных из массива в память пользователя.

Две других базовых процедуры работы с элементами данных – DELD и PUTD. В функциональность PUTD должны входить выделение памяти под новую запись, копирование блока данных из памяти пользователя в массив, и включение вновь созданной записи в сохраняемую на внешнее устройство структуру данных. Исходя исключительно из номеров микрокоманд, установить, какие конкретные действия выполняют микрокоманды 21 и 26, не представляется возможным. Команда DELD выполняет обратную операцию. Как и в предыдущем случае, какие конкретные действия выполняют микрокоманды 23 и 27, пока неясно.

Оставшиеся нерассмотренными коды 12 и 25 в процедуре OPEND копируют найденный по ключу дескриптор массива в «текущий дескриптор», запускают открытие массива по дескриптору и устанавливают открытый массив в качестве текущего.

После сказанного, детали функциональности процедуры NEWD становятся прозрачными: она состоит из установки каталога массивов в качестве текущего, выполнения PUTD, что заносит запись об имени создаваемого массива и его местоположении в каталог, и выполнения OPEND с заменой кода 25 на код 10. Код 10 – это инициализация массива данных. Этот же код используется и для создания каталога массивов данных с помощью процедуры PASACD («Для заведения специальной области "КОБЛА", содержащей каталог остальных областей, используется фортран-процедура PASACD», [1]).

Обратим здесь внимание, что повторять код 31 второй раз не нужно, поскольку каталог массивов на момент исполнения кода 11 уже является текущим, а код 14 оказывается избыточным, поскольку сразу после создания записи с указанным ключом она обязательно найдётся. Таким образом, должно быть возможно упростить библиотечную функцию PAIB, уместив микрокод каждой из вызываемых процедур в одно слово.

<sup>2</sup> В дизассемблированном виде (автокод БЕМШ)

<https://github.com/besm6/besm6.github.io/blob/master/sources/mars/re-bandit.asm>

Рассмотрим теперь процедуру MODD (в порядке исполнения, коды 11 15 00 21 26 40 20). Можно заметить, что ее начало представляет собой практически ту же последовательность микроопераций, что и PUTD (в порядке исполнения, коды 11 15 21 26), но с нулевым кодом после проверки на отсутствие ключа.

Трассировкой можно выяснить, что при отсутствии записи в массиве записи с указанным ключом выполняются микрооперации с кодами 11 15 21 26 40, а при ее наличии, когда требуется лишь заменить элемент данных в уже имеющейся в массиве записи, выполняются коды 11 15 20 (где 20 – копирование данных в уже имеющийся элемент). Логике этого поведения удалось понять лишь после дизассемблирования соответствующей команды: если код, следующий за кодом 14 или 15 – нулевой, но после него в командном слове есть ненулевые коды, то невыполнение условия приведет не к возврату с диагностикой ошибок, а к пропуску ровно трёх микрокоманд, следующих за нулевым кодом. Код 40 – завершение выполнения командного слова.

Дизассемблирование кода MARC-6<sup>3</sup> позволило приблизительно понять значение некоторых других микрокодов. Так, например, коды 01-04 осуществляют работу с итераторами: установку итератора на начало или конец списка записей, лексикографически упорядоченных по значению ключа, и декремент-инкремент итератора.

Разъяснить семантику остальных микрокодов и их назначение для реализации функциональности полноценной СУБД ещё предстоит.

#### IV. СТРУКТУРА ДАННЫХ MARC-6

Выясним, насколько эффективны были структуры данных, использованные в системе. Для этого напишем программу, создающую массив, и заносщую в этот массив записи той или иной длины до тех пор, пока не возникнет ошибка по переполнению БД:

```

1 PROGRAM MAIN(OUTPUT, BDERRN);
2 VAR L, BDERRN:INTEGER; A:ARRAY [1..10] OF INTEGER;
3 PROCEDURE PASSETAR(I: INTEGER); EXTERNAL;
4 PROCEDURE PASACD(VAR I: INTEGER); FORTRAN;
5 PROCEDURE TRY(L:INTEGER);VAR I:INTEGER;
6 BEGIN { процедура каждый раз создает базу данных заново }
7 I := 1520000C; PASACD(I); PASSETAR(I);
8 I := 1520001C; NEWD('ARRAY', I); OPEND('ARRAY'); {массив длиной 1 зона}
9 (X) FOR I := 1 TO 1024 DO BEGIN
10 PUTD(I, A:L); {запись с ключом I, длиной L и произвольным содержимым}
11 IF BDERRN <> 0C THEN EXIT X; {если была ошибка, выход из цикла}
12 END;
13 WRITELN(' В 1024 СЛОВА ПОМЕЩАЕТСЯ ', I-1:3, ' ЗАПИСЕЙ ДЛИНЫ ', L:2);
14 BDERRN := 0C; {сброс ошибки}
15 END;
16 BEGIN FOR L := 0 TO 10 DO TRY(L) END. {пробуем длины от 0 до 10}

```

Программа выдаёт следующий результат (сообщения об ошибках, кроме первого, опущены):

```

01040В ADR, 06 DATA BASE ERROR, 002621 MICRO RUN, NAME= P
В 1024 СЛОВА ПОМЕЩАЕТСЯ 235 ЗАПИСЕЙ ДЛИНЫ 0
В 1024 СЛОВА ПОМЕЩАЕТСЯ 189 ЗАПИСЕЙ ДЛИНЫ 1
В 1024 СЛОВА ПОМЕЩАЕТСЯ 158 ЗАПИСЕЙ ДЛИНЫ 2
В 1024 СЛОВА ПОМЕЩАЕТСЯ 136 ЗАПИСЕЙ ДЛИНЫ 3
В 1024 СЛОВА ПОМЕЩАЕТСЯ 120 ЗАПИСЕЙ ДЛИНЫ 4
В 1024 СЛОВА ПОМЕЩАЕТСЯ 107 ЗАПИСЕЙ ДЛИНЫ 5
В 1024 СЛОВА ПОМЕЩАЕТСЯ 94 ЗАПИСЕЙ ДЛИНЫ 6
В 1024 СЛОВА ПОМЕЩАЕТСЯ 87 ЗАПИСЕЙ ДЛИНЫ 7
В 1024 СЛОВА ПОМЕЩАЕТСЯ 78 ЗАПИСЕЙ ДЛИНЫ 8
В 1024 СЛОВА ПОМЕЩАЕТСЯ 74 ЗАПИСЕЙ ДЛИНЫ 9
В 1024 СЛОВА ПОМЕЩАЕТСЯ 69 ЗАПИСЕЙ ДЛИНЫ 10

```

В тексте сообщения об ошибке присутствует адрес, код ошибки (6 – «ПЕРЕПОЛНЕНА»), три следующие микрокоманды, начиная с микрокоманды, вызвавшей ошибку (здесь – микрокоманда 21) и

<sup>3</sup> <https://github.com/besm6/besm6.github.io/blob/master/sources/mars/re-mars.asm>

текстовое представление ключа, с которым производились действия на момент ошибки. Поскольку использованный в программе ключ был не текстовым, а числовым, содержимое этого поля содержит «мусор».

Составив несложные уравнения, можно заключить, что размер заголовка архива составляет около 60 ячеек, а количество служебных ячеек в каждой записи, не считая слова-ключа, действительно, равно 3, как и сказано выше.

#### V. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Архивная система МАРС-6 для БЭСМ-6 представляет собой объектно-ориентированный процедурный интерфейс обобщенного ассоциативного контейнера на внешней памяти, обеспечивающий необходимую функциональность для реализации полноценной системы управления базами данных.

Остроумное использование микропрограммирования позволило снизить нагрузку на ограниченную по размеру оперативную память БЭСМ-6. Дальнейшие работы по более детальному изучению системы МАРС-6 позволят в полной мере оценить инженерные решения, использованные при её разработке.

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ. БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена автором в качестве хобби. Автор благодарит В.И. Филиппова за информацию о структуре системы МАРС-6 и её месте в составе СУБД КОМПАС.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пирин С.И. Язык Паскаль-Монитор и его использование. М.: ВЦ АН СССР, 1978. 55 с.
2. Мазный Г.Л. Программирование на БЭСМ-6 в системе «Дубна». М.: Наука, 1978. 272 с. (Библиотечка программиста.)
3. Система ПУЛЬТ-78. Общая структура и рекомендации по обслуживанию. Под ред. В.Л. Сметанина. М.: ВЦ АН СССР, 1978. 68 с.
4. 50 лет ВЦ РАН: история, люди, достижения. М.: ВЦ РАН, 2005. 319 с.

## ПУТЬ ЧЕРЕПАХИ: ЭВОЛЮЦИЯ LOGO-ПОДОБНЫХ ЯЗЫКОВ

Василий Владимирович Буров<sup>1</sup>, Евгений Дмитриевич Патаракин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт цифрового образования МГПУ, МИЭМ НИУ ВШЭ, Москва, Россия, vasily.burov@gmail.com

<sup>2</sup>Институт цифрового образования МГПУ, НИУ ВШЭ, Москва, Россия, patarakin@gmail.com

**Аннотация** – Logo – это название философии образования и, одновременно, постоянно развивающегося семейства языков программирования, как помогающих в ее реализации, так и решающих такие задачи, как наглядное многоагентное моделирование для различных областей научных исследований. Статья рассматривает развитие многочисленных потомков языка Logo, изначально созданного в 1967 году для обучения школьников математике и алгоритмам, включая советские и российские разработки. Кроме разнообразия направлений, в которых эволюционировал Logo, внимание уделено возникновению и развитию российского сообщества, связанного с этим языком.

**Ключевые слова** – Logo, языки программирования, конструкционизм, сообщества.

### I. ВВЕДЕНИЕ

Появление вычислительной техники повлияло на образование как с точки зрения появления самостоятельной отрасли обучения, так и новых концепций образования в целом. Одним из наиболее ярких проявлений этого – выдвинутая Сеймуром Пейпертом (Seymour Papert) идея конструкционизма. Пейперт считал, что дети не выступают пассивными получателями знаний, а наоборот, сами их активно конструируют. Пейперт продолжил развивать подход известного идеолога конструктивизма в педагогике Жана Пиаже (Jean Piaget) — идею о том, что дети учатся быстрее всего, когда они сами формируют свои представления об увиденном и делают собственные заключения, а не когда им говорят, как они должны воспринимать мир. Эту идею Пейперт дополнил положением, что люди учатся лучше, если они вовлечены в создание конкретных объектов, которые им самим интересны. При этом ставку он сделал не на традиционные формы обучения, а на только начавшие тогда становиться массовыми компьютеры. В это время Пейперт пришел после работы с Пиаже в Швейцарии в Массачусетский технологический институт (MIT) и совместно с Марвином Мински (Marvin Lee Minsky) основал там знаменитую лабораторию искусственного интеллекта.

Одним из продуктов этой работы стало появление языка Logo – ставшего одновременно и символом нового философского подхода в образовании, и важной точкой в развитии языков программирования, и родоначальником целой группы специализированных языков программирования, выходящих за рамки чисто образовательных целей.

В этой статье представлены исторический фон и цели создания Logo, а также его отражение в России, в виде как самостоятельных реализаций, так и формирования сообщества вокруг образовательных практик. Во многих публикациях название оригинального языка пишут как LOGO, что не совсем корректно. Название Logo не является акронимом, а происходит от греческого ‘logos’ [1]. Поэтому мы будем употреблять именно оригинальное написание наименования.

### II. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ

Первый интерпретатор Logo появился в 1966 году на компьютере PDP-1 [2]. Он был написан Даниэлем Боброу (Daniel Bobrow) в компании Bolt Beranek and Newman, Inc. (BBN)<sup>1</sup> и стал одним из результатов активно развивавшегося в 60-е годы сотрудничества BBN с MIT в сфере искусственного интеллекта, в первую очередь с лабораторией искусственного интеллекта Марвина Мински. Их исследовательские проекты в области искусственного интеллекта включали понимание естественного языка, распознавание образов и обучение с помощью компьютера.

К этому времени Боброу уже создал в рамках своей диссертации систему STUDENT для решения алгебраических задач, известную как одно из первых успешных приложений искусственного интеллекта [3]. При этом в создании Logo он выступил именно как программист, сама же концепция языка была разработана незадолго перед этим приехавшим из Швейцарии в лабораторию Минского в MIT Сеймуром Пейпертом, а также Уоллесом Фёрзигом (Wally Feurzeig), и Синтией Соломон (Cynthia Solomon).

<sup>1</sup> Сейчас входит в концерн Raytheon.

Как позже отмечал Фёрзиг, катализатором внимания BBN к тематике образования послужил успех компании в реализации концепции разделения времени – BBN продемонстрировала первый успешный компьютер с разделением времени в 1964 году [4]. В условиях очень дорогого в 1960-х машинного времени, это показало потенциал для проникновения компьютеров в образование в будущем – задолго до революции персональных компьютеров.

Концепция языка программирования, предназначенного для студентов и обучения, возникла в результате исследовательской работы в системах разделения времени в классах, которая помогла детям изучать математику. Это исследование было проведено с использованием языка TELCOMP в 1965-66 годах при поддержке Управления образования США. В исследовательскую группу входили четверо сотрудников BBN – Уоллес Фёрзейг, Даниэлем Боброу, Ричард Грант (Richard Grant) и Синтия Соломон, – и Сеймур Пейперт из Массачусетского технологического института [5]. Пейперт отвечал за функциональные спецификации, а Боброу отвечал за разработку первой реализации [4]. Название Logo было придумано Фёрзейгом, чтобы подчеркнуть тот факт, что язык является символическим, а не количественным [1].

Первоначально постановка целей разработки Logo BBN'67 выглядела так [4]:

1. Третьеклассники должны иметь возможность использовать его для простых задач с очень небольшой подготовкой.
2. Его структура должна включать математически важные концепции с минимальным вмешательством в соглашения программирования.
3. Он должен позволять выражать математически богатые нечисловые, а также численные алгоритмы.

Большинство языков того времени плохо поддерживали нечисловые вычисления и не имели хороших функций взаимодействия (отладки и редактирования). В результате команда разработала систему с высокой интерактивностью. Также требованием была поддержка файловой системы для возможности сохранить и продолжить потом работу учеников [2]. Также, изначально как ключевые особенности языка Logo рассматривались модульность, расширяемость, интерактивность и гибкость. Эти конструктивные особенности тесно связаны с образовательными целями языка [6].

Но задумка в создании Logo была более глубокой. Он создавался не только – и не столько – для того, чтобы обучать навыкам программирования. Цель была более глобальной: обучение метакогнитивным навыкам и решению проблем, реализуя с помощью компьютера зарождавшуюся тогда концепцию конструкционизма Пейперта [7].

Предварительная версия Logo 1967 года состояла из 20 команд и 14 встроенных функций. На рис.1 показана простейшая демонстрационная программа, написанная для этого интерпретатора [8]. Поскольку он был разработан в некотором смысле как «детская» версия LISP, Logo находится под сильным его влиянием. Исходный интерпретатор для PDP-1 был написан на LISP, и в его среде было возможно выполнение s-выражений с помощью команды LISP. А в разработке следующей версии в 1968 году принял участие один из разработчиков первой реализации LISP Майкл Левин (Michael Levin). Такие концепции LISP как сборка мусора, рекурсия и манипуляции с символами, заняли центральное место в Logo [2].

Программа	Вывод на терминале
<pre>to t1 5 print "function t1 entered" 10 make "A" "this is A from t1" 20 make "B" "this is B from t1" 30 print /A 40 print /B 50 do t2 55 print "just returned from t2" 60 print /A 70 print /B  to t2 10 print "function t2 entered" 20 print /A 30 print /B 40 make "A" "this is a new A from t2" 50 print /A</pre>	<pre>-&gt; do t1 function t1 entered this is A from t1 this is B from t1 function t2 entered this is A from t1 this is B from t1 this is a new A from t2 just returned from t2 this is a new A from t2 this is B from t1 -&gt;</pre>

Рис. 1. Пример программы из первого руководства Logo 1967 года

Первая версия LOGO была протестирована на учащихся шестого и седьмого классов полевой школы Hanscom в Линкольне, штат Массачусетс, в июле 1967 года. Но, как это ни удивительно, в той версии отсутствовало то, что все сейчас неразрывно связывают с языком Logo – не было виртуального исполнителя «черепаха» и ни одной связанной с этим команды.

Она появилась только в следующей версии. Сначала это было реальное физическое устройство (рис. 2), которое подключалось к компьютеру, ставилось на большой лист бумаги и могло рисовать на нем, подчиняясь командам компьютера, таким как LEFT, RIGHT, FORWARD или BACK. Позже, в 70-х, даже появились коммерческие компании, производившие этих аппаратных черепах на коммерческой основе, например Terrapin Software. А затем черепаха стала спрайтом на графическом экране компьютера, который мог рисовать линии и картинки, используя те же команды черепах, которые управляли аппаратными черепахами [6].



Рис. 2. Ранняя аппаратная реализация Черепахи Logo

В итоге, в первую официальную версию Logo, выпущенную BBN в 1968 году, были добавлены команды управления «Черепахой». Эта версия содержала 38 команд, 45 встроенных функций и 12 зарезервированных имен. На рис. 3 показан пример кода с управлением Черепахой, использованный как демонстрационный пример Пейпертом [9].

```

TO ROLL :DISTANCE
IF :DISTANCE = 0 STOP
CIRCLE 360
FORWARD 10
ROLL :DISTANCE - 1
END

TO POLY :STEP :ANGLE
FORWARD :STEP
RIGHT :ANGLE
POLY :STEP :ANGLE

TO POLYSPI :STEP :ANGLE
FORWARD :STEP
RIGHT :ANGLE
POLYSPI :STEP+10 :ANGLE

```

Рис. 3. Код Logo для управления Черепахой

С сентября 1968 года по ноябрь 1969 года она использовалась при обучении математике в начальной и средней школе в рамках годового исследовательского проекта Национального научного фонда [4].

После этого центр дальнейшего развития Logo переместился из BBN в Массачусетский технологический институт. Вокруг Пейперта собралась группа, которая занималась исследованиями и разработками в области Logo и развитием практического воплощения идей конструкционизма. До конца 1970-х годов Logo фактически не использовался за пределами местных школ недалеко от Массачусетского технологического института, а также в Эдинбурге (Шотландия) и Тасмании (Австралия) – где в университетах образовались партнерские исследовательские группы [6].



Рис. 3. Школьники и Черепаха Logo

### III. РАЗВИТИЕ ЯЗЫКА LOGO И ЕГО НАСЛЕДНИКИ

После публикации в 1980 году книги Сеймура Пейперта «Mindstorms» [5] интерес к Logo резко возрос, плюс это совпало с массовым появлением домашних и школьных компьютеров. В результате было выпущено множество версий Logo для них. Язык широко поддерживался тогдашними лидерами рынка Apple, Atari, IBM и TI. Atari даже создала Кембриджский исследовательский центр Atari, которым руководила Синтия Соломон, возглавлявшая программу обучения учителей использованию Logo на занятиях. Поддерживали Logo и популярные игровые компьютеры Commodore, для которых в интерпретаторы добавляли «игровые» качества.

В результате к середине 80-х существовало три основных ветви языка Logo. Компания Logo Computer Systems, Inc. (LCSI), основанная Сеймуром Пейпертом, производила Apple Logo, Apple Logo II, Atari Logo и IBM Logo, и все программы, написанные на этих диалектах LCSI Logo, были независимыми от платформы и переносимыми. Другой разновидностью Logo, тесно связанной и совместимой с LCSI Logo, был MIT Logo – над которым продолжала работать команда Пейперта в Массачусетском технологическом. Эти версии работали на Commodore, Apple и IBM PC и продавались под названием Krell and Terrapin. Третьей разновидностью были системы Logo, созданные в компании LISP Machine, которые существенно отличались от других реализаций, больше напоминая LISP. Существовали и другие реализации Logo, некоторые из них не были совместимы с тогдашними стандартными системами LCSI и MIT LOGO [10].

Возникали и исследовательские модификации Logo для изучения различных вопросов в образовании. Например, Брайан Сильверман (Brian Silverman) и Майкл Темпл (Michael Temple) внесли элемент случайной ошибки в Logo, создав «Fuzzy Logo» – диалект который не всегда дает желаемые результаты. Стандартные команды «вправо», «влево», «вперед» и «назад» в нем имели «случайную ошибку до десяти процентов», так что команда «вперед 100» могла привести к перемещению черепахи между 90 и 110 единицами [11].

Интересным направлением стал LEGO Logo. В нем использовался более аппаратно-ориентированный подход, позволяя размещать источники света и моторы, размещенные в кубиках LEGO, и управлять ими с помощью программы в Logo. Его потомками с одной стороны стал ориентированный на самую младшую школьную аудиторию Scratch с его визуальным подходом к программированию, а с другой – линейка LEGO Mindstorm, занявшая место мирового стандарта для начального обучения в области робототехники.

Дальнейшие усилия Пейперта и его группы, ставшие значимой частью Media MIT Lab, были направлены на перенос управляемого исполнителя Черепахи в компьютерную среду и разработку среды для обучения на базе высокоуровневого языка – Logo, Logo for Children и LogoWriter. LogoWriter был разновидностью LCSI Logo, содержащей текстовый процессор и несколько черепах. Он был первым из потомков Logo, который действительно изменил среду программирования учащихся; пользовательский интерфейс стал более интуитивно-понятным, а пакет был переведен на многие языки – включая русский, о чем пойдет речь далее.

На идеях Logo построен NetLogo – переросший образовательную нишу и ставший одним из основных средств многоагентного моделирования в академической практике социальных наук и биологии. Среди современных потомков также можно отметить Snap!, StarLogo TNT, Squeak и другие – выходящие уже за границу нашего исследования.

#### IV. ПОТОМКИ LOGO В РОССИИ И ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЕ

Несколько мини-языков были разработаны с использованием Logo и широко использовались в СССР, например, Путник, Turingal и Turtoise [12]. Множество учебных проблем было связано с задачами управления простым агентом «Путником», перемещающимся по отмеченному полю со стенами. Формальная концепция исполнителя была разработана российскими исследователями Г.А. Звенигородским и А.Г. Кушниренко. Исполнитель включает агент, действующий в микромире, и небольшой набор команд и запросов к агенту, возвращающих значения. Концепция исполнителя делает возможным использование нескольких агентов в рамках одного языка программирования. Философия КуМир заключается в том, что язык имеет компактное ядро, которое можно динамически расширять путем загрузки одного или нескольких отдельно подготовленных модулей, то есть исполнителей с новыми микромирами и субъектами, или даже новых числовых пакетов и абстрактных типов данных. Такой подход позволяет легко настроить систему с несколькими исполнителями [14].

В странах Восточной Европы появились многочисленные потомки Черепашки Logo. Logo Comenius, мощная по своим возможностям версия Logo, была написана в Словацкой Республике [14]. KIDLOGO, компактный микромир для использования в детских садах и для специального образования, был разработан в Венгрии [15]. Geomland – версия Logo, включающая инструментальный эвклидовой геометрии, была разработана в Болгарии [16]. IconLogo, разработанный доктором Сергеем Сопруновым и его группой в Институте новых технологий в образовании (Москва), включал текстовый процессор, графический редактор и музыкальный синтезатор [17]. Другие российские программы, предназначенные для обучения алгоритмам и программированию, такие как МикроМир, Алгоритмика и Роботландия, также использовали концепцию исполнителя.

Такое разнообразие не породило какого-либо популярного в глобальном масштабе продукта, но явилось важной отправной точкой для развития сообщества вокруг конструкционистских подходов и обучения информационным технологиям.

#### V. РАЗВИТИЕ LOGO-СООБЩЕСТВА В РОССИИ

Ставший в определенном смысле революционным LogoWriter представлял собой сочетание языка программирования, текстового процессора, графики и анимации. LogoWriter, безусловно, был хорошим инструментом для реализации проектно-ориентированного подхода – и стал катализатором для формирования российского сообщества и ряда интересных проектов. В России его продвигал и поддерживал Институт новых технологий в образовании [18].

Формирование сетевого сообщества российских преподавателей, использующих в своей практике язык Logo и его разновидности, такие как LogoWriter, Splash LogoWriter, LogoExpress и MSWindows Logo, началось в начале 1990-х годов и было связано с организацией летних компьютерных школ в г. Переславль-Залесский и информационно-образовательной сети «Uchcom», созданной в 1992 году Институтом программных систем Российской Академии Наук. Uchcom специализировался на таких аспектах образования, как физика, математика, когнитивная психология, мультимедиа. Однако Logo Media была самой успешной работой в Uchcom, потому что LogoWriter активно использовался в телекоммуникационных проектах: Космонавт (была реализована идея «чата»), Компьютерный театр (реализована идея телеконференции), Микромир (реализована идея переписки), Фантастический мир (реализована идея упоминания) [19]. Это базировалось на возможности делиться работами и объединять страницы LogoWriter в совместный проект.

Целью Logo Media было исследование образовательных возможностей телекоммуникаций в среде Logo и создание телекоммуникационной ассоциации русских пользователей Logo. В июле 1993 года участники проекта из разных городов России (Москва, Санкт-Петербург, Череповец, Ярославль, Нижний Новгород, Саранск, Омск, Норильск) приняли участие в двухнедельном семинаре Международной компьютерной школы в Переславле-Залесском. Школа имела телекоммуникационный доступ в Интернет и могла распространять свои материалы через образовательную сеть «ТВ-ИНФОРМ».

Телекоммуникации Logo и LogoNet – это термины, используемые для описания возможности общения групп учеников и преподавателей в разных местах по Интернету через программный интерфейс LogoExpress и LogoNet [20]. Участники сети обменивались статическими текстовыми, графическими и цифровыми видеоизображениями LogoWriter, отформатированными в виде файлов LogoWriter. Таким образом, ученики в Переславле-Залесском могли «общаться» с учениками в Омске и делиться друг с другом историями, графикой и картинками.

## IV. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Графика черепашки Logo оказала огромное влияние на формирование направления мини-языков, первым из которых стал сам Logo. У мини-языков скромный синтаксис и простая семантика. Поэтому ученик, даже очень маленький, может овладеть всем мини-языком и использовать его, получая интересные результаты. Второе важное преимущество состоит в том, что мини-языки построены на интересных и визуально привлекательных метафорах. В каком-то смысле все языки с графическим исполнителем, активно используемые в образовании, являются потомками Logo. Как писал Петр Брусилковский (Petr Brusilovsky), используя большинство существующих мини-языков, «ученик узнает, что такое программирование, изучая, как управлять действующим субъектом, которым может быть черепаха, робот или любой другой активный агент, действующий в микромире» [13]. Хотя действующим агентом может быть и физическое устройство, ученик обычно имеет дело с программной моделью такого устройства и наблюдает за поведением исполнителя на экране. Действующий агент может выполнять небольшой набор команд и отвечать на несколько запросов, возвращающих значения. Обычно ученик управляет агентом сначала посредством отдельных команд, затем посредством написания небольших программ на специальном мини-языке программирования.

Logo оказал влияние на российское образование, не только представив отдельный язык программирования и его потомков, но и сформировав международную культуру Logo, в которой можно делиться радостью от обучения, использовать свои ошибки в творческом контексте, работать с учениками и учителями как с партнерами в научно-исследовательской группе. В конце двадцатого века Черепаха Logo была интересным граничным объектом [21], который объединил людей из разных стран и разных профессиональных сообществ.

К сожалению, сегодня в России нет известных проектов, продолжающих развитие семьи Logo как новых учебных или специализированных языков программирования. Однако на опыте ранних сообществ, сформированных вокруг Logo, живет и активно развивается сообщество Scratch, включающее как учителей и учеников, появляются успешные коммерческие проекты, базирующиеся на этой базе, такие как Robbo (ранее ScratchDuino). Это позволяет надеяться, что когда-то может вернуться и активная позиция в разработке и перспективных исследованиях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Goldenberg, E. Paul. Logo – A Cultural Glossary // Byte. August 1982. P. 218.
2. Weiner, W. et al. The LOGO Processor: A Guide for System Programmers. Vol. 4. Cambridge, MA. Bolt Beranek and Newman, Inc.
3. Norvig P. Paradigms of artificial intelligence programming: case studies in Common Lisp. San Francisco, California: Morgan Kaufmann, 1992. Pp. 109-149.
4. Feurzeig W. The LOGO Lineage. Digital Deli. Workman Publishing Company, New York, NY. 1984.
5. Papert S. Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas. Basic Books. New York, NY. 1980.
6. Logo History [https://el.media.mit.edu/logo-foundation/what\\_is\\_logo/history.html](https://el.media.mit.edu/logo-foundation/what_is_logo/history.html)
7. Tayla, Robert (editor). The Computer in the School. Teacher College Press, Columbia University, NY. 1980.
8. Frazier F. The LOGO System: Preliminary Manual. Cambridge, MA. BBN. 1967.
9. Papert S. Teaching Children Thinking // Contemporary Issues in Technology and Teacher Education. 1972. Vol. 5. Pp. 353-365.
10. Harvey B. Computer Science LOGO Style: Intermediate Programming. Vol. 1. The MIT Press, Cambridge, MA. 1985.
11. Fuzzy Logo [http://cher.media.mit.edu/pub/logo/literature/Fuzzy\\_Logo.txt](http://cher.media.mit.edu/pub/logo/literature/Fuzzy_Logo.txt)
12. Brusilovsky P. et al. Mini-languages: a way to learn programming principles // Education and Information Technologies. 1997. Vol. 2. № 1. Pp. 65-83.
13. Brusilovsky P. et al. Teaching Programming to Novices: A Review of Approaches and Tools. Vancouver, BC, Canada., 1994. Pp. 103-109.
14. Blaho A., Kalas I., Tomcsanyi P. Comenius Logo: Environment for teachers and Environment for learners //Proc. of the EUROLOGO. 1993. Vol. 93.
15. Turcsányi-Szabó M. Approaching Arts through Logo // Proc. of the Sixth European Logo Conference. 1997. Pp. 284-294.
16. Sendov B., Sendova E. East or West – GEOMLAND is Best, or Does the Answer Depend on the Angle? //Computers and exploratory learning. Springer, 1995. Pp. 59-78.
17. Soprunov S., Yakovleva. The Russian School System and the Logo Approach: Two Methods Worlds Apart //Logo Philosophy and Implementation. Logo Computer Systems Incorporated, 1999.
18. Parmentier C., Pervin Y. Les nouvelles technologies informatiques dans l'enseignement, un vecteur de la perestroïka // Bulletin de l'EPI (Enseignement Public et Informatique). 1992. № 67. Pp. 209-219.

19. Patarakin E.D. New educational BBS established in Russia // Internet Society News. 1993. № 1. Pp. 14-17.
20. Dickinson S. Logo Telecommunications: Crossing Boundaries and Opening Minds. 1995. P. 16.
21. Wenger E. Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity. Cambridge University Press, 1999. 340 p.

## ДИАЛОГОВАЯ СИСТЕМА СТРУКТУРИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Юлия Сергеевна Владимирова

Факультет ВМК МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация, vladimirova@cs.msu.ru

**Аннотация** – Диалоговая система структурированного программирования ДССП была создана в начале 1980-х годов в МГУ под руководством главного конструктора троичных машин «Сетунь» и «Сетунь-70» Н.П. Брусенцова. ДССП разрабатывалась как средство программирования мини- и микрокомпьютеров, в основе были идеи, примененные в машинном языке «Сетуни 70». После переноса на персональные ЭВМ, она стала развиваемой системой программирования, обладающей рядом преимуществ, актуальных до настоящего времени. Существует несколько версий ДССП, в том числе поддерживающие троичную арифметику и логику.

**Ключевые слова** – программное обеспечение, структурированное программирование.

### 1. ПРЕДЫСТОРИЯ

В статьях [1-3] рассказывалось об уникальных троичных вычислительных машинах «Сетунь» и «Сетунь-70», оперировавших числами в троичной симметричной системе счисления. Диалоговая система структурированного программирования ДССП многие свои черты унаследовала от машинного языка «Сетуни-70». Это, в частности, двухстековая архитектура и синтаксис языка, основанный на бескомочной польской инверсной записи ПОЛИЗ [4].

Первый вариант основанной на ПОЛИЗ системы автоматического кодирования был реализован раньше, в 1963-64 г. на «Сетуни» в качестве одной из интерпретирующих систем (ИП) [4]. В состав этой ИП входил входной язык СИМПОЛИЗ-64, внутренний троичный язык ИНПОЛИЗ и операционная система ПОЛИЗ, в которую в свою очередь входил интерпретатор и программные библиотеки.

Данная ИП предназначалась для тех машин «Сетунь», на которых предполагалось использовать транслятор с языка АЛГОЛ. Польская инверсная запись была применена в качестве его входного языка, так как это существенно упрощало алгоритмы трансляции. В то же время, интерпретация ПОЛИЗ осуществлялась на «Сетуни» весьма просто.

Неизбежное замедление выполнения программ в режиме полной интерпретации было небольшим – в среднем в 2,5-3 раза по сравнению с выполнением на ИП-3 [3] и компенсировалось тем, что программы на ПОЛИЗе были в 2-3 раза короче, чем на машинном языке. Наиболее существенным выигрышем от применения ПОЛИЗ было заметное упрощение создания и сопровождения программ [4].

Опыт использования ИП ПОЛИЗ был учтен при разработке в 1967 году троичной машины «Сетунь-70» [2]: польская инверсная запись была использована в качестве машинного языка также с целью повышения компактности программ и эффективности их трансляции. Такое решение потребовало ввести в архитектуру арифметический стек и использовать вместо стандартных машинных команд с кодами операций и адресами безадресных слогов, которые оперировали значениями в стеке или осуществляли пересылки значений в стек из памяти.

Единственным применением «Сетуни-70» была автоматизированная система обучения «Наставник» [5]. Ее разработка изначально была затруднена тем, что велась на машинном языке, так как для «Сетуни-70» не было создано базового программного обеспечения. Упростить разработку удалось благодаря внедрению идей предложенного Э. Дейкстры структурированного программирования, целью которого было сокращение трудоёмкости создания программ, обеспечение легкости их понимания и модификации [6].

Принципы структурированного программирования оказалось достаточно несложно внедрить в стековую архитектуру: для этого потребовалось добавить системный стек и пополнить машинный язык командами ветвления, цикла и перехода к подпрограмме [2]. Соответствующая перестройка архитектуры «Сетуни-70» была осуществлена в 1975 г. После указанных изменений её машинный язык и архитектура послужили прототипом ДССП.

### 2. СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Внедрение команд структурированного программирования на уровне машинного языка было необычным решением. Как правило, структурированное программирование понимается как технология составления и сопровождения больших программ на высокоуровневых языках программирования.

Суть ее состоит в последовательной декомпозиции программ: выполняемое программой действие разбивается на несколько обособленных поддействий, которые в свою очередь также разбиваются на составные части до тех пор, пока подпрограммы не окажутся состоящими из нескольких команд языка программирования. Этот способ программирования называется нисходящим («*top-down*»). Результатом оказывается представление программы в виде иерархической структуры программных блоков, каждый из которых выполняет четко определённую функцию, чем и обеспечивается понятность, простота отладки и модификации программ [7].

Возможен и противоположный, восходящий способ («*bottom-up*»), который используется, в частности, для развития программных систем, а также при отладке программ.

Применение технологии структурированного программирования, как правило, приводит к некоторому снижению эффективности программ: структурированная программа длиннее обычной и выполняется дольше. В большинстве случаев это с запасом компенсируется повышением качества программы в течение всего её жизненного цикла.

ДССП. Первый вариант ДССП был разработан в 1980-82 гг. как система программирования мини- и микрокомпьютеров [8]. Эти цифровые машины были выполнены на интегральных схемах, благодаря чему производились большими тиражами и использовались для решения широкого круга прикладных задач. Их дешевизна достигалась не только высокоавтоматизированной технологией, но и существенным ограничением ресурсов и аппаратных функций. Универсальность обеспечивалась наличием в них набора лишь самых примитивных операций и типов данных, поэтому при разработке прикладных программ было необходимо основательное понимание устройства их архитектуры и машинного языка. С другой стороны, многообразие применений предполагало не только наличие большого количество программного обеспечения, но и возможность их программирования специалистами в той или иной прикладной области, не являющихся профессиональными программистами. Кроме того, были распространены микрокомпьютеры различных архитектур, поэтому актуальной была также и проблема переносимости программного обеспечения.

В связи с этим к программному обеспечению предъявлялись достаточно высокие требования: оно должно было предоставлять средства решения прикладных задач при минимальных аппаратных функциях, обладать высокой эффективностью, доступностью для широкого круга пользователей и переносимостью. Необходимо было обеспечить снижение трудоемкости разработки программ и их хорошую модифицируемость по сравнению с программированием на языке ассемблера.

Существовавшее для микрокомпьютеров программное обеспечение полностью указанные проблемы не решало [9]. Для программирования использовались достаточно сложный в освоении ассемблер и языки высокого уровня, такие как паскаль, фортран или бейсик. Последний специально разрабатывался для использования непрофессиональными программистами, но его удобство было получено ценой существенного синтаксического обеднения.

Следует также отметить, что не все существовавшие на тот момент языки обеспечивали хороший стиль программирования. Часто плохо решалась и задача переносимости. Для запуска программ, предназначенных для одной архитектуры, на другой, использовались кросс-системы, в состав которых входил эмулятор той системы команд, для которой была предназначена система изначально.

В [9] отмечается, что один из удачных способов решения этой проблемы был применен в языке FORTH [10], являющемся, по сути, программным эмулятором двухстековой машины, для которой реализованы интерпретатор и компилятор. Простота реализации эмулятора обеспечивает хорошую его переносимость. Простота синтаксиса языка, похожего на ПОЛИЗ, в сочетании с мощными средствами программирования являются неоспоримыми достоинствами этого языка.

FORTH – чрезвычайно гибкий язык программирования. Например, наличие встроенного ассемблера позволяет повышать компактность и быстродействие программ на FORTH путем вставки в них фрагментов на ассемблере. Другой пример – программная доступность стека возвратов.

Программирование на FORTH предполагает наличие этапа проектирования, после которого продуманная заранее программа конструируется восходящим способом, начиная с самых мелких ее составляющих. Эти принципы и средства разработки позволяют получать чрезвычайно эффективные программы, но они предназначены для использования профессиональными программистами и не были доступны для неспециалистов.

Все перечисленные выше требования оказались достижимыми благодаря применению приёмов, выработанных в ходе разработки архитектуры ЭВМ «Сетунь-70», в частности, средств поддержки структурированного программирования, получивших воплощение в ДССП.

Структура ДССП. Ядром ДССП является стековый ДССП-процессор. На его вход подаются либо команды непосредственно с терминала, либо последовательность команд в виде скомпилированной программы. В ДССП-процессоре имеются два стека: стек операндов (аналог арифметического стека ЭВМ «Сетунь-70»), предназначенный для обмена значениями между командами и стек возвратов (аналог системного стека), обеспечивающий вызов подпрограмм, ветвления и циклы. ДССП-процессор последовательно выполняет подаваемые на его вход команды.

В состав ДССП обычно включаются также компилятор, словарь базисных процедур, редактор и отладчик. По сути ДССП – больше, чем язык программирования, это виртуальный процессор с собственной архитектурой, адресацией памяти, системой команд и набором средств составления и отладки программ. При этом ядро ДССП – это небольшой компактный набор программ, которые реализуются достаточно просто. Остальные составляющие, такие, как редактор, являются надстройкой над ядром, что обеспечивает простоту переносимости системы. Кроме того, компактность ядра делает возможной его реализацию на оборудовании с очень небольшими ресурсами.

Еще одной важной особенностью ДССП является простота синтаксиса языка, благодаря которой система оказалась не только лёгкой в освоении пользователями, но и обеспечивала следование ими структурированной технологии программирования. Это было достигнуто применением так называемого процедурного программирования.

### 3. ПРОЦЕДУРНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Синтаксис языка ДССП предельно прост: единственным конструктивом в нем является процедура, т.е. поименованное действие. Существует несколько типов процедур. Обычная процедура выполняет какие-либо действия над стеком операндов. Например, процедура + складывает два числа в вершине и подвершине стека:

[a, b] + [a+b]

В квадратных скобках в качестве комментария перечисляются значения в стеке операндов. Значения в стеке принято перечислять через запятую слева направо, начиная с элемента, находящегося на наибольшей глубине, так что вершина стека оказывается самой правой в списке.

Процедуры с собственной памятью обеспечивают работу с хранимыми в памяти значениями. Например, константа 5 является в ДССП процедурой, единственное действие которой – это засылка значения 5 в вершину стека операндов. Процедуры, обладающие памятью, играют роль переменных различного формата. Например, переменная X, объявленная как целое число, засылает свое значение в вершину стека:

[ ] X [значение X]

Процедуры-префиксы влияют определённым образом на выполнение одной или нескольких процедур, непосредственно следующих за ними во входном потоке. С их помощью реализуются, например, процедуры создания новых процедур и доступа к памяти. Команда

VARX

объявляет процедуру с памятью формата «4-байтное число».

Другой пример: команда

[5] !X

осуществляет запись в память переменной X значения 5.

Префиксными процедурами реализуются также ветвления и циклы. Например, команда

[x] BRSP1 P2 P3

осуществляет ветвление по знаку числа в вершине стека. Если  $x < 0$ , то будет выполнена процедура P1, и произойдет возврат в точку после процедуры P3. Если  $x = 0$ , будет выполнена P2, если  $x > 0$ , то выполнится P3.

Ядро ДССП содержит небольшой набор процедур, называемых примитивами, и реализованных непосредственно на машинном языке. Все остальные процедуры определяются как последовательность других процедур. Каждая вложенная процедура является либо примитивом, либо, в свою очередь, определяется как последовательность вложенных процедур. Таким образом, программа на ДССП выстраивается в иерархическую структуру, на верхнем уровне которой головная процедура, а на нижнем – примитивы.

Для внутреннего представления программ в ДССП используется сшитый код (threaded code), для которого характерно представление тел процедур в виде последовательности вызовов вложенных процедур. Такой способ обладает рядом преимуществ, в частности, допускает декомпиляцию процедур, а также позволяет компилировать и выполнять процедуру, даже в случае, когда не все вложенные в неё процедуры определены.

Стек *операндов и комментариев*. В ДССП стек операндов предназначен для обмена значениями между процедурами. Все элементы стека операндов имеют одинаковый размер, зависящий от версии ДССП. Контроль со стороны системы за типами операндов отсутствует – интерпретация значений в стеке полностью возлагается на обрабатывающие их процедуры. Это придает языку дополнительную гибкость, но уменьшает наглядность программ. Для описания операндов процедур и промежуточных состояний стека в ДССП используются комментарии, наличие которых считается обязательным.

#### 4. СЛОВАРЬ ДССП

Программа на ДССП представляет собой последовательность слов, понимаемых как имена процедур. Совокупность всех слов, известных процессору, составляет словарь ДССП. Словарь включает небольшой набор примитивов, наборы, реализующие компоненты ДССП, например, отладчик. Каждый такой набор называется подсловарём. В ДССП имеются команды управления подсловарями, в частности, команда создания нового подсловаря, в который будут помещаться все компилируемые процедуры. Существуют команды открытия подсловаря для использования и для пополнения новыми словами, команда закрытия и удаления подсловаря.

В ДССП процедуры, определенные посредством других процедур, по своему действию неотличимы от примитивов. Эта регулярность языка обеспечивает высокую степень развиваемости и мобильности ДССП. Пакет процедур, решающих определённую задачу, может дозгружаться к базовой ДССП и использоваться наряду с процедурами базового набора без каких-либо ограничений.

Так как основой ДССП является бесскобочная запись арифметических выражений, в ней отсутствуют и операторные скобки, позволяющие сгруппировать несколько слов в блок. Любой такой блок должен определяться как процедура.

В этом есть некоторые неудобства – в программе появляется большое количество коротких процедур. Например, при необходимости присвоить переменной X значения из вершины стека, если это значение положительно, оператор присваивания, реализуемый префиксной процедурой !X, требуется вынести в отдельную процедуру:

```
...[x] CIF+ P ...  
: P [x] !X[ ];
```

И таких процедур может возникнуть достаточно много. С другой стороны, при отсутствии операторных скобок становятся ненужными иерархии процедур и присущие высокоуровневым языкам правила видимости. Все процедуры открытого подсловаря оказываются доступными для использования.

Как правило, подсловарь представляет собой программную библиотеку, решающую некоторую задачу. В нем имеется небольшой набор головных процедур, и вложенные в них процедуры, использование которых дальше не предполагается. Существуют средства чистки подсловаря – удаления из доступа имен вложенных процедур.

*Отладка.* Поддерживаемое ДССП структурированное программирование и иерархическая структура ДССП-программ предполагает их отладку последовательной восходящей проверкой. Сначала проверяются процедуры самого нижнего уровня, затем те, компонентами которых они являются, и так далее, пока не будут отлажены процедуры самого высокого уровня. Такой способ отладки оказывается более эффективным, чем традиционное тестирование. Кроме того, структура программы в виде иерархии вложенных подпрограмм способствует исчерпывающей проверке всех ветвей программы.

Использование для внутреннего представления сшитого кода сделало возможной отладку недоопределенных процедур. Процедура, в теле которой есть вызов еще не определенной процедуры, может быть скомпилирована и выполнена. Тело неопределенной процедуры заменяется компилятором процедурой-заглушкой, вызывающей останов работы программы. Если неопределенная процедура вызывается в ветке, переход к которой не предполагается, остальная часть программы может отлаживаться и использоваться. Исчерпывающее описание ДССП приведено в [11].

#### 5. РАЗВИТИЕ ДССП

Первая версия была разработана в 1980-82 гг. для миникомпьютера «Электроника НЦ-03Д», последующая – для унифицированной архитектуры РДР-11. До середины 1990-х ДССП развивалась достаточно интенсивно, в частности, благодаря связанным с ней научным исследованиям. К середине 1990-х существовали версии ДССП для большинства распространенных на тот момент платформ и операционных систем. Подробно различные версии ДССП, а также ее применения перечислены в [12]. Несмотря на все достоинства ДССП, после 1990-х годов ее развитие и использование практически прекратилось.

Следует отметить две версии, поддерживающие троичные вычисления, которые связаны с продолжением исследований троичных вычислений и троичной элементной базы, осуществлявшейся под руководством Н.П. Брусенцова до начала 2010-х гг. Широко известно, что современные технологии создания вычислительной техники подошли к пределу своих возможностей, и троичная техника рассматривается как одна из вариантов дальнейшего развития. В связи с этим для осуществления исследований троичных алгоритмов были созданы две версии ДССП, поддерживающие вычисления в троичной симметричной системе счисления.

Первая из упомянутых версия ДССП содержит набор операций для работы с троичными числами, отдельный троичный стек и возможность пересылки значений из стека обычного операндов в троичный и обратно.

Вторая версия, получившая название ДССП-Т [13], была разработана в МГУ в 2010 г. в рамках проекта разработки имитационной модели троичного процессора ТВМ [14]. ДССП-Т была принята в качестве основного для языка программирования для ТВМ.

Автор выражает искреннюю благодарность участнику разработки программного оснащения вычислительных машин «Сетунь» и «Сетунь-70», руководителю разработки программного оснащения системы обучения «Наставник», автору версии ДССП, оперирующей троичными числами, Хосе Рамилю Альваресу за неоценимую помощь в написании статьи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брусенцов Н.П., Рамиль Альварес Х. Троичные ЭВМ «Сетунь» и «Сетунь-70» // SORUCOM-2006: Развитие вычислительной техники в России и странах бывшего СССР: история и перспективы. В 2 ч. Ч. 1. Петрозаводск, 2006. С. 45-51.
2. Брусенцов Н.П., Рамиль Альварес Х. Троичная ЭВМ «Сетунь-70» // Труды SORUCOM-2011. Вторая Международная конференция «Развитие вычислительной техники и её программного обеспечения в России и странах бывшего СССР». Великий Новгород, 2011. С. 71-75.
3. Рамиль Альварес Х., Владимирова Ю.С. Программное обеспечение малой ЭВМ «Сетунь» // Труды SORUCOM-2014. Третья Международная конференция «Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР: история и перспективы», 13-17 октября, Казань, Россия. Казань, 2014. С. 315-318.
4. Жоголев Е.А., Лебедева Н.Б. СИМПОЛИЗ 64 – язык для программирования в символических обозначениях. Серия: Математическое обслуживание машины «Сетунь». Под общей редакцией Е.А. Жоголева. Вып. 10. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1965.
5. Брусенцов Н.П., Маслов С.П., Рамиль Альварес Х. Микрокомпьютерная система обучения «Наставник». М.: Наука, 1990.
6. Dijkstra E.W. Notes on structured programming. EWD 249 – Technical University, Eindhoven, Netherland, 1969.
7. Брусенцов Н.П., Рамиль Альварес Х. Структурированное программирование на малой цифровой машине // Вычислительная техника и вопросы кибернетики. Вып. 15. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. С. 3-8.
8. Брусенцов Н.П. Микрокомпьютеры Учеб. пособие для студ. ВУЗов. М.: Наука, 1985. 206 с.
9. Брусенцов Н.П. О программном оснащении микрокомпьютеров. // Программное оснащение микрокомпьютеров. Под ред. Брусенцова Н.П., Маслова С.П. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. С. 3-10.
10. Келли М., Спайс Н. Язык программирования Форт. М: Радио и связь, 1993. 320 с.
11. Брусенцов Н.П., Захаров В.Б., Руднев И.А., Сидоров С.А., Чанышев Н.А. Развиваемый адаптивный язык РАЯ диалоговой системы программирования ДССП. Учебное пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987.
12. Бурцев А.А., Сидоров С.А. История создания и развития ДССП: от «Сетуни-70» до троичной виртуальной машины // Труды SORUCOM-2011. Вторая Международная конференция «Развитие вычислительной техники и её программного обеспечения в России и странах бывшего СССР» (12-16 сентября 2011 г., г. Великий Новгород, Россия). С. 83-88.
13. Бурцев А.А., Рамиль Альварес Х., Кросс-система разработки программ на языке ДССП для троичной виртуальной машины // Программные системы и инструменты. Тематический сборник № 12. М.: Изд-во факультета ВМиК МГУ, 2011. С. 183-193.
14. Сидоров С.А., Владимирова Ю.С. Троичная виртуальная машина // Программные системы и инструменты. Тематический сборник № 12. М.: Изд-во факультета ВМиК МГУ, 2011. С. 46-55.

**ПЕТРОВСКИЕ ТРАДИЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ:  
ИЗ ИСТОРИИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ШКОЛЬНАЯ ИНФОРМАТИКА»**

**Михаил Александрович Вус**

*Санкт-Петербургское Общество научно-технических знаний, С.-Петербург, Российская Федерация,  
mihail-vys@yandex.ru*

*Посвящается 90-летию председателя оргкомитета профессора М.Б. Игнатьева*

**Аннотация** – Освещается опыт Санкт-Петербургской научной школы по организации и проведению конференции «Школьная информатика», учреждённой в целях развития и совершенствования образования в области прикладной информатики. Эта конференция сыграла большую роль в распространении научных знаний, способствовала развитию научно-исследовательской работы и патриотическому воспитанию обучающихся. В тексте статьи упоминаются фамилии многих ленинградских (петербургских) учёных и педагогов, внёсших большой вклад в становление и развитие прикладной информатики в сфере образования. Статья посвящена 90-летию безвременно ушедшего председателя оргкомитета конференции профессора М.Б. Игнатьева.

**Ключевые слова** – школьная информатика, информатизация образования, распространение знаний, виртуальные миры, культурное наследие, патриотическое воспитание.

I. ВВЕДЕНИЕ

Санкт-Петербургская научно-педагогическая школа имеет традиции и немалые достижения на ниве образования. Именно в этом городе 28 января 1724 г. Указом Петра Великого было основано первое в России высшее научно-учебное заведение – Академия наук в составе собственно Академии, академического университета и академической гимназии. В течение первых двух столетий столичный статус способствовал ускоренному развитию в городе научной мысли, формированию научных школ. И после возвращения в 1918 г. столичного статуса Москве глубокие исторические традиции и высокоинтеллектуальная атмосфера города позволили сохранить за Ленинградом – Санкт-Петербургом роль ведущего научного и образовательного центра страны [1].

Бурное развитие научно-технической революции в двадцатом столетии и её достижения привели к формированию тесно связанных между собой междисциплинарных научных направлений, особое место среди которых заняли кибернетика и информатика, оказавшие революционное влияние на развитие социума. Успехи отечественной науки стимулировали устойчивый интерес учащейся молодёжи к естественно-научным, прежде всего, направлениям и специальностям. Беспрецедентно быстрый прогресс в области информационных технологий во второй половине XX века: совершенствование компьютеров, программного обеспечения и средств телекоммуникаций, расширение их использования для автоматизации человеческой деятельности остро поставили вопрос ускорения распространения знаний в области информатики и обеспечения их педагогического освоения. Этот вопрос был актуален на всех уровнях: от фундаментальной науки через вузы до средней школы. Появилась неотложная необходимость вооружить молодое поколение фундаментальными знаниями, научить их непрерывно пополнять такие знания, быстро ориентироваться в изменяющихся условиях.

Ленинград в советские времена отличался развитыми шефскими связями академических, вузовских и производственных организаций с общеобразовательной школой. В Доме учёных имени М. Горького работал постоянно действовавший семинар «Учёные – школе». Регулярно проводились олимпиады по предметам, слёты юных техников, научно-технические конференции старшеклассников и др. Актуализировалось такое направление народного образования как профессиональная ориентация, что было обусловлено необходимостью ознакомления учащейся молодёжи с новыми профессиями, с необходимостью освоения новой техники. Это потребовало разработки качественных информационных материалов и пособий. За такую работу в 1982 г. были удостоены Государственной премии СССР профессор М.Б. Игнатьев и доцент Л.П. Клауз – авторы сценария документального кинофильма «Человек и робот», снятого киностудией «Леннаучфильм» по рекомендации секции кибернетики Дома учёных.

## II. ВЫЗОВ ВРЕМЕНИ

Впервые проведённая в 1981 г. в Ленинграде конференция «Школьная информатика» явилась ответом на вызов времени, интегрирующим фактором целого ряда творческих начинаний. Работы по теме «ЭВМ и школа» в нашей стране были инициированы в начале семидесятых годов и велись в Вычислительном центре Сибирского отделения АН СССР при поддержке вице-президента АН СССР академика Г.И. Марчука (в прошлом выпускника Ленинградского университета). Член-корреспондент АН СССР А.П. Ершов организовывал и проводил в новосибирском Академгородке Всесоюзные школы юных программистов. На первой такой школе в 1979 г. прозвучал, ставший впоследствии расхожим, слоган «школьная информатика». В числе участников той Всесоюзной школы с делегацией ленинградских школьников были аспиранты Н.Н. Бровин и Е.П. Смолянинова, ставшие впоследствии одними из самых деятельных организаторов конференции «Школьная информатика» в городе на Неве [2, с. 18-22].

Начало внедрения электронных информационных технологий в сферу среднего образования в Ленинграде относится ко второй половине 1960-х годов, когда в двух специализированных физико-математических школах города появились первые компьютеры (ЭЦВМ – электронные цифровые вычислительные машины). Это были отслужившие свой век ламповые ЭЦВМ первого поколения «Урал-1», а передали их школам научно-исследовательские институты. Обслуживанием компьютеров занимались передавшие их организации; учебные занятия в школах вели инженеры и научные сотрудники этих же организаций. В программах специализированных классов, кроме программирования, находили отражение вопросы вычислительной математики, двоичной арифметики, основы построения вычислительных машин.

Вокруг подвижников-энтузиастов группировались любознательные учащиеся, формировались кружки и секции по интересам. Авторитет снискали, например, летние практикумы по радиоэлектронике для учащихся физико-математических школ города, организовывавшиеся инженером НИИ Физики Ленинградского государственного университете М.А. Вусом в лабораториях нового университетского комплекса в Петродворце. В 70-е годы приобрёл широкую известность молодёжный клуб «Друзья компьютера» в Ленинградском Дворце пионеров и школьников, организованный аспирантом профессора М.Б. Игнатъева Н.Н. Бровиным.

Специализированная конференция зародилась на базе Ленинградского Дома научно-технической пропаганды как результат самостоятельности энтузиастов-единомышленников. У истоков этой конференции стояли академики А.А. Воронов, Г.И. Марчук, Н.Н. Моисеев, А.А. Самарский, члены-корреспонденты В.К. Абалакин, А.П. Ершов, С.С. Лавров, чемпион мира по шахматам М.М. Ботвинник.

Председателем оргкомитета первой ленинградской конференции был активный пропагандист компьютерной грамотности член-корреспондент АН СССР А.П. Ершов из Новосибирска. В состав оргкомитета первых конференций входили председатель секции Дома учёных профессор Л.П. Крайзмер и ведущий инженер ВНИП «Энергомашпроект» Т.Л. Волохонский; профессора Ленинградского педагогического института им. А.И. Герцена В.В. Лаптев, Н.М. Матвеев, И.А. Румянцев; заведующий лабораторией Института проблем информатики АН СССР А.Э. Гиглавый и научные сотрудники ВЦ СО АН СССР Г.А. Звенигородский и Ю.А. Первин; главные конструкторы персональных ЭВМ Б.П. Бутрин («Агат») и А.Ф. Иоффе («Искра»); член редколлегии журнала «Квант» А.Б. Сосинский; инспектор главного управления народного образования Е.В. Петухова и директор физико-математической школы № 239 Т.Б. Ефимова; заведующая кабинетом информатики Ленинградского областного института развития образования В.Г. Савицкая и методист Г.С. Фролова; методист Дома научно-технической пропаганды З.И. Семякина; преподаватели программирования С.И. Горлицкая (школа № 470), Е.В. Кочеткова (школа № 344), Е.С. Левина (школа № 330), Г.М. Малкова (школа № 239), Б.С. Медведь (школа № 30) и другие учёные и педагоги.

Оргкомитет конференции выступал интегрирующим звеном распространения знаний и обмена опытом преподавания информатики между преподавателями вузов и учителями школ. Непосредственными организаторами проведения первой и последующих ленинградских (позже санкт-петербургских) конференций «Школьная информатика» стали сотрудники Ленинградского института авиационного приборостроения: заведующий кафедрой М.Б. Игнатъев, его аспиранты Н.Н. Бровин, Г.Н. Бровина и Е.П. Смолянинова, доценты Е.И. Перовская и В.В. Фильчаков, а также научные сотрудники Ленинградского университета М.А. Вус и А.Н. Терехов (рис. 1).

В организации работы секций конференции много лет принимали участие: В.Б. Акимов (гимназия № 6), Н.С. Баранова (лицей № 590), Н.А. Гладкий (школа № 574), Е.А. Губина (ДТЮ «На Ленской»), С.Б. Долматов (ДДТ «На 9-й линии»), И.В. Ковалёва (ДДЮТ Фрунзенского р-на), Н.Н. Паньгина (ЦИТ г. Сосновый Бор), М.В. Руковчук (КЦТТ Московского р-на).

### III. ОТВЕТ НА ВЫЗОВ ВРЕМЕНИ

Среди разного рода внеклассных мероприятий конференция «Школьная информатика» сразу же заняла видное место. Работа с учащимися и студентами по подготовке и отбору докладов для конференции протекала непрерывно, сама же ежегодная конференция являлась вершиной айсберга большой работы. Специалисты, выступавшие с докладами перед учащимися на пленарных заседаниях конференции, знакомили слушателей с инновациями, заостряли их внимание на актуальных, зачастую и дискуссионных проблемах. В 80-х годах газета ленинградского Обкома ВЛКСМ «Смена» писала: «Конференции по школьной информатике позволяют встретиться в одной аудитории, как в роли докладчиков, так и слушателей и школяру в красном галстуке и маститому академику» [3].



Рис. 1. Оргкомитет конференции: М.Б. Игнатьев, М.А. Вус, Е.П. Смолянинова (стоят, слева направо), Г.Н. Бровина, Е.И. Перовская, Н.Н. Бровин (сидят), и участники конференции Петя Макин, ученик 3 класса 2-й гимназии и Лида Перовская, ученица 5 класса 74-й школы С.-Петербурга (обложка сборника «Информатика для устойчивого развития», 2000 г.)

Регулярно проводившаяся конференция давала возможность её участникам, прежде всего учащимся, получать из первых рук, почерпнув из докладов учёных, свежие идеи о развитии информационных технологий и их применении, обменяться опытом преподавателей и специалистам, выступить с докладами о своих разработках школьникам, студентам и аспирантам. Это создало возможность задействовать эффективную систему обратных связей, позволяло при рассмотрении учебно-методических вопросов анализировать и учитывать мнения не только преподавателей, но и школьников и студентов. А это позволяло оценивать сделанное, устанавливать и поддерживать дружеские и профессиональные связи, в итоге, совершенствовать учебный и воспитательный процесс. Таким образом, формировалась по-своему уникальная система распространения научных и научно-технических знаний.

Ленинградская конференция снискала широкую известность далеко за пределами города и региона. Её оргкомитет работал в тесном взаимодействии с другими научными конференциями по проблемам образования, информатики и вычислительной техники проводившимися в разных городах Советского Союза. В работе ленинградской конференции принимали участие представители многих мест большой страны. Делегации преподавателей, студентов и школьников выезжали в другие города. Совместное участие педагогов и учащихся в работе конференции по школьной информатике переопределяло переориентацию преподавания этой учебной дисциплины от репродуктивного нацеленного на воспроизводящее мышление, к проблемному, направленному на развитие познавательных способностей учащихся. При этом сам процесс обучения информатике рассматривался как звено в процессе информатизации образования.

Уже первые проведённые конференции, пропаганда и популяризация в школах знаний по информатике дали возможность накопить богатый эмпирический материал для совершенствования системы образования. Профессиональная деятельность и педагогический опыт позволил организаторам конференции предложить ряд инноваций, способствующих повышению качества образования. Оргкомитет конференции выступил с предложением и обосновал необходимость разработки государственного политического документа о принятии комплекса мер, направленных на повышение компьютерной грамотности учащихся.

Избранный в 1984 г. академиком АН СССР А.П. Ершов принимал участие в работе ленинградских конференций «Школьная информатика» вплоть до своей кончины (1988). Под его руководством и при непосредственном деятельном участии был подготовлен проект принятого в 1985 г. постановления

ЦК КПСС и СМ СССР «О мерах по обеспечению компьютерной грамотности учащихся средних учебных заведений и широкого внедрения электронно-вычислительной техники в учебный процесс»<sup>1</sup>.

Принятое государственное постановление сыграло исключительно большую роль в развитии информатизации в нашей стране. Дисциплина «Информатика» из разряда факультативных стала обязательным школьным предметом. Однако интегрирование информатики в учебный процесс общеобразовательной школы проходило не просто. Помимо недостатка преподавателей, учебников и качественных учебно-методических материалов процесс тормозился фактической недоступностью в первый период для большинства учебных заведений соответствующей материально-технической базы.

Первые советские персональные компьютеры (ДВК – диалогово-вычислительный комплекс) появились в начале 80-х гг. только в самых продвинутых школах. Массовый выпуск бытовых компьютеров (БК), технические характеристики и возможности которых были весьма ограничены, начался в стране только в 1986 г. В 1988 году, например, в образовательных учреждениях Ленинграда имелось до 20 типов различных электронно-вычислительных машин, которые были ни аппаратно, ни программно несовместимы. При этом только 15% школ города имели собственные компьютерные классы; в остальных школах преподавание информатики осуществлялось в лучшем случае на программируемых калькуляторах, в худшем – на грифельной доске и бумаге [4, с. 34-40].

В таких условиях педагогический актив конференции «Школьная информатика» выступил интегрирующим звеном распространения знаний и обмена опытом преподавания этой дисциплины. Была предпринята разработка экспериментальных программ для школ и центров информатизации образования, разработаны методические пособия. На базе ведущих вузов города была организована и осуществлена подготовка учителей информатики для школ города и области. В порядке шефства в 1985-1990 гг. ряд ведущих вузов Ленинграда предоставляли возможность школьникам осваивать практическую часть курса информатики на базе своих вычислительных центров.

#### IV. ИНФОРМАЦИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СФЕРЕ

Вся история ленинградской (в последствии Санкт-Петербургской) конференции по школьной информатике оказалась связана с преобразованиями в системе образования и в жизни нашей страны. С 1993 г. органами управления образованием, уже новой России, начала проводиться целенаправленная закупочная политика, предусматривавшая приобретение компьютерного оборудования стандарта IBM. Эту работу курировали работники Комитета по образованию Ю.В. Соляников, Ю.П. Малышев и И.Ф. Базлов. По инициативе тогдашнего председателя Комитета по образованию Санкт-Петербурга члена-корреспондента Академии образования О.Е. Лебедева был создан Региональный центр информатизации образования, возглавлявшийся В.П. Дрибинским. Массовые поставки компьютерных классов в школы Санкт-Петербурга стали осуществляться с 2001 г.

Усилиями Санкт-Петербургского филиала Института новых информационных технологий (руководители профессор В.А. Носкин и к.ф.-м.н. С.М. Балабанов) в 1994 г. в Санкт-Петербурге была создана первая в России (доинтернетовская) телекоммуникационная сеть. Двумя годами позже эта телекоммуникационная сеть благополучно вписалась в сеть Интернет, создав возможности питерским студентам и школьникам для приобщения ко всемирной компьютерной паутине [5, с. 7-21].

Связавшая весь мир глобальная сеть, высокопроизводительные компьютеры и мультимедийная техника в значительной степени изменили образовательные технологии и учебный процесс в школах. Активнее стали использовать возможности информационных технологий учителя-предметники, в частности, учителя биологии. Качественно изменилась и сама конференция «Школьная информатика и проблемы устойчивого развития», переместившись из лекционных аудиторий с чисто умозрительными докладами в компьютерные классы. В программах конференции появились интересные работы, выполненные в различных программных средах: компьютерные модели, расчётные и статистические задачи, проекты в области интернет-технологий. С 1996 г. на конференции начали представлять мультимедийные проекты. Членом оргкомитета конференции, преподавателем информатики Е.П. Смоляниновой, на базе крупнейшего в городе Физико-математического лицея № 239 была организована их наглядная демонстрация.

Применение информационно-коммуникационных интернет-технологий дало возможность проводить секции конференции в дистанционном формате. Вследствие этого в последующие годы конференция

---

<sup>1</sup> Постановление ЦК КПСС и СМ СССР «О мерах по обеспечению компьютерной грамотности учащихся средних учебных заведений и широкого внедрения электронно-вычислительной техники в учебный процесс» (не для печати) от 28.03.1985 г. № 271.

широко раздвинула прежние рамки, включив в себя зарубежные секции в распределённом режиме, стала Международной. Расширился и круг участников конференции в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Ежегодно на конференцию заявлялось до 500 докладов; число только школьников, зарегистрировавшихся в качестве участников конференции, в отдельные годы превышало тысячу человек.

#### V. НАУЧНАЯ ШКОЛА ПРОФЕССОРА М.Б. ИГНАТЬЕВА

После академика А.П. Ершова оргкомитет конференции «Школьная информатика» возглавил заведующий кафедрой тогда ещё Ленинградского института аэрокосмического приборостроения профессор М.Б. Игнатъев, ставший к тому времени и председателем секции кибернетики Дома учёных им. М. Горького. Пленарные заседания конференции переместились в исторические интерьеры Владимирского дворца. В рамках конференции органично сочетались образовательная и воспитательная составляющие. Каждая готовившаяся конференция посвящалась знаковым событиям в истории мировой и отечественной науки и становилась заметным общественным событием. Неоценимую помощь конференции оказывали председатель Санкт-Петербургского научного центра РАН академик Ж.И. Алфёров и ректор Санкт-Петербургского государственного Политехнического университета академик Ю.С. Васильев. Активно содействовал организации проведения конференции актив Общества научно-технических знаний (исполнительный директор Т.В. Баскина).

За период своего существования конференция «Школьная информатика» продемонстрировала примеры ряда успешных творческих начинаний, выступила своеобразной формой организационно-методических инноваций. Уже в девяностые годы в рамках конференции широко обсуждались системные разработки задач информатизации образования в средней школе, педагогическом вузе и аспирантуре как едином образовательном пространстве. Эти работы проводились в рамках Федеральной программы «Информатизация образования», заданной в 1993 г. На повестке дня в тот период стояла стратегическая задача системной интеграции информационных технологий обучения, управления и коммуникации, разработанных по отдельности для различных сфер автоматизированного информационного обслуживания, в полностью автоматизированную среду для обеспечения синергизма педагогического воздействия в системе «Преподаватель – ЭВМ – Обучаемые».

В центре внимания организаторов и участников конференции постоянно находились практические вопросы информатизации образования в регионе, по ним велись оживлённые дискуссии. Итогом таких дискуссий стала разработка ряда принятых в разные годы управленческими структурами города концептуальных документов таких, например, как городская целевая программа «Информатизация образования» (1990-1995 гг.), «Корпоративная информационная система образования Санкт-Петербурга» и др.

Коллективом учёных и педагогов-практиков была предпринята разработка стандартов по информатике и экспериментальных программ для ленинградских школ и центров информатизации образования, что способствовало формированию и становлению цикла учебных дисциплин по информатике в педагогическом вузе. В основу разрабатывавшихся проектов была положена концепция образовательного учреждения высокой информационной культуры, жизнедеятельность которого обеспечивается полной средой автоматизированного информационного обслуживания. Общее научное сопровождение проектов осуществлял Ленинградский государственный педагогический институт имени А.И. Герцена. В этой работе принимали активное участие профессора И.А. Румянцев, В.В. Лаптев, М.Б. Игнатъев и другие, а также директора ставших экспериментальными площадками школ Г.Н. Бровина (школа № 1 г. Тосно Ленинградской области) и Г.А. Румянцева (школа № 644 Санкт-Петербурга) [6, с. 90-102].

Особенностью Санкт-Петербургской конференции явилось то, что вопросы содержательного наполнения информационных образовательных технологий решались за счёт введения в рассмотрение проблемы устойчивого развития. С 1994 г., после Указа Президента Российской Федерации о концепции перехода к устойчивому развитию<sup>2</sup>, конференция стала именоваться конференцией по школьной информатике и проблемам устойчивого развития, включив в свои программы целый спектр вопросов устойчивого развития человека, семьи, предприятия, города, региона [6, с. 13-25]. Значительное внимание в докладах конференции уделялось вопросам компьютерного моделирования.

Тематика научных направлений конференции «Школьная информатика» откликалась на актуальные социально-экономические проблемы. По мере развития процессов информатизации и расширения доступности технических средств информационно-коммуникационной техники претерпевала изменение

<sup>2</sup> Указ Президента Российской Федерации «О государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития» от 04.02.1994 г. № 236.

тематика докладов участников конференций. Если среди тематических направлений первых ленинградских конференций преобладали вопросы программирования, то с годами всё более заметное место стали занимать вопросы состояния и перспектив информатизации, социально-гуманитарные аспекты формирования и развития информационного общества.

Доступность широкого набора мультимедийного оборудования, включающего (помимо компьютеров) мультимедийные проекторы, электронные доски, цифровые лаборатории, позволила на практике внедрять в образовательный процесс не только новые информационные технологии, но и новые методики обучения, включая методики коллективного обучения с использованием методов проектной деятельности. Всё это позволяет поддерживать на достаточно высоком уровне интерес к предмету, вовлекать школьников в научно-исследовательскую и производственную деятельность, готовить их к выбору будущей профессии.

В орбите конференции был целый ряд выполнявшихся педагогами совместно со своими учениками проектов, результаты которых получали практическое внедрение. Так, например, директор школы № 1 города Тосно Ленинградской области Г.Н. Бровина (муниципальный депутат) совместно с преподавателем информатики этой школы доцентом Н.Н. Бровиным и коллективом учащихся разрабатывали прикладные вопросы муниципальной информатизации промышленного центра областного подчинения. Предложенные с учётом потребностей рынка труда проектные решения и созданные учащимися прикладные программы нашли поддержку администраций, работодателей и получили практическое внедрение.

На конференции докладывались прикладные результаты компьютерного социолого-педагогического мониторинга в общеобразовательных школах Санкт-Петербурга, выполненные студентами-социологами под руководством доцентов М.А. Вуса и А.И. Ходакова. Материалы проектов были опубликованы, докладывались на научно-практической конференции «Социологические методы в современной исследовательской практике» и на Всероссийском учительском съезде [7-9] (рис. 2).



Рис. 2. Делегаты съезда профессора А.А. Воронов, А.А. Русаков и доцент М.А. Вус

Масштабный культурологический проект создания интернет-сайтов, объединённых общим названием «Ожерелье культур», был реализован учениками педагога-новатора С.И. Горлицкой (школа № 470). В основу этого проекта была положена задача собрать, исследовать и представить информацию о влиянии культур разных стран на формирование культуры Петербурга. Материалы разработки нашли применение в учебном процессе.

На определённом этапе конференция включила в свою программу вопросы информационной безопасности личности, общества и государства. Поддержку этой работе оказала Федеральная целевая программа «Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки на 1997-2000 годы». Организаторы конференции выступили исполнителями ряда проектов в рамках этой программы. Подготовленная университетскими и академическими учёными коллективная монография «Информационное общество. Информационные войны. Информационное управление. Информационная безопасность», вышедшая в свет в 1999 г. под редакцией М.А. Вуса, стала вузовским учебным пособием [10].

В 2000 году коллектив Санкт-Петербургских учёных и педагогов – организаторы конференции «Школьная информатика и проблемы устойчивого развития» – выдвигался на соискание премии Президента Российской Федерации в области образования [11, с. 570-577].

## VI. ВИРТУАЛЬНЫЕ МИРЫ

На рубеже веков под научным руководством М.Б. Игнатьева был осуществлён масштабный проект, явившийся экспериментальной площадкой освоения и использования интерактивных виртуальных сред с погружением в целях удовлетворения потребностей науки и образования [12]. Этот проект преследовал своей целью представление высших учебных заведений города, их образовательных и научных ресурсов с использованием технологий виртуальных миров. В ходе выполнения проекта был создан и аккумулирован в интернет-ресурсах многоплановый контент, включающий различные историко-тематические приложения. Среди электронных образовательных ресурсов были представлены, в частности, демонстрационные версии электронных учебных пособий и виртуальных лабораторных установок. Значительное внимание разработчиками проекта было уделено модулям электронных ресурсов, демонстрирующим отечественные научно-технические достижения, в том числе оборонного значения. Комплекс инновационных разработок коллектива Петербургских учёных «Образовательные виртуальные миры Петербурга» был удостоен премии Президента Российской Федерации в области образования за 2003 г.<sup>3</sup>

Специалистами по информационным технологиям на конференции «Школьная информатика и проблемы устойчивого развития» неоднократно демонстрировались новые инструментальные средства погружения в виртуальные миры, такие, например, как разработанный в лабораториях Университета аэрокосмического приборостроения тренажёр «Кибернетический велосипед». Этот специальный программно-аппаратный комплекс, включающий натуральный стенд, позволяет создавать иллюзию перемещения в виртуальном мире и взаимодействия с объектами и персонажами этого виртуального мира. Учениками М.Б. Игнатьева была создана программа «перемещения на киберVELO» по блокадам Ленинграда и по фронтам Великой Отечественной войны, позволяющая в интерактивном режиме иллюстрировать имевшие место события. На конференции обсуждались также различные варианты разрабатывавшегося проекта виртуального Музея-панорамы «Битва за Ленинград».

Героическое прошлое нашей Родины может служить действенным средством просветительской работы и патриотического воспитания. Оргкомитет конференции рассматривал активизацию использования мультимедийной компьютерной техники образовательных учреждений в целях просветительской работы и патриотического воспитания как актуальную прикладную задачу совершенствования учебно-воспитательного процесса. Такая проблематика особенно активизировалась в преддверии 65-й годовщины Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.

Проводившаяся в 2010 г. 29-ая конференция «Школьная информатика и проблемы устойчивого развития» посвящалась 65-й годовщине Победы. Значительная часть творческих работ, докладов и презентаций школьников была посвящена различным событиям Великой Отечественной войны, битве за Ленинград и Ленинградской блокаде [13]. Представлявшиеся на конференции работы пополнили фонды виртуального Музея памяти на портале LENINGRAGPOBEDA.RU, открытом Правительством Санкт-Петербурга к юбилею Победы. На этом портале размещались мемориальные материалы и творческие работы учащихся и студентов, в частности, по сохранению семейной исторической памяти.

---

<sup>3</sup> Указ Президента Российской Федерации от 25.01.2005 г. № 79 «О присуждении премий Президента Российской Федерации в области образования за 2003 год».

Оргкомитет петербургской конференции (М.Б. Игнатьев и М.А. Вус) совместно с Московским государственным университетом технологий и управления (ректор профессор В.Н. Иванова) выступили инициаторами подготовки и проведения Первого Всероссийского творческого конкурса интерактивных работ учащихся «Сохраним историческую память о ветеранах и защитниках нашего Отечества». Проведённый в 2010 г. Всероссийским педагогическим собранием конкурс собрал работы учащихся из 43-х регионов страны. Итоги конкурса подводились в канун Дня Победы на Первом московском международном конгрессе учителей, проходившем в фундаментальной библиотеке МГУ им. М.В. Ломоносова. Материалы ряда конкурсных работ представляют несомненную ценность как историческое наследие и используются педагогами-новаторами в учебно-воспитательном процессе [14, с. 92-100].

Всероссийское педагогическое собрание наградило почётными грамотами педагогический актив конференции «Школьная информатика и проблемы устойчивого развития» (рис. 3). В числе награждённых педагогические работники, руководившие подготовкой работ петербургских участников конкурса: школьные учителя В.Б. Акимов (гимназия № 56); Н.С. Баранова (лицей № 590); Г.Н. Бровина (школа № 1 г. Тосно Ленинградской области); С.Б. Долматов (гимназия «АЛЬМА-МАТЕР»); С.Ю. Иванова (школа № 4); И.В. Ковалёва и Г.З. Фурман (школа № 292); А.В. Крутоверцева (гимназия № 196); А.М. Мальцев и Е.А. Смирнова (школа № 521); Т.М. Смирнова (школа № 441); Е.П. Смолянинова и Д.М. Ушаков (лицей № 239); И.С. Соколова (школа № 213); Т.М. Черникова (лицей № 1, г. Гатчина) и специалисты районных методических центров Л.И. Безрученко, М.А. Горюнова, Е.А. Губкина, С.Г. Купчя, В.А. Петриченко, М.В. Руковчук, А.С. Федотенко.



Рис 3. Педагоги, награждённые грамотами Всероссийского педагогического собрания

Бессменный учёный секретарь оргкомитета конференции «Школьная информатика и проблемы устойчивого развития» доцент Санкт-Петербургского государственного университета авиационно-космического приборостроения и учитель информатики тосненской школы Н.Н. Бровин награждён высшей наградой Всероссийского педагогического собрания, медалью «Учитель новой России. Общественное признание педагогического труда».

## VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проводившиеся на протяжении без малого четырёх десятилетий под руководством профессора М.Б. Игнатьева ленинградская (впоследствии Санкт-Петербургская) конференция «Школьная информатика» играла большую роль в распространении знаний по информатике, стимулировала развитие новых технологий обучения. Профессиональная деятельность и многолетний педагогический опыт позволил организаторам конференции предложить и внедрить ряд инноваций, способствующих повышению качества образования. Из тысяч учащихся, прошедших своеобразную школу приобщения к знаниям и творчеству в рамках конференции «Школьная информатика» и успешно окончивших

впоследствии профильные вузы, сформировался костяк специалистов по информационным технологиям, работающих в Северо-Западном регионе.

Материалы и результаты работ организаторов и участников конференции неоднократно находили своё отражение в публикациях в прессе (см., напр., рис. 4). В 2000 и 2009 гг. вышли в свет два тематических сборника «Информатика для устойчивого развития» [2, 6].

Цикл работ петербургских учёных и педагогов по информатизации системы непрерывного образования был отмечен премией Правительства России в области образования<sup>4</sup> [2, с. 37-57].

В НАШЕЙ конференции принимала участие более четырехсот умных студентов, школьников из Москвы, Ленинграда, Новосибирска, Прибалтики и других регионов страны. Они обсудили серьезные вопросы применения вычислительной техники в учебном процессе. Ведь ЭВМ — универсальное средство обработки, хранения и преобразования информации и по сути дела — усилитель умственных способностей человека, чем бы он ни занимался.

Вычислительная техника —

**С КОМПЬЮТЕРОМ НА «ТЫ»**

Слово — участникам второй Всесоюзной конференции «Школьная информатика»

основа перевооружения народного хозяйства. К примеру, программа создания гибких автоматизированных производств охватывает все стороны разработки и изготовления продукции. Появился новый класс ЭВМ — персональные компьютеры, предназначенные для широкого индивидуального пользования. Всем знакомы карманные калькуляторы. Следующий шаг — использование микропроцессоров, встроенных в промышленную или бытовую продукцию.

Словом, широкое внедрение ЭВМ во все сферы народного хозяйства требует и соответствующих навыков, и нового стиля мышления. Как восполнить эти качества? Ответ может быть таким: развивать у школьников познавательные интересы в области информатики, активнее пропагандировать достижения кибернетики, вычислительной техники, помогать учителям в применении этих достижений.

На пленарных заседаниях выступили ученые и преподаватели. В частности, член-корреспондент АН СССР А. П. Ершов рассказал о персональных ЭВМ, их роли в школе, на работе и в быту. С большим интересом участники конференции осмотрели выставку компьютеров, вычислительные центры и дисплейные классы Института авиационного приборостроения и Университета имени А. А. Жданова. Персональные ЭВМ легко разместить даже на письменном столе. Они позволяют получить рисунки, графики и отредактированный текст на экране телевизора, а с помощью пишущей машинки, подключенной к ЭВМ, можно вывести данные на бумагу. Итак, ЭВМ становится интеллектуальным партнером учащихся.

На секционных заседаниях было прочитано около ста докладов, их авторы — учащиеся школ и ПТУ. По сравнению с предыдущей конференцией заметно повысился уровень выполненных работ, возросла их практическая значимость.

Мы приняли рекомендации, как улучшить работу с вычислительной техникой в школах, ПТУ, техникумах. Научным учреждениям АН СССР, вузам и предприятиям высказано пожелание — шире предоставлять парк ЭВМ для учащихся.

Следующую такую встречу намечено провести в 1985 году.

**М. ИГНАТЬЕВ,**  
профессор, лауреат Государственной премии СССР,  
**В. ФИЛЬЧАКОВ,**  
доцент ЛИАПа

В ДЕВЯТОМ классе на уроках программирования мы начинаем изучать алгол, а фактически — другие алгоритмические языки. Полезной считаю и летнюю практику в вузах — там более современные ЭВМ, чем в школе. Многие серьезные работы «выросли» из докладов на школьных конференциях. К примеру, программа Кирилла Дунаева из нашей 239-й предназначена для пассажиров Московского метрополитена. Она подсказывает кратчайший путь между двумя любимыми станциями.

Однажды у нас в школе побывал сотрудник ЛЭТИ, рассказал об институтской кафедре математического обеспечения ЭВМ. С тех пор я занимаюсь на этой кафедре по теме, связанной с обработкой звукового сигнала. И, конечно, эти занятия помогли мне сделать выбор будущей профессии. Собираюсь поступать в Электротехнический.

**Игорь БЕЗРУЧКИН,**  
десятиклассник 239-й школы

РЕБЯТА из нашей школы вооружили ЭВМ программой популярной игры в «морской бой». Теперь у машин даже программисты не могут выиграть. Эта учебная программа была высоко оценена на конференции.

Моя работа — из области математической лингвистики. Для группы из 26 языков Азии и Африки с применением ЭВМ и методов факторного анализа была составлена классификация, удовлетворяющая современным лингвистическим представлениям. Эта программа получила диплом первой степени.

**Константин ЯХОНТОВ,**  
десятиклассник 30-й школы

● Десятиклассник 30-й ленинградской школы Константин Белов.

● Член-корреспондент АН СССР А. П. Ершов с участниками конференции.

Фото Н. Куртова

Рис. 4. Статья в ленинградской газете «Смена» от 12.03.1983 г.

<sup>4</sup> Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 августа 2009 г. № 1246-р «О присуждении премий Правительства Российской Федерации 2009 года в области образования».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. История информатики и кибернетики в Санкт-Петербурге (Ленинграде). Вып. 1. Яркие фрагменты истории // Под общ. ред. чл.-кор. РАН Р.М. Юсупова; составитель М.А. Вус; Ин-т информатики и автоматизации РАН. СПб.: Наука, 2008. 356 с.
2. Информатика для устойчивого развития / Под ред. М.Б. Игнатьева и М.А. Вуса. СПб.: СПбОНТЗ, «Полиграф экспресс», 2009. 194 с.
3. Смена (Ленинград). 12 марта 1983 г.
4. Базлов И.Ф., Вус М.А., Игнатьев М.Б. Вычислительная техника в школах Ленинграда и Санкт-Петербурга // Труды SoRuCom-2014. С. 34-40.
5. Информационные технологии для Новой школы // Материалы VII Всероссийской конференции. СПб.: ГБУ ДПО «Санкт-Петербургский центр оценки качества образования и информационных технологий», 2016. С. 7-21.
6. Информатика для устойчивого развития / Под ред. М.Б. Игнатьева. СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета, 2000. 132 с.
7. Петербургский старшеклассник юбилейного года / Под ред. М.А. Вуса и В.Е. Семёнова. СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета, 2003. 48 с.
8. Современные проблемы формирования методного арсенала социолога. Материалы IV конференции (Москва, 16 февраля 2010 г.). М.: Институт социологии РАН, 2010. *Электронное издание*.
9. Информационно-аналитическая поддержка национального проекта «Образование». Сборник материалов социологического исследования / Под ред. М.А. Вуса. СПб.: Изд-во Анатолия, 2007. 100 с.
10. Информационное общество: Информационные войны. Информационное управление. Информационная безопасность: [Учеб. пособие / С.М. Виноградова, Н.А. Войтович, М.А. Вус и др.; Под ред. М.А. Вуса]. СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета, 1999. 211 с.
11. Жизнь и безопасность. 2001. № 1-2.
12. Архитектура виртуальных миров: [Монография, 2-е изд. / М.Б. Игнатьев, А.В. Никитин, А.Б. Войскунский; Под ред. М.Б. Игнатьева]. СПб.: ГУАП, 2009. 287 с.
13. 29-я Международная молодёжная конференция «Школьная информатика и проблемам устойчивого развития». 23-24 апреля 2010 г. Пригласительный билет и Программа. Санкт-Петербург. Российская Академия наук. 84 с.
14. Вус М.А., Игнатьев М.Б. Школьная информатика: сохраним память о защитниках нашей Родины на основе новых информационных технологий // Дистанционное и виртуальное обучение. 2011. № 2. С. 92-101.

## ОТ ПЕРВЫХ КОМПЬЮТЕРОВ В ШКОЛЕ К ВСЕПОГЛОЩАЮЩЕЙ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

Александр Георгиевич Гейн<sup>1</sup>, Нина Ароновна Юнерман (Гейн)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург,  
Российская Федерация, a.g.geyn@urfu.ru

<sup>2</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург,  
Российская Федерация, n.a.geyn@urfu.ru

**Аннотация** – Анализируется процесс изменения содержания и методики преподавания школьных дисциплин в двух аспектах: с точки зрения развития компьютерной техники и с позиций информационной вовлечённости общества. Отмечены базовые положительные, спорные и негативные тенденции в этих процессах.

**Ключевые слова** – образовательные компьютерные технологии, образовательный Интернет.

### I. ВВЕДЕНИЕ

Персональные компьютеры не только расширили вычислительные возможности отдельного человека, но и предоставили ему целый ряд других, в первую очередь, информационных средств. Их массовое появление было достаточно быстро осознано как возникновение принципиально нового инструмента в образовательной сфере. Этот процесс в СССР и в последующем в России получил название информатизации образования. Его исследование в настоящее время имеет несколько направлений: тенденции в расширении возможностей технических средств, методика использования в очном и дистанционном образовательном процессе, онлайн образование и др. В данной статье мы ограничимся рассмотрением указанных направлений в рамках общеобразовательной школы. При этом акцент в соответствии с тематикой конференции сделан не на внутренних педагогических проблемах, а именно тех аспектах, которые связаны с развитием компьютерной техники.

### II. ЭВОЛЮЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ В ОБРАЗОВАНИИ

Общепризнано, что идея внедрения компьютерной техники в школьное образование принадлежит академику А.П. Ершову (см., например, [1, 11] и др.). Её не следует путать с идеей обучения школьников программированию, которая в СССР появилась на 20 лет раньше [1]. В развернутом виде идея А.П. Ершова изложена в [4]. Она значительно отличалась от идеи использования компьютеров в школах тогдашнего Запада (см. [13, 16, 17]). Возможности персональной компьютерной техники, имевшейся в то время в СССР, позволяли осуществить идею А.П. Ершова только под лозунгом всеобщей компьютерной грамотности. Однако в то время достижимость даже такой цели не казалась очевидной (в силу весьма ограниченных возможностей компьютеров), поэтому существенную роль играло обоснование необходимости развития у школьников алгоритмического стиля мышления [7]. В появившемся в школьном расписании предмета «Основы информатики и вычислительной техники» в значительной степени был ориентирован на обучение алгоритмизации, с другими аспектами компьютерной грамотности школьники знакомились в значительной степени в порядке описания потенциальных возможностей ([2]). В дальнейшем это курс неоднократно менял своё название и в дальнейшем мы будем называть его просто «Информатика».

Тем более удивительны прогнозы А.П. Ершова о тех эффектах внедрения компьютерной техники в образование, которые изложены им, например, в [5]. Мы приведём здесь только одно его высказывание, представленное как вывод в статье «Информатизация: от компьютерной грамотности учащихся к информационной культуре общества»: «По мере приближения к полной информатизации компьютер в школе целиком интегрируется с учебной работой во всех классах и по всем предметам, а основы компьютерной грамотности учащихся 80-х годов перерастут в информационную культуру общества первых десятилетий XXI века» [6, с. 384]. Правда, первые десятилетия XXI века завершаются, а формирование информационной культуры общества всё ещё в процессе.

Надо сказать, что практически сразу с появлением в школе курса информатики (а в большинстве регионов первые несколько лет он осуществлялся в бескомпьютерном варианте) началась широкая работа над созданием обучающих программ. Разумеется, успешный опыт создания таких программ был. Примером служит комплект прикладных программ по разным школьным предметам, удостоенный серебряной медали ВДНХ СССР. Некоторые из них описаны в [12]. Уже в 1986 году, т.е. спустя год после появления школьного курса информатики, одновременно были опубликованы две теоретические

статьи о назначении, типах и требованиях к обучающим компьютерным программам ([9], [10]). Под обучающими программами понимается представление фрагмента обучения по тому или иному предмету, содержащего учебный материал, задания, необходимые для его усвоения, указания по их выполнению и контролю. Возможности компьютерной техники, особенно инструментов графики, по мере их расширения, к концу 90-х годов продвинули обучающие программы к числу весьма совершенных инструментов образования. Тем не менее, их использование оказалось не столь широко востребованным, как это ожидалось. Причина этого, по нашему мнению, высказанному в 1993 году (см. [3]), состояла именно в фрагментарности возможного использования обучающих программ – заложенные в каждой из них методические установки автора программы нередко вступали в противоречие с тем, как этот материал предполагал использовать в своей работе конкретный учитель. В последующем обучающие программы сохранились в двух своих разновидностях с существенно ограниченным функционалом – тренажёры по решению задач на заданную тему и программы тестового контроля знаний. В подтверждение этому приведем вывод, сделанный в Институте информатизации образования РАО в 2010 году: «Несмотря на многообразие типов программных средств учебного назначения, подавляющее большинство программ поддержки процесса преподавания общеобразовательных предметов предназначается либо для автоматизации процессов генерирования заданий, либо для контроля учебной деятельности. ... Однако использование таких программ в учебном процессе как зарубежной, так и отечественной школы – это уже пройденный этап, принесший педагогической практике не столько удовлетворение, сколько разочарование. С последним соображением вполне можно согласиться, так как педагогический эффект от автоматизации процесса контроля, экономии учебного времени вряд ли может быть поводом для использования такого мощного средства, как компьютер» [11, с. 41-42].

Переход в конце 90-х – начале 2000-х годов на использование в школе персональной компьютерной техники значительно более высокого класса привело к эволюции обучающих программ в двух направлениях. Первое из них – создание компьютерных курсов, полностью обеспечивающих преподавание того или иного учебного предмета. Учитель, выбирающий такой курс для своей работы, фактически был в той же позиции, что и выбирающий просто учебник. Но в данном случае учитель имел не только учебник, сопровождающий такой курс, но и полное программное обеспечение, соответствующее принципам применения компьютерной техники в образовательном процессе. В первую очередь это стали различные вариации курса информатики. Что касается других школьных предметов, то нам известна только одна реализация подобного курса – компьютерный курс «Основы экологии и природопользования» [14]. И хотя нам представляется это направление весьма перспективным, оно не получило развития в силу причин, о которых будет сказано ниже.

Второе направление – создание компьютерных обучающих сред. В их основе лежит идея моделирования инструментов исследования тех или иных объектов, изучаемых в том или ином школьном предмете. Это виртуальные физические и химические лаборатории, это геометрические среды (например, Живая геометрия или GeoGebra) и др. Не подразумевая внутри себя никакой методики изучения конкретного предмета, они значительно преобразили методический ландшафт – ежегодно сотни учителей делятся на просторах интернета своим опытом их использования в преподавании своего предмета, по методике их использования защищены больше сотни кандидатских диссертаций по педагогике.

В начале 2000-х годов в школьную программу было включено знакомство с Интернетом. Однако для формирования методически осознанного включения информационно-сетевых технологий в образовательный процесс потребовалось почти 10 лет. Но первым шагом стал не выход в Интернет (что, в частности, ограничивалось и самими техническими возможностями, например, необходимостью использования модемной связи), а организация локальной сети в рамках компьютерного класса. Разумеется, и здесь потребовался переход на более совершенные компьютерные средства. С точки зрения современной ситуации компьютерного обеспечения школ это кажется не столь существенным, возможно ещё и потому, что в компьютерных классах стала использоваться не советская техника, а исключительно зарубежная, и поставлялась она уже с готовыми сетевыми возможностями. Уже само наличие локальной сети позволило ввести новации в методику групповой работы учащихся, взаимодействия учителя с обучающимися как индивидуально, так и в малых группах. В этот период только накапливался педагогический опыт использования указанных возможностей, их системное осмысление было впереди. Настолько впереди, что в педагогике к моменту такого осмысления наступило время Интернета (см. [8]).

Интернет стал основой рождения сразу нескольких направлений в педагогических технологиях. Назовём три из них:

- он-лайн курсы;
- дистанционное обучение;
- использование внешних ресурсов.

Конечно, без увеличения мощностей компьютерной техники Интернет не мог стать реализующей базой для этих направлений.

Онлайн-курсы в определённом смысле стали альтернативой компьютерным курсам, о которых шла речь выше. Разница в том, что преподавание компьютерного курса проводит, тем не менее, учитель в классе, а онлайн-курс полностью реализуется удаленно. В цель данной статьи не входит детальное обсуждение положительных и отрицательных моментов онлайн-курсов, как и методических требований к их созданию. Отметим только, в первую очередь, это качественное представление изучаемого материала (разумеется, если автор компетентен как в излагаемом материале, так и в методике его подачи), которое нередко существенно превосходит качество тех занятий, которые проводятся в школе или вузе. Второе, это возможность воспринимать материал в индивидуальном темпе и в любой момент вернуться к пройденному материалу. Однако, у таких курсов весьма ограничена интерактивность. В лучшем случае в них имеются задания с автоматизированной проверкой. Смешанная технология состоит в том, что онлайн-курс сопровождается офлайн практиками. Примером этого является «Школа анализа данных», созданная фирмой Яндекс ([15]).

Дистанционное обучение имеет значительно большую интерактивность (в том числе, и в проверке выполняемых заданий), сочетая её с возможностью повторных просмотров. Но ясно, что такой курс существенно зависит от квалификации исполнителя и возможностей техники – это всё-таки, как правило, кустарное, а не профессиональное производство.

Использование внешних ресурсов – это наиболее слабо осмысленное явление педагогической практики. Учитель / преподаватель вуза перестал быть единственным для школьника / студента источником учебной информации. Один из вариантов – встречная атака: предложить обучающимся найти соответствующую информацию, а затем её коллективно обсудить. Надо, конечно, быть готовым к возможным неожиданностям неизвестно заранее, с чем придут учащиеся на занятие. Да и обучающиеся далеко не всегда с энтузиазмом относятся к такому заданию – ворчат, лучше бы нам рассказали готовенькое, мы бы заучили и все довольны. Вторая сторона этой медали – возможность не выполнять задания, а списать из Интернета. Конечно, и раньше были сборники готовых домашних заданий. Но теперь они размещены в Интернете, на поиск уходит секунды. А главное, не надо ни о чём думать. Увещевания: «Ребята, это же вам надо, а не мне!» – как правило, не помогают. Некоторые инструменты противодействия этому созданы, но признать их педагогической технологией пока нельзя.

Появление на информационном горизонте таких сервисов как *ChatGPT* у многих преподавателей рождает панику – происходит не просто скачивание готовых текстов, прототипы которых при желании легко находятся, а создаются тексты, у которых прототипов нет. Конечно, сегодня *ChatGPT* создаёт тексты, в которых довольно много «ляпов», и хороший эксперт их отлавливает. А завтра? Но главное – как использовать подобные средства в позитивных педагогических целях? Так, генеральный директор образовательной компании *Maximum Education* Михаил Мягков, специализирующейся на онлайн образовании, предполагает использовать *GPT* для генерации разнообразных ответов преподавателей в определенном тоне и формате, чтобы улучшать коммуникацию с учениками. Другой вариант: генерация правдоподобных текстов по заданному шаблону (с содержательными ошибками) для последующего тестирования обучающихся. В качестве наиболее простого варианта можно назвать построение нужных иллюстраций по словесному описанию к излагаемому преподавателем материалу. Как видим, первые предложения появляются, но системного понимания пока нет.

### III. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие компьютерной техники, обеспечивающей расширение возможностей применений информационных технологий, оказывает существенное влияние на процессы в образовании. Это влияние обусловлено не только технологическим компонентом, но и изменением информационной вовлечённости общества. Хотя влияние социума на образование – хрестоматийная истина, уровень информатизации общества как фактор практически не рассматривается в контексте педагогических исследований. Значительную сложность представляет педагогическое использование внешних ресурсов, спектр и возможности которых расширяются ускоряющимися темпами. Наиболее изученной является методика применения готовых информационных образовательных ресурсов, хотя и здесь системно оформленной теории пока нет. Очень широким полем для исследований является применение современных средств искусственного интеллекта.

## ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках проекта повышения конкурентоспособности (Соглашение между Министерством образования и науки Российской Федерации и Уральским федеральным университетом от 27.08.2013, № 02.А03.21.0006).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гейн А.Г. Информатика в школе: прогнозы А.П. Ершова и современность // Труды SoRuCom-2017. М., 2017. С. 30-34.
2. Гейн А.Г. Эволюция школьных учебников информатики в России: ретроспектива и перспектива // Труды SoRuCom-2020. М., 2020. С. 78-82.
3. Гейн А.Г., Шолохович В.Ф. Информационные технологии и компьютерные курсы // Гуманизация и гуманитаризация педагогического образования: Тез. докл. Российско-американского семинара. Екатеринбург, 1993.
4. Ершов А.П. Компьютеризация школы и математическое образование // Программирование. 1990. № 1. С. 5-25.
5. Ершов А.П. Концепция использования средств вычислительной техники в сфере образования. Новосибирск, 1990. 58 с. (Препринт № 888 ВЦ СО АН СССР).
6. Ершов А.П. Избранные труды. Новосибирск: Наука, 1994. 416 с.
7. Зайдельман Я.Н., Самовольнова Л.Е., Лебедев Г.В. Три кита школьной информатики // Информатика и образование. 1993. № 4. С.13-17.
8. Казакевич В.М. Новая дидактика как информационная коммуникационная теория процесса обучения // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 20. Педагогическое образование. 2017. № 1. С. 60-66.
9. Кузнецов А.А., Сергеева Т.И. Обучающие программы и дидактика // Информатика и образование. 1986. № 2.
10. Роберт И.В. Какой должна быть обучающая программа? // Информатика и образование. 1986. № 2. С. 87-90.
11. Роберт И.В. Современные информационные технологии в образовании: дидактические проблемы, перспективы использования. М.: ИОО РАО, 2010. 140 с.
12. Учебно-ориентированные пакеты прикладных программ / А.В. Руднева, Л.Б. Вертгейм, А.Д. Петров, Н.В. Познанская // ВЦ СО АН СССР. Препринт № 593. Новосибирск, 1985.
13. Хантер Б. Мои ученики работают на компьютерах: Кн. для учителя. М.: Просвещение, 1989. 223 с.
14. Основы экологии и природопользование: Компьютерный курс: Учеб. пособие для 9-10-х кл. общеобразоват. учреждений / В.Ф. Шолохович, А.Г. Гейн, С.В. Комов и др. М.: Просвещение, 1995. 127 с.
15. Академия Яндекса. Школа анализа данных / [Электронный ресурс]: <https://academy.ru/dataschool>
16. Computer science in secondary schools: curriculum and teacher certification // Communications of the ACM. 1985. Vol. 3. № 3. Pp. 269-279.
17. Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools / The Royal Academy of Engineering. January 2012. [Электронный ресурс]: <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/computing-in-schools/report/>

## ЕРШОВСКИЕ НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ

Лидия Васильевна Городняя

*Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск, Российская Федерация,  
Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Российская Федерация, lidvas@gmail.com*

**Аннотация** – До сих пор многие вспоминают такое явление, как Ершовские конференции по программированию. Каждая из них была ярким явлением, позволявшим пообщаться с авангардом отечественного программирования и познакомиться с важнейшими магистральными и перспективными линиями мировой науки программирования за рубежом. Названия символизируют вехи развития программирования и информатики, включая переход через разочарования, вызванные кризисом технологий программирования. Материалы конференций, как правило, публиковались в сборниках, многие из них не утратили актуальности до сих пор, хотя давно стали библиографической редкостью.

**Ключевые слова** – А.П. Ершов, конференции по программированию, история программирования, первые эксперименты.

### I. ВВЕДЕНИЕ

На Пятой Международной конференции SoRuCom был представлен доклад В. Меньщикова, И. Павловской и Н. Черемных «Вторая всесоюзная конференция по программированию»<sup>1</sup>, убедительно показавший масштаб программистского сообщества и размах программистских проектов, сложившихся в нашей стране к концу 1960-х годов [1, 2]. Данная статья представляет собой попытку продолжить эту линию истории отечественного программирования. Хотелось показать разнообразие тематики, участие в конференциях цвета отечественной программистской науки<sup>2</sup> и общение с авторитетными иностранными учёными<sup>3</sup>, каскад мероприятий по развёртыванию школьной информатики<sup>4</sup> и, отдельно, знаменитое паломничество на родину аль Хорезми<sup>5</sup>. Не менее важно оценить доброжелательную атмосферу конференций, допускавшую многочисленные вопросы докладчику, даже если они взрывали регламент<sup>6</sup>, предусматривающую непереносимые дискуссии, внеплановые кулуарные семинары и многое другое, что определяло исключительно плодотворный климат научного общения.

Материал оказался слишком обширным, поэтому в статье пришлось ограничиться примерами конференций, проведённых в Новосибирске в период с 1970 по 1988 год [3-24]<sup>7</sup>.

### II. СИСТЕМА И ТЕМАТИКА

Отметим сразу, что Ершовские конференции не были серийными. Каждая из них была уникальной, имела своего учёного секретаря, обладавшего научной компетентностью по основной тематике конференции, обычно соответствующей очередным этапам развития вычислительной техники, теории и практики программирования, новым идеям и достижениям в нашей стране и за рубежом. Для каждой конференции Андрей Петрович тщательно продумывал свою систему заседаний, форму дискуссий, вопросы для кулуарного обсуждения в небольших группах и многое другое, что создавало рабочую, дружелюбную атмосферу. В таком процессе проявлялись и получали признание активные специалисты по актуальным направлениям, выяснялись достигнутые результаты по перспективным средствам и методам разработки программ и программистским экспериментам. Поддерживалось предельно уважительное отношение к математической культуре и развитию теории программирования, необходимой для показа научного уровня программистских исследований.

При всей успешности основных программистских экспериментов, они не могли выйти за пределы лабораторных образцов, точнее, не могли достичь практических или научно значимых параметров на уровне эксплуатационных характеристик аппаратуры того времени. Это нередко приводило к

<sup>1</sup> <https://www.sorucum.org/articles/materialy-mezhdunarodnoy-konferentsii-sorucum-2020/4934/>

<sup>2</sup> <http://ershov.iis.nsk.su/ru/archive/group?nid=395447>

<sup>3</sup> <http://ershov.iis.nsk.su/ru/archive/group?nid=395446>

<sup>4</sup> <http://ershov.iis.nsk.su/ru/archive/group?nid=395464>

<sup>5</sup> [http://ershov.iis.nsk.su/ru/archive/subgroup?nid=763501&nid\\_1=763501](http://ershov.iis.nsk.su/ru/archive/subgroup?nid=763501&nid_1=763501)

<sup>6</sup> А. Эйнштейн «Учитесь у вчера, живите сегодня, надейтесь на завтра. Главное – не прекращать задавать вопросы... Никогда не теряйте священной любознательности». <https://ru.citaty.net/avtory/albert-einshtein/>

<sup>7</sup> <http://ershov.iis.nsk.su/> <http://ershov.iis.nsk.su/ru/archive/group?nid=395447>

дискредитации важных, перспективных идей, отчасти преодолеваемой по мере успехов электроники и системного программирования. Первый рывок такого преодоления связан с переходом к применению языков высокого уровня, позволившим буквально за пару лет выйти научным экспериментам на уровень публикаций в престижных журналах. . Некоторые идеи теперь обретают второе дыхание, другие ждут своего часа до сих пор.

В эти годы появляются первые устройства и программные методы машинной графики [3, 4, 25], первые реализации операционных систем для отечественных ЭВМ [4, 26], результаты первых экспериментов по искусственному интеллекту, включая лингвистическую обработку текстов [5-7], управление роботами [27], инженерии знаний в медицине [28] и других сферах деятельности.

Большинство этих пионерских работ в ВЦ СО АН СССР связаны с именем Г.И. Кожухина. Геннадий Исаакович Кожухин (1932-1972) обладал редким талантом общения и с учёными математиками, предлагавшими программистам алгоритмы вычислений, и с инженерами-техниками, поддерживающими бесперебойное функционирование малонадёжных ЭВМ, и с операторами ЭВМ, обеспечивающими круглосуточное прохождение задач на этих ЭВМ, и с лаборантами, выполнявшими ввод-вывод и перекодировку данных для работы ЭВМ. Участники многих проектов публично отмечали важность вклада Г.И. Кожухина, обычно происходившего в форме околонучного трёпа, нередко без формальной фиксации авторства [4, 62-66].

Можно припомнить, что первые эксперименты по подготовке и отладке программ на языках высокого уровня выполнялись при отсутствии средств символьного ввода-вывода. Ввод данных выполнялся через клавиатуру, представлявшую собой цифровой макет перфокарты, а вывод происходил рулон узкой бумажной лент, на каждой строке которой размещалось 15 цифр кода, содержимого 45 разрядов одной ячейки М-20. Была создана полноценная коллективная технология достаточно безошибочных перекодировок символьных представлений в цифровые и обратно. Позднее появились клавиатуры для символьного ввода и буквенно-цифровая печать, причём среди клавиатур имелась специальная, адаптированная на лексикон языков высокого уровня. Наиболее употребительные ключевые слова представлялись как один символ.

Теперь компьютерная графика соревнуется с реальными изображениями, автоматические переводчики достаточны для поддержки международной активности, развёрнуто производство разнообразных движущихся устройств, медицина обрела не только базы данных для ведения истории болезней, но и широкий спектр не травмирующих диагностических устройств. ИТ проникли практически во все массовые сферы деятельности.

Появляются стартовые соображения по верификации программ и доказательному программированию, навеянные работами по проверке правильности доказательств теорем [10, 12, 29]. Авторитетные математики начинают призывать к переходу на признание доказательств теорем лишь при условии их подтверждения автоматической системой проверки доказательств (*Proof checker*)<sup>8</sup>. Не приведёт ли это вообще к отказу от выполнения человеком таких доказательств? Не обладает ли это сходством с так называемым «карго-культом» в науке, тревожащим в своё время Р. Фейнмана?

Возникают новые идеи и реализации новых, всё более сложных языков программирования [6-11, 30], инициированы исследования параллельных моделей и процессов [13-15, 20, 21, 31]. Складываются парадигмы теоретического и системного программирования на фоне прогресса в средствах и методах реализации алгоритмических языков [3, 5, 15, 20, 24, 32]. За прошедшие полвека число языков программирования возросло от сотен до десятков тысяч, организация параллельных вычислений на суперкомпьютерах стала одной из важнейших задач системного и теоретического программирования, вслед за расширением сферы применения ИТ происходит обнаружение новых и новых проблем, для продуктивного решения которых формируются новые парадигмы программирования. В массовом программировании доминирует техника заполнения шаблонов, гарантирующих минимизацию ошибок.

### III. ЯЗЫКИ И СИСТЕМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Конечно, в центре внимания всех конференций остаются вопросы появления новых языков и систем программирования [5, 6], продуктивные методы трансляции и конструирования программ [3, 4, 11, 33, 34, 30], поиск эффективных и производительных методов анализа, оптимизация и преобразование программ [13, 14, 35, 32]. Их целесообразность в те времена не имела безусловного одобрения [10, 12], а теперь эта тематика считается ведущей в направлении производства компиляторов [23, 24]. Если искусство программирования в кодах тогда обгоняло результат компиляции по производительности в 20-50 раз, то теперь качество компилятора gcc редкий программист улучшит на 10-15%. Неясно, является ли

<sup>8</sup> «Машина поручает человеку то, что он не сумел поручить машине».

это следствием отсутствия общепринятой методики измерения результатов оптимизации программ компилятором и вклада программируемых решений в производительность программ.

Многочисленные дискуссии вызвали идеи системы БЕТА – многоязыковой системы конструирования компиляторов с использованием внутренних языков и комплекса универсальных и машинно зависимых оптимизаций [36, 37, 30]. Аппаратные реализации языков высокого уровня показали свою производительность в качестве спецпроцессоров. При сравнении постановки задачи с пробной реализацией системы БЕТА было отмечено изменение представлений о границе между универсальными и машинно ориентированными оптимизациями [13, 16, 17]. Интересно, что при обсуждении вопросов практичности подходов к глобальной оптимизации их реализация признаётся слишком затратной [19, 21]. За прошедшие полвека её трудоёмкость не уменьшилась. Похожие решения примерно через 25 лет предприняты в проекте .Net, в котором многоязыковые системы поддерживают совместное применение библиотек, подготовленных на разных языках.

Многие доклады нацелены на разработку метасредств и метаязыков для формального задания определений языков программирования, что можно рассматривать как идеи метапрограммирования, реализации которых в те времена не достигла практичности [6, 17, 20] и не пор<sup>9</sup> [38], хотя уже успешно реализованы средства синтаксически управляемого конструирования (Lex, YACC), развиваемые до сих пор. Были предложены принципы проектирования трансляторов и создания сложных систем по методике вертикального слоения программ с реализацией сосредоточенного представления рассредоточенных действий [39, 40]. Примерно через четверть века похожие идеи на базе ООП кристаллизовались как парадигма аспектно-ориентированного программирования. Идеи автоматических преобразований КС-грамматик [41] теперь можно встретить в сфере создания проблемно-ориентированных языков программирования (DSL), знаменующей качественный переход от накопления опыта в форме библиотек процедур к уровню языков и диалектов.

Появились первые языки сверх высокого уровня, такие как теоретико-множественный язык SETL<sup>10</sup>, нацеленный на мобилизацию интуиции математиков на решение задач программирования [5, 42]. В нашей стране возникли три центра разработки диалектов этого языка (Новосибирск, Ростов-на-Дону, Тюмень). Возобновление интереса к этому языку в наши дни произошло в рамках движения GNU, где осуществляется дальнейшее развитие идей этого языка с акцентом на поддержку параллельных вычислений. Среди языков, нацеленных на организацию параллельных вычислений и бизнес-приложений, близкие по потенциалу языки не редкость (*Clisp, Clojure, Sisal, R, F#, Haskell*).

Универсальные макрогенераторы кода программ СИГМА и МИДЛ – гибридные языки промежуточного уровня, примерно соответствующие технологии разработки систем программирования через применение машинно-ориентированных настроек и оптимизации, а также машинно-независимых языков низкого уровня, таких как Эпсилон и *Little* [40, 43-45]. Успешный поиск продуктивного языка системного программирования виден в описании представления структур данных в машинно-ориентированном языке высокого уровня ЯРМО [46]. Предложен язык синтеза объектной программы с учётом последующего контекста, а не только предыдущего [47]. Теперь такая технология представлена большим числом вариантов, работающих преимущественно над языком *C (gcc)*. Отдельно сформировалась линия применения промежуточных языков (*middleware*) и внутренних системных интерфейсов. В последние годы возрос интерес к созданию машинно-ориентированных языков высокого уровня, таких как *Kotlin*, допускающий встраивание на *Android*. Продолжились работы по вопросам не очень популярного из-за трудоёмкости низкоуровневого программирования на разных языках макроассемблера и развитие средств ранее созданного языка ЭПСИЛОН, успешно работавших как языки системного программирования [44], и анализируется опыт использования языка Сигма, реализованный как макрогенератор [45].

Давно выяснилось, что при разработке программ две трети времени занимает отладка, тем не менее, в этом направлении работ очень мало, лишь небольшие эксперименты по предварительным работам по предварительному макетированию программ [48]. Даже разработчики проекта БЕТА не сразу согласились дать жизнь разработке многоязыкового препроцессора динамической отладки [49]. Не

<sup>9</sup> [https://youtu.be/F\\_a7uGC2XjA?t=5149](https://youtu.be/F_a7uGC2XjA?t=5149)

<sup>10</sup> Schwartz, Jacob T. Set Theory as a Language for Program Specification and Programming. Courant Institute of Mathematical Sciences, New York University, 1970. SETL (1972 J.T. Schwartz); Данфорд Н., Шварц Дж. Линейные операторы. Том 1. Общая теория. М.: ИЛ, 1962; Данфорд Н., Шварц Дж. Линейные операторы. Том 2. Спектральная теория. Самосопряженные операторы в гильбертовом пространстве. М.: Мир, 1966; Данфорд Н., Шварц Дж. Линейные операторы. Том 3. Спектральные операторы. М.: Мир, 1974; [https://www.computer-museum.ru/books/n\\_mozaika/setl.htm](https://www.computer-museum.ru/books/n_mozaika/setl.htm)

исключено, что необходимость отладки противоречит менталитету математиков, привыкших считать, что предлагаемые ими построения изначально обладают безукоризненной правильностью и полнотой. Тем не менее, в новых языках программирования всё чаще встречаются средства мемоизации функций и самомодификации программ, способные отчасти поддержать решение таких проблем ( $F\#$ ,  $C\#$ ).

Непрерывное развитие методологии практического программирования опирается на изучение места алгоритмов в современной математике и ее приложениях [12], в исследовании возможностей частичных и смешанных вычислений [20] и изложении таких подходов на уровне прикладной показывает свойственный программированию высокий уровень абстрагирования. Основное развитие здесь сконцентрировано на проблемах верификации программ, особенно на проблемах формализации некорректностей и так называемых «антиметодик», позволяющих делать более точными алгоритмы поиска ошибок.

#### IV. ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОГРАММ И ПАРАЛЛЕЛИЗМ

Обескураживающий кризис технологий программирования в 1970-е годы [5, 6] дал мощный импульс поиску новых решений, многие из которых связаны с организацией параллельных процессов [7-9], преобразований программ и их верификацией [10]. Появились яркие работы по модульной асинхронной развиваемой системе [50, 51] и её базовому языку [52, 53]. Возникают новые модели вычислений и языки описания архитектуры [17, 31]. Формируется сетевой подход к описанию преобразований программ и процессов [53, 54], в частности вычисляющие сети для описания базового языка проекта MAPC, а также подходы к созданию языка и системы параллельного микропрограммирования [19]. Анализируются особенности обработки исключительных ситуаций в асинхронных программах [55]. В середине 1990-х гг. началась резкая активизация исследований в этой области, включая создание специальных языков параллельного программирования, пока не покрывших свод идей проекта MAPC, в частности, не заметно решений по формализации работы с неоднородной памятью и измерительными датчиками.

Традиционные направления исследований посвящены семантическим преобразованиям программ [29, 56], подходам к автоматической верификации трансляторов и доказательному стилю разработки систем программирования [57, 29]. Рассматривалась новая идея гипертекста как среды разработки программного обеспечения [58] и обзор проблем синтеза информационных объектов [59]. Теперь все эти направления сложились в общеизвестные, массово используемые интернет-технологии и необъятный полигон исследований больше-объемных данных (*semantic web*), доступных в информационных сетях. Пока не привлекла внимание проблема верификации компиляторов на отсутствие неспецифицированных особенностей.

Возникло понимание экономики программирования и инициированы необходимые для неё исследования по определению и построению метрик аттестации транслирующих систем, а также методов оценки эффективности оптимизирующих преобразований [35, 60]. Описаны принципы построения конвертора с Алгола-60 на Алгол-68, весьма схожие с современными методами конструирования проблемно ориентированных (*DSL*) языков программирования [61]. Постепенно сложилась методика оценки эффективности управления программистскими проектами, а общепризнанная методика измерения вклада программистских решений в производительность программ отсутствует. Экономисты это объясняют чрезмерным разнообразием программистских проектов и низкой заинтересованностью бизнеса в производительности ПО.

#### V. ИНФОРМАТИКА И ОБРАЗОВАНИЕ

Повышение темпа развития элементной базы и резкого расширения круга пользователей программных систем делает актуальными не только проблемы развития архитектуры и программного обеспечения ЭВМ и вычислительных систем [23], но и ставит на повестку дня образовательные проблемы программирования и информатики, что приводит к появлению школьной информатики [16], к необходимости развернуть производство программного обеспечения для широкого класса задач информатики, включая применение ЭВМ для подготовки полиграфических изданий [18]. Появляется множество проектов, языков и систем, создаваемых энтузиастами программирования. Особое внимание привлекает автоматизация решений геометрических задач, например, система ЦИРЛИН – средство для геометрических построений на дисплее [56]. Резко расширяются возможности мультимедиа. Выполнена полномасштабная разработка школьного программного обеспечения, часть которого создана силами выпускников Новосибирских школ юных программистов. Разработана система Школьница и учебные языки программирования Робик и Рапира. Следует отметить, что учебно-производственный язык Рапира упоминается на сайте<sup>11</sup> наряду с языками Альфа, Сигма, Эпсилон, Алмо. На этом сайте перечислено ещё

<sup>11</sup> <https://hopl.info/findlanguages.prx?id=ru&which=ByCountry>

несколько десятков языков программирования, созданных в нашей стране, причём, этот перечень не полон, в нём отсутствуют довольно известные языки – ЯРМО, Дракон и другие<sup>12</sup>.

Принципиально важным делом привлечения молодёжи к профессиональному программированию была Новосибирская система школ юных программистов, ключевым звеном являются Летние школы юных программистов, которые можно рассматривать как ежегодную серийную конференцию для любителей детского программирования. Эти школы поддерживает и ежегодно проводит ИСИ СО РАН<sup>13</sup>. Интересно, что теперь многие видные фирмы предпочитают привлечение студентов на позиции сотрудников проводить через систему каникулярных школ.

## VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ежегодные Ершовские лекции по информатике и программированию<sup>14</sup>, в своё время предложенные А.А. Берсом, можно рассматривать как память о Ершовских конференциях. Эти лекции проводят авторитетные учёные<sup>15</sup>, они привлекают широкую аудиторию, вдохновляют молодых людей на выбор профессии в наиболее актуальных и сложных направлениях науки программирования. XVIII Ершовскую лекцию 19 апреля 2023 г. провёл директор НИВЦ МГУ и филиала МГУ в г. Сарове, член-корреспондент РАН, профессор Владимир Валентинович Воеводин. Тема лекции: «Суперкомпьютерные технологии, параллельные вычисления и структура алгоритмов»<sup>16</sup>. На одной из таких лекций кто-то из слушателей выразил замечание, что роль Андрея Петровича в отечественном и мировом программировании была бы понятнее, если бы появился стенд с перечнем известных авторитетных учёных, поддерживающих с ним дружеские отношения. По существу, такой список представлен в Архиве Академика А.П. Ершова разделом его переписки<sup>17</sup>, начиная с 1958 года.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарит организаторов конференции SORUCOM за возможность сохранить страницы истории программирования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меньщиков В., Павловская И., Черемных Н. Вторая всесоюзная конференция по программированию // Материалы V Международной конференции «Развитие вычислительной техники в России, странах бывшего СССР и СЭВ (SoRuCom-2020)», 6-8 октября 2020 г., НИУ ВШЭ, Москва. С. 226-233.
2. Труды SoRuCom-2020. Пятая международная конференция Развитие вычислительной техники в России, странах бывшего СССР и СЭВ: история и перспективы. 6-7 октября 2020 года, Москва, Россия. Под редакцией д.ф.-м.н. Томилина А.Н. М., 2020. 368 с. [https://computer-museum.ru/books/SORUCOM-2020\\_RU2.pdf](https://computer-museum.ru/books/SORUCOM-2020_RU2.pdf)
3. Системное и теоретическое программирование. Новосибирск: Изд-во ВЦ СО АН СССР, 1972.
4. Второй Всесоюзный симпозиум «Системное программирование». Новосибирск: Изд-во ВЦ СО АН СССР, 1973. Часть 1. 203 с. Часть 2. 225 с. [http://ershov.iis.nsk.su/ru/archive/subgroup?nid=763697&nid\\_1=763697](http://ershov.iis.nsk.su/ru/archive/subgroup?nid=763697&nid_1=763697)
5. Всесоюзный симпозиум «Методы реализации алгоритмических языков». Новосибирск, 10-13.09.1975. Тр. Всесоюзн. симпози. по методам реализации новых алгоритм. языков. Новосибирск, 1975. Ч. 1. 238 с.
6. Всесоюзный симпозиум «Методы реализации алгоритмических языков». Новосибирск, 10-13.09.1975. Тр. Всесоюзн. симпози. по методам реализации новых алгоритм. языков. Новосибирск, 1975. Ч. 2. 249 с.
7. Всесоюзная конференция молодых ученых по системному программированию (КМУ СП). Новосибирск, 11-13.10.1977.
8. Всесоюзный семинар «Перспективы развития системного и теоретического программирования». Тр. Всесоюзн. симпози., Новосибирск, 20-22 марта 1978 г. / Под ред. И.В. Поттосина. Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1979.
9. Пятая Всесоюзная конференция по теоретической кибернетике. Новосибирск, 18-20.06.1980.
10. Труды сов.-фр. симпози. «Теория и практика программного обеспечения ЭВМ». Ч. 1. Сент. 1978. Новосибирск, 1981.

<sup>12</sup> <http://compiler.su/entuziasty-razrabotchiki-kompilyatorov-i-ikh-proekty.php>

<sup>13</sup> <https://ssyp.ru/>

<sup>14</sup> [https://www.iis.nsk.su/ershov\\_lectures/2023](https://www.iis.nsk.su/ershov_lectures/2023)

<sup>15</sup> [https://www.iis.nsk.su/ershov\\_lectures/index](https://www.iis.nsk.su/ershov_lectures/index)

<sup>16</sup> [https://www.iis.nsk.su/ershov\\_lectures/2023](https://www.iis.nsk.su/ershov_lectures/2023)

<sup>17</sup> <http://ershov.iis.nsk.su/ru/archive/group?nid=395456>

11. Всесоюзная конференция по методам трансляции. Новосибирск, 3-5 февраля 1981 г. Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1981 189 с.
12. Материалы Междунар. симпоз. «Алгоритмы в современной математике и ее приложениях» в 2-х частях, Ургенч, 16-22 сент. 1979 г. Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1982.
13. Всесоюзный семинар «Оптимизация и преобразование программ». Новосибирск; 04-06.05.1982.
14. Оптимизация и преобразование программ: Материалы Всесоюзн. семин. Новосибирск, 1983. Ч. 1 и 2. Под ред. А.П. Ершова. (Ч. 1, 176 с. Ч. 2, 150 с.).
15. Проблемы теоретического и системного программирования: Сб. науч. тр. Под ред. А.П. Ершова. Новосибирск, 1982. 160 с. <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/787043>
16. Программное обеспечение задач информатики: Сб. науч. тр. Под ред. А.П. Ершова. Новосибирск, 1982. 180 с.
17. Конференция «Актуальные проблемы развития архитектуры и программного обеспечения ЭВМ и вычислительных систем». Новосибирск, 17-19.06.1982.
18. Семинар «Применение ЭВМ для подготовки полиграфических изданий». Новосибирск; 18-20.08.1982.
19. Всесоюзный семинар по языкам программирования для микро-ЭВМ и методам их реализации Новосибирск, Академгородок, 27.06-01.07.1983.
20. Всесоюзная школа по смешанным вычислениям. Лиманчик, 06-09.10.1983.
21. Всесоюзная конференция «Методы трансляции и конструирования программ». Новосибирск; 29-31.10.1984.
22. Всесоюзная конференция по прикладной логике. Новосибирск, 22-24.10.1985.
23. Всесоюзная конференция «Научные проблемы создания ЭВМ нового поколения». Новосибирск, май, 1986 г.
24. Всесоюзная конференция «Формальные модели параллельных вычислений». Новосибирск, 1987.
25. Тодорой Д.Н., Ханбекова Н.С., Капацина Г.Г., Рябчук П.П. Расширяемая система ГРАФИК // Системное программирование. Материалы Всесоюзного симпозиума, март 1973. Ч. 2. С. 96-109.
26. Озоркин Ю.В., Тюрин В.Ф., Шулепов Н.И. Некоторые характеристики работы ОС ДИСПАК // Там же. С. 5-15.
27. Дементьев В.Н., Пяткин В.П. Алгоритм Беллмана в задаче планирования трассы роботов // Вычислительная математика и программирование. 1974. С. 36-38.
28. Черняховская М.Ю. Инженерия знаний в медицине // Теория и практика систем информатики и программирования, 1988. С. 160-169.
29. Городняя Л.В. О доказательном стиле разработки систем программирования // Программно-инструментальные средства задач информатики. 1990. С. 153-163.
30. Неменман М.Е. Специализированный процессор для системы программирования? // Языки и системы программирования. 1981. С. 17-20.
31. Вишневецкий Ю.Л., Шедко П.В. Подход к созданию языка и системы параллельного микропрограммирования // Теоретические и прикладные вопросы параллельной обработки информации. 1984. С. 143-149.
32. Поттосин И.В. Оптимизирующие преобразования и их последовательности // Системное программирование. Материалы Всесоюзного симпозиума, март 1973. Ч. 2. С. 128-137.
33. Вельбицкий И.В. Метаязык для формального задания семантики языков программирования. // Труды Всесоюзного симпозиума по методам реализации новых языков программирования. Ч. 2. С. 161-179.
34. Городняя Л.В. Реализация Лисп-интерпретатора // Вычислительная математика и программирование. Новосибирск: ВЦ СО РАН СССР, 1974. С. 24-35.
35. Баяковский Ю.М., Штаркман Вик. С. Об одном методе оценки эффективности оптимизирующих преобразований // Оптимизация и преобразования программ. 1983. Ч. 1. С. 123-127.
36. Ершов А.П. Система БЕТА – сравнение постановки задачи с пробной реализацией. Труды всесоюзного симпозиума по методам реализации новых языков программирования. Ч. 1. С. 74-81.
37. Поттосин И.В. Глобальная оптимизация, практичный подход. // Труды всесоюзного симпозиума по методам реализации новых языков программирования. Ч. 1. С. 113-128.
38. Адамович А.И., Климов Анд. В. Об опыте использования среды метапрограммирования Eclipse/TMF для конструирования специализированных языков // Научный сервис в сети Интернет: Труды XVIII Всероссийской научной конференции (19-24 сентября 2016 г., г. Новороссийск). М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2016. С. 3-8.
39. Фуксман А.Л. Некоторые принципы проектирования трансляторов // Труды всесоюзного симпозиума по методам реализации новых языков программирования. Ч. 2. С. 180-200.
40. Городняя Л.В. Об одном подходе к синтезу транслятора на примере языка Литтл // Теория и практика системного программирования. Новосибирск, 1977. С. 60-71.

41. Штробель Р. Автоматические преобразования КС-грамматик // Труды всесоюзного симпозиума по методам реализации новых языков программирования. Ч. 2. С. 50-60.
42. Левин Д.Я. Язык сверхвысокого уровня СЕТЛ и его реализация (для ЭВМ БЭСМ-6). Отв. ред. А.П. Ершов. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1983. 160 с.
43. Дик К., Шимасаки М., Шварц Дж. МИДЛ: гибридный язык промежуточного уровня // Труды всесоюзного симпозиума по методам реализации новых языков программирования. Ч. 2. С. 159-168.
44. Светлаков Ф.Г. Реализация расширенного языка ЭПСИЛОН // Языки и системы программирования. 1979. С. 106-120.
45. Степанов Г.Г. Опыт использования языка Сигма // Языки и системы программирования. 1981. С. 32-39.
46. Чеблаков Б.Г. Представление структур данных в машинно-ориентированном языке высокого уровня ЯРМО // Там же. С. 169-176.
47. Терехов А.Н. Язык синтеза объектной программы с учётом последующего контекста // Там же. С. 277-286.
48. Городняя Л.В. Макетирование программ с помощью тестов и описаний // Языки и системы программирования. 1981. С. 115-123.
49. Фоонов В.И. О построении многоязыкового препроцессора динамической отладки // Теория и практика системного программирования. 1977. С. 72-79.
50. Марчук Г.И., Котов В.Е. Модульная асинхронная развиваемая система // Параллельное программирование и высокопроизводительные вычисления. Ч. 1. С. 145-158.
51. Марчук А.Г. Модель вычислений в языке описания архитектуры // Параллельные вычислительные и программные системы. 1981. С. 37-42.
52. Быстров А.В., Дудоров Н.Н., Котов В.Е. О базовом языке // Языки и системы программирования. 1979. С. 85-106.
53. Городняя Л.В. Вычисляющие сети для описания базового языка // Параллельные вычислительные и программные системы. 1981. С. 135-151.
54. Котов В.Е., Быстров А.В., Городняя Л.В. Сетевой подход к описанию преобразований программ и процессов // Оптимизация и преобразования программ. Ч. 1. 1983. С. 114-122.
55. Быстров А.В., Городняя Л.В. Обработка исключительных ситуаций в асинхронных программах // Теоретические и прикладные вопросы параллельной обработки информации. 1984. С. 91-99.
56. Касьянов В.Н. Семантические преобразования программ // Методы трансляции и конструирования программ. Ч. 1. 1988. С. 107-108.
57. Сулимов А.А. Об автоматической верификации трансляторов // Методы трансляции и конструирования программ. Ч. 2. 1988. С. 104-106.
58. Покровский С.Б., Степанов Г.Г. Гипертекст как среда разработки программного обеспечения // Программно-инструментальные средства задач информатики. 1990. С. 4-14.
59. Иткин В.Э. К проблеме синтеза информационных объектов // Методы теоретического и системного программирования. 1991. С. 7-31.
60. Васючкова Т.С. Определение и построение метрики аттестации транслирующих систем // Трансляция и оптимизация программ. Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1984. С. 5-14.
61. Рар А.Ф. Принципы построения конвертора с Алгола-60 на Алгол-68 // Трансляция и преобразования программ. Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1984.
62. Геннадий Исаакиевич Кожухин / Второй Всесоюзный симпозиум «Системное программирование». Новосибирск: Изд-во ВЦ СО АН СССР, 1973. Ч. 1. С. 5-11.
63. Аникеева И.А., Грибачевская В.А., Ерофеев А.В., Ершов А.П., Кожухин Г.И., Кожухина С.К., Козловский С.В., Ким П.А., Поттосин И.В., Хоперсков А.В., Шелехов В.И., Янчук Т.С. Система автоматизации программирования АЛЬФА-6. / Второй Всесоюзный симпозиум «Системное программирование». Новосибирск: Изд-во ВЦ СО АН СССР, 1973. Ч. 1. С. 12-23
64. Кожухин Г.И., Ровкин Ю.И., Толстов Б.Л., Трескова С.П., Эфрос Л.Б. Технологические возможности системного базового математического обеспечения для ЭВМ «Урал-14Д». / Второй Всесоюзный симпозиум «Системное программирование». Новосибирск: Изд-во ВЦ СО АН СССР, 1973. Ч. 1. С. 24-28.
65. Князев И.И., Кожухин Г.И., Ласкин Л.Ф., Макаров К.М., Эфрос Л.Б., Диспетчер МОДИС и система автоматизации программирования МУ-14 для ЭВМ «Урал-14Д». / Второй Всесоюзный симпозиум «Системное программирование». Новосибирск: Изд-во ВЦ СО АН СССР, 1973. Ч. 1. С. 29-34.
66. Брындин Е.Г., Кабаник Л.Г., Катков В.Л., Кожухин Г.И., Фишелев В.И., Фишелева М.И., Шишова Н.А., Черевикн А.Ю. Система отображения графической информации ИРИС. / Второй Всесоюзный симпозиум «Системное программирование». Новосибирск: Изд-во ВЦ СО АН СССР, 1973. Ч. 1. С. 35-63.

## СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СМ ЭВМ

Геннадий Алексеевич Егоров

ПАО «Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ) им. И.С. Брука»,  
Москва, Российская Федерация, egorov.gennadiy@gmail.com

**Аннотация** – Системное программное обеспечение СМ ЭВМ представлено широким набором операционных систем и их окружением, обеспечивающим использование СМ ЭВМ в различных областях применения: автоматизация научных исследований; управление технологическими процессами; системы автоматизации проектирования; системы распределенной обработки данных и сети ЭВМ; информационно-справочные системы; системы сбора и обработки данных и др.

**Ключевые слова** – ИНЭУМ им. И.С. Брука, система малых ЭВМ (СМ ЭВМ), системное программное обеспечение (СПО), операционная система (ОС).

### I. ВВЕДЕНИЕ

С середины 1970-х годов две международные системы СМ ЭВМ и ЕС ЭВМ в совокупности, дополняя друг друга, стали технической базой автоматизации управления и обработки информации во всех сферах народного хозяйства нашей страны. С 1974 по 1990 годы по разработкам ИНЭУМ было выпущено более 60 тысяч вычислительных и управляющих комплексов, а также измерительно-вычислительных комплексов (ИВК) и автоматизированных рабочих мест (АРМ) на базе СМ ЭВМ.

Важно отметить, что индустрия СМ ЭВМ включала в себя развитую инфраструктуру технического обслуживания и обучения и явилась массовой школой для многих тысяч специалистов в области компьютерных технологий. В докладе дается краткое описание базовых программных средств СМ ЭВМ разработки ИНЭУМ, включая операционные системы, системы управления базами данных и сетевое программное обеспечение для всех архитектурных линий СМ ЭВМ.

В соответствии с различными архитектурными линиями СМ ЭВМ системное программное обеспечение (СПО) делится на следующие группы: СПО 16-разрядных малых ЭВМ с интерфейсами «Общая шина» и «МПИ» (СМ 3, СМ 4, СМ 1420, СМ 1300, СМ 1600, СМ 1425); СПО микро-ЭВМ (СМ 1800, СМ 1810); СПО 32-разрядных СМ ЭВМ (СМ 1700, СМ 1702) [1-8].

### II. СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ 16-РАЗРЯДНЫХ МАЛЫХ ЭВМ

СПО 16-разрядных СМ ЭВМ включает операционные системы (ОС), системы управления базами данных (БД) и сетевое программное обеспечение.

#### **Операционные системы 16-разрядных СМ ЭВМ включают:**

- ОС РВ – операционная система реального времени;
- ОС РВМ – многофункциональная ОС реального времени;
- МИОС РВ – малая исполнительная ОС реального времени;
- РАФОС – операционная систем с разделением времени;
- ДОС КП – дисковая ОС коллективного пользования;
- ДИАМС – диалоговая многотерминальная система;
- ДЕМОС-16 (ИНМОС) – мобильная UNIX-подобная ОС;
- ТЕДОС – тестовая диагностическая ОС.

**Операционная система реального времени (ОС РВ)** [9] используется в качестве базовой в различных системах реального времени от систем управления технологическими процессами до больших многопользовательских систем ввода и обработки данных.

ОС РВ обеспечивает мультипрограммный режим работы, т.е. параллельное выполнение в режиме реального времени многих задач за счет приоритетной диспетчеризации, разбиения памяти на разделы, временной выгрузки задач на диск, оперативного вмешательства пользователей в процесс прохождения задач.

Система ОС РВ включает в себя следующие основные подсистемы и подпрограммы:

- управляющую программу;
- драйверы внешних устройств;
- систему управления файлами;

- системные директивы;
- программу связи с оператором;
- системные обслуживающие программы;
- средства ввода, редактирования и распечатки текстовой информации;
- системы программирования на языках Макроассемблер, Фортран-IV, Кобол, Бейсик;
- средства обеспечения надежности функционирования комплекса Паскаль;
- средства генерации различных версий системы для конкретных применений.

ОС РВ может быть сгенерирована для выполнения на комплексах без аппаратуры диспетчера памяти (СМ 1300, СМ 3), а также на комплексах с диспетчером памяти (СМ 4, СМ 1420, СМ 1600).

Многофункциональная операционная система реального времени (ОС РВМ) [10] является дальнейшим развитием ОС РВМ и предназначена для применения в качестве базовой операционной системой для 16-разрядных управляющих вычислительных комплексов типа СМ 1425. ОС РВМ имеет программную и информационную совместимость с ОС РВ.

В отличие от ОС РВ система ОС РВМ имеет ряд существенных различий, направленных на использование и разделение вычислительных ресурсов, повышение производительности, надежности функционирования вычислительной системы. Эти отличия, прежде всего, связаны с поддержкой новых архитектурных особенностей СМ 1425:

- управление выполнением системных и пользовательских задач в трех режимах работы процессора (режимы ядра, супервизора и пользователя), что обеспечивает большую надежность и гибкость программного обеспечения;
- возможность разделения в задачах адресного пространства инструкций и данных;
- размещение вторичного пула, что снижает ограничения на размер системного пула;
- включение вспомогательного управляющего драйвера, что обеспечивает гибкий механизм для использования в ОС РВМ разных типов терминалов с различными кодовыми таблицами без изменения терминального драйвера;
- возможность использования алфавитно-цифрового представления имен каталогов;
- включение средств кэширования дисков, что обеспечивает повышение производительности системы при обмене данными между дисками и памятью;
- возможность оптимизации обработки очередей ввода-вывода к дисковым устройствам;
- возможность переконфигурации системы при изменении конфигурации комплекса;
- возможность замены дефектных блоков на дисках резервными;
- развитые средства резервирования дисков, учета использования вычислительных ресурсов, пакетной обработки и управления очередями, распределения и уплотнения памяти;
- приоритетное планирование процессов, обеспечивающее эффективное функционирование системы в реальном масштабе времени (уровни приоритетов от 1 до 250);
- круговая диспетчеризация процессов одного приоритета, обеспечивающая использование ОС РВМ в системах разделения времени;
- поддержка до 256 логических терминалов.

ОС РВМ поставляется на магнитной ленте и включает дистрибутивы операционной системы и систем программирования.

Малая исполнительная операционная система реального времени (МИОС РВ) является резидентной в оперативной памяти версией операционной системы ОС РВ. Обе системы поддерживают идентичный интерфейс ввода/вывода и совместимы как внутренне, так и на пользовательском уровне. ОС РВ является инструментальной системой, на которой отлаживаются пользовательские приложения для последующей работы в среде МИОС РВ. Загрузка таких приложений из ОС РВ в МИОС РВ может осуществляться через промежуточный носитель или путем телезагрузки.

Основным назначением МИОС РВ является обеспечение работы бездисковых, возможно встроенных СМ ЭВМ (СМ 1300, СМ 1420) в реальном времени в различных применениях от автоматизации производства до робототехники.

Операционная система с разделением функций (РАФОС) [11, 12] предназначена для использования в различных системах управления технологическими процессами и научным экспериментом, где сочетается решение задач реального времени с многопользовательской работой в режиме разделения времени по подготовке программ. Система РАФОС обеспечивает функционирование в однопрограммном или мультипрограммном режимах.

РАФОС представляет собой базовую систему, ориентированную на использование в специализированных многопроцессорных комплексах, в состав которых кроме основного процессора,

могут входить несколько спецпроцессоров или микропроцессоров. Такие специализированные комплексы дают возможность существенно повысить производительность при решении специальных классов задач. Это достигается за счет разделения функций между различными процессорами, ориентации процессоров на выполнение специальных функций, параллельного функционирования всех процессов комплекса.

РАФОС характеризуется повышенной реакцией на обработку прерываний по сравнению с другими операционными системами. Ядром управляющей системы РАФОС является монитор, создаваемый в процессе генерации системы. Монитор осуществляет работу с таймером; организацию ввода-вывода; управление внешними устройствами; управление файлами; связь с оператором; диагностику ошибок и др. Обеспечивается возможность включения в систему одного из следующих пяти типов мониторов, представленных в таблице.

Таблица  
Характеристики мониторов

Характеристики	Мониторы				
	<i>RM</i>	<i>SI</i>	<i>FB</i>	<i>XM</i>	<i>TS</i>
Реальное время	+	+	+	+	+
Разделение времени	-	-	-	-	+
Максимальное число задач	1	1	8	8	30
Число пользователей	1	1	11	1	16
Максимальное число терминалов	16	16	16	16	16
Объем ОЗУ (Кбайт мин/макс)	8/56	16/56	32/56	64/248	96/248
Объем резидентной части монитора, Кбайт	3	4	8	14	48

В состав РАФОС включены следующие системы программирования – Макроассемблер, Фортран, Бейсик, Паскаль, Кобол и дополнительно – система имитационного моделирования (СИМФОР) непрерывных, дискретных и непрерывно-дискретных процессов. Система СИМФОР имеет развитые средства обработки статистической информации и ее распечатки в виде таблиц, графиков, гистограмм.

**Дисковая операционная система коллективного использования (ДОС КП)** [13] предназначена для обслуживания пользователей в режиме разделения времени. Она обеспечивает следующие возможности:

- одновременное обслуживание большого числа пользователей в режиме разделения времени с требуемой реакцией системы на запросы;
- развитые средства для подготовки и отладки программ, а также для подготовки текстовой документации;
- работу пользователей с базами данных;
- защиту системных средств от несанкционированного доступа пользователей;
- выполнение в режиме эмуляции программ, подготовленных для выполнения в операционных системах ОС РВ и РАФОС.

Применение ДОС КП целесообразно в следующих областях:

- системах организационного управления;
- информационно-справочных системах;
- вычислительных системах коллективного пользования для решения экономических и научно-технических задач;
- системах обучения;
- инструментально-технологических системах подготовки программ и текстовой документации.

**Диалоговая многотерминальная система (ДИАМС)** [14] ориентирована на создание и ведение баз данных большого объема и решение информационно-логических задач. Система ДИАМС предназначена для использования в распределенных автоматизированных системах управления, информационно-справочных системах, системах управления делопроизводством и других, связанных со сбором, хранением и обработкой данных в режиме коллективного доступа к базам данных пользователей.

Основой системы является диалоговый язык высокого уровня интерпретирующего типа ДИАМС, ориентированный на обработку строковых данных переменной длины. Язык предназначен для решения информационных задач и включает средства создания и ведения баз данных.

**Инструментальная мобильная операционная система (ИНМОС)** [15] представляет собой инструментальную систему разделения времени, предназначенную для работы на моделях СМ ЭВМ с диспетчером памяти. Система ИНМОС написана на языке структурного программирования СИ и поставляется в исходном виде. ИНМОС – многопользовательская мультипрограммная операционная система с авторизацией доступа, в которой поддерживаются трансляторы с языков СИ, Фортран, Бейсик, Паскаль, Ассемблер. Также имеется структурный препроцессор для Фортрана – РАТФОР, макрогенератор и компилятор компиляторов.

Все системные компоненты разделены на три группы:

- ядро системы, содержащее программы управления выполнением вычислительными процессами, вводом-выводом и файловой системой;
- средства, используемые программистом, т.е. трансляторы, отладчики, редакторы и т.д.;
- средства оператора, т.е. команды управления и обслуживания системы, командный язык и другие операторские средства.

**Тестовая диагностическая операционная система (ТЕДОС)** [16] предназначена для проверки работоспособности вычислительных комплексов СМ ЭВМ и локализации неисправностей технических средств. ТЕДОС обеспечивает возможность проверки функционирования комплексов расширенной конфигурации и содержит широкий набор инструментальных средств для разработки новых тестовых и наладочных программ. Система является существенным развитием тест-мониторной операционной системы ТМОС и позволяет выполнять тестовые программы, разработанные для проверки технических средств СМ ЭВМ под управлением системы ТМОС.

**Системы управления базами данных включают:**

- СУД – система управления данными;
- ФОБРИН – интерактивная система ввода и обработки данных;
- ИНТЕРЕАЛ – СУБД реляционного типа;
- МИРИС – малая иерархическая распределенная СУБД;
- БАРС – базовая система для создания и ведения в реальном масштабе времени локальных баз данных реляционного типа.

**Система управления данными СУД** обеспечивает создание и обновление файлов, а также работу на уровне записей с файлами различной организации: последовательными, относительными и индексными. Пользовательский доступ к данным осуществляется на уровне макрокоманд двух классов: макрокоманд управления файлами и макрокоманд обработки записей. Первые служат для открытия, закрытия, создания, расширения и удаления файлов; вторые – для занесения, чтения, поиска по заданным признакам, замены записей в файле. В рамках одной программы может выполняться несколько операций над файлом. СУД работает под управлением ОС РВ или ДОС КП. К средствам СУД можно обращаться из программ на Макроассемблере, Коболе, Бейсике-Р2 и РПП-2.

**Интерактивная система ввода и обработки данных (ФОБРИН)** функционирует под управлением ОС РВ и ДОС КП, в которые обязательно должна быть включена система управления данными. Правила описания записей соответствуют возможностям описания структур данных языка Кобол. Эта система применяется в информационно-поисковых системах и системах управления данными, входящих в состав систем автоматизации различного класса. Поддерживаемая ФОБРИН информационная база является БД матричного типа и состоит из словаря системы, в котором хранятся описание данных, пользовательские процедуры и справочные таблицы, а также из совокупности пользовательских файлов, поддерживаемых системой СУД. В словаре системы хранятся полные описания обрабатываемых данных, и пользователь получает доступ к файлам только через словарь. Система ФОБРИН осуществляет создание и поддержку словаря системы, ввод, контроль и корректировку данных, вывод данных в нужных для пользователя форматах.

**Система управления базами данных реляционного типа (ИНТЕРЕАЛ)** представляет собой реляционную СУБД, реализованную в операционной среде ОС РВ на ЭВМ СМ 1420 и в БОС 1810 на ЭВМ СМ 1810. Она может быть использована при создании информационно-поисковых систем, автоматизированных систем управления технологическими процессами, производствами и управленческой деятельностью. ИНТЕРЕАЛ является мобильной СУБД и может быть легко перенесена в среду других ОС.

**Малая иерархическая распределенная информационная система (МИРИС)** работает под управлением ОС РВ и предназначена для управления базами данных в реальном времени в режиме коллективного доступа. В системе реализована двухуровневая иерархическая структура данных, допускающая в записях простые и многозначные поля и повторяющиеся группы. Количество файлов, из которых состоит база данных, может принимать значение до 250. В каждом файле поиск данных может вестись по 255 полям и

может содержаться до 16000 записей. МИРИС имеет набор системных утилит и подсистему запросов, которые позволяют использовать систему как замкнутую информационно-справочную. Кроме того, есть возможность подключения пользовательских задач, написанных на Фортране, Коболе и Макроассемблере. МИРИС может использоваться в системах автоматизации, где требуется обработка больших информационных массивов иерархической структуры, например, в ОАСУ, АСНИ и различных непромышленных сферах.

**Базовая система для создания и ведения в реальном масштабе времени локальных баз данных реляционного типа (БАРС)** предназначена для реализации реляционной модели в автоматизированных системах управления различного назначения, построенных на основе технических средств СМ ЭВМ. БАРС – многобазовая система. В ней параллельно осуществляется взаимодействие пользователей с несколькими локальными базами данных (ЛБД) в соответствии реляционной моделью. Данные внутри ЛБД представлены в виде отношений. Система поддерживает многотомную структуру хранения, при которой ЛБД может храниться на нескольких физических томах (например, магнитных дисках). Данные внутри отношений могут быть символьного, целого и вещественного типов. Предусмотрена также возможность работы со строками символов различной длины.

Функционирование СУБД БАРС поддерживается ОС с разделением функций РАФОС. Это позволяет использовать СУБД БАРС для оперативного сбора и интеграции информации в автоматизированных системах, функционирующих в реальном масштабе времени, в частности в АСУ технологическими процессами и научным экспериментом.

**Сетевое программное обеспечение включает:**

- ПП СЕТЬ СМ – пакет программ для построения сетей СМ ЭВМ;
- ДЕМОИ – однородная сетевая среда на базе различных типов СМ ЭВМ, функционирующих под управлением различных версий ДЕМОС;
- ПП ММК/Л, ПП ММК/Р – пакеты программ для создания иерархических многомашиных комплексов на базе СМ ЭВМ и ЕС ЭВМ.

Пакет **программ для построения сетей СМ ЭВМ (ПП СЕТЬ СМ)** [17] является базовым программным обеспечением для создания однородных сетей СМ ЭВМ произвольной размерности и топологии. Пакет построен на основе сетевой архитектуры СМ ЭВМ, является развитием пакета программ сетевой телеобработки реального времени (ПП СТО РВ) и позволяет создавать сети коммутации пакетов. Оба пакета работают под управлением операционной системы ОС РВ.

Пакет СЕТЬ СМ реализует следующие функции:

- взаимодействие пользовательских программ на Макроассемблере, Фортране, Коболе и Бейсике, находящихся в различных узлах сети при произвольном числе промежуточных узлов;
- доступ из программ и с терминалов к файлам в удаленных узлах;
- обмен файлами между различными узлами сети;
- обмен файлами между различными узлами сети с промежуточной буферизацией по заранее составленному расписанию;
- передачу и запуск в удаленных узлах сети косвенных командных файлов;
- обмен сообщениями между терминалами различных узлов сети;
- реализацию многоточечного подключения ЭВМ к каналу связи;
- реализацию возможностей сетевого командного терминала;
- отображение информации о функционировании любого элемента сети;
- адаптивное управление потоками данных и функционированием сети в целом;
- тестирование сетевого оборудования и программного обеспечения;
- управление программами в удаленных узлах;
- телезагрузку операционной системы МИОС РВ в бездисковые спутниковые узлы сети;
- телезагрузку задач в бездисковые спутниковые узлы сети;
- выгрузку аварийного дампа памяти из спутниковых узлов сети для последующего анализа.

Однородная **сетевая среда на базе различных типов СМ ЭВМ (ДЕМОИ)** предназначена для организации сетей на базе различных типов СМ ЭВМ, функционирующих под управлением соответствующих версий операционной системы ДЕМОС.

Для решения задач коммуникационной службы сети компоненты, входящие в состав продукта ДЕМОИ, осуществляют:

- управление коммуникационными устройствами (адаптерами, мультиплексорами, модемами и т.д.);

- обработку сообщений в соответствии с процедурами протокола управления информационным каналом и обеспечение безошибочности передаваемых данных;
  - одновременное обслуживание нескольких каналов связи;
- Решение задач информационно-вычислительной службы включает:
- организацию логической связи любого терминала сети с удаленной ЭВМ;
  - обмен файлами между узлами сети;
  - услуги электронной почты.

Существующая версия системы ДЕМОН поддерживает следующие типы СМ ЭВМ: СМ 1420, СМ 1300, СМ 1700 и СМ 1810. Для связи этих машин в полносвязную или звездообразную конфигурацию могут использоваться адаптер СМ 8502, мультиплексор СМ 8514, адаптер МСМ/МСД, коммуникационный контроллер СМ 1700.

**Пакеты программ для создания иерархических многомашинных комплексов на базе СМ ЭВМ и ЕС ЭВМ (ПП ММК/Л, ПП ММК/Р)** предназначены для использования в качестве базового ПО при создании локальных и распределенных многомашинных систем на базе СМ ЭВМ и ЕС ЭВМ. Эти пакеты выполняют следующие функции:

- запуск в ЕС ЭВМ заданий, подготовленных на СМ ЭВМ, и передачу результатов на СМ ЭВМ;
- взаимодействие программ, выполняемых на ЕС и СМ ЭВМ;
- доступ к базе данных ЕС ЭВМ по запросам СМ ЭВМ;
- использование терминалов СМ ЭВМ в режиме консоли ЕС ЭВМ.

Пакет ММК/Л служит для локального соединения ЭВМ, а ММК/Р – для удаленного. В ММК/Л эмулируется дисплейный комплекс ЕС-7906. ЕС и СМ ЭВМ связываются через устройство связи вычислительных машин (УСВМ), которое обеспечивает одноканальный интерфейс между комплексами. В ММК/Р в СМ ЭВМ эмулируется дисплейный комплекс ЕС-7920. ЕС и СМ ЭВМ сопрягаются через синхронный канал связи, подключенный к СМ ЭВМ через адаптер АДС-С, а к ЕС ЭВМ – через мультиплексор МПД-3 или процессор теледоступа (ПТД). ПП ММК/Р обеспечивает многоканальный интерфейс между комплексами. Оба пакета работают под управлением ОС РВ. Существенным является то, что и ММК/Л, и ММК/Р не требуют никаких переделок в программном обеспечении ЕС ЭВМ. Эти пакеты ориентированы на использование в ЕС ЭВМ ОС ЕС версии 6.1 и выше и общего телекоммуникационного метода доступа.

### III. СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРО-ЭВМ

Операционные системы микро-ЭВМ (СМ 1800, СМ 1810) делятся на инструментальные и исполнительные. Инструментальные ОС предназначены для автоматизации процесса проектирования программного обеспечения (ПО). Исполнительные ОС применяются для работы в реальном времени на конкретных объектах управления.

В число инструментальных ОС входят:

- ДОС 1800 – дисковая ОС для подготовки программ реального времени;
- СПО – система ПО СМ 1800;
- ОС 1800 – ОС общего назначения;
- МДОС 1810 – малая дисковая ОС общего назначения;
- ДОС 1810 – инструментальная ОС;
- МИКРОС-86 – ОС общего назначения.

К числу исполнительных ОС относятся:

- БРС РВ – базовая резидентная система реального времени для СМ 1800;
- МОС РВ – мультипрограммная ОС реального времени;
- ОС СФП – мультимикропроцессорная ОС реального времени со специализацией функций процессоров;
- БОС 1810 – большая ОС.

**Дисковая операционная система (ДОС 1800)** – инструментальная система для создания, трансляции, компоновки и отладки программ исполнительных систем реального времени на основе МОС РВ СМ 1800. ДОС 1800 – однопрограммная ОС, позволяющая выполнять обработку данных и действия с файлами. Ее основной компонент – супервизор, обеспечивающий файловый доступ ко всем периферийным устройствам микро-ЭВМ СМ 1800. Супервизор реализует управление входными и выходными файлами и доступен пользователю через набор подпрограмм обращения к файлам.

ДОС 1800 обеспечивает редактирование исходных текстов программ, ассемблирование и трансляцию с языков ПЛ/М, Фортран РВ, интерпретацию программ, написанных на языке Бейсик. Результат работы трансляторов – перемещаемый объектный модуль.

Основные области применения:

- программирование задач реального времени в АСУ ТП и САНЭ;
- использование в качестве инструментальной системы для МОС РВ СМ 1800.

**Система программного обеспечения СМ 1800 (СПО)** представляет собой простейшую ОС для микро-ЭВМ СМ 1800. Эта ОС может работать на любых типах комплексов СМ-1803 и применяется в основном в качестве простой инструментальной системы. Режим работы СПО – диалоговый, однопользовательский. СПО ориентирована на работу с гибкими магнитными дисками.

Система ПО предоставляет средства для обслуживания гибких магнитных дисков (управление файлами и томами), создания и редактирования текстов и программ, а также включает монитор-отладчик MONID.

Языковая поддержка в СПО как простейшей ОС СМ-1800 – минимальная. Имеется Ассемблер (абсолютный), ПЛ/М (также абсолютный) и интерпретатор Бейсик. СПО ориентирована на применение пользователями, не являющимися разработчиками сложных программных продуктов. Отсюда ее простота, минимальность знаний, которыми должен обладать программист, использующий СПО. Значительная степень совместимости трансляторов СПО с трансляторами ОС 1800 и ДОС 1800 позволяет довольно легко перейти к применению более сложных инструментальных систем по мере роста требований к разрабатываемому ПО, увеличения его объемов и сложности.

**Операционная система общего назначения (ОС 1800)** – однопрограммная, однопользовательская диалоговая операционная система ОС 1800 реализует следующие функции:

- диалог оператора с микро-ЭВМ СМ 1800;
- стандартные процедуры для связи с внешними устройствами;
- отладочные функции в режиме диалога;
- преобразование исходных файлов СПО в формат ОС 1800;
- создание и редактирование текстов в режиме диалога на языках Ассемблер, Бейсик, Фортран, Мибол и ПЛ/М;
- компиляцию, загрузку и выполнение программ в диалоговом и пакетном режимах;
- отладку программ;
- обслуживание библиотек.

ОС 1800 позволяет создавать, отлаживать и выполнять программы, написанные на языке Ассемблер и проблемно-ориентированных языках Бейсик, Фортран, Мибол и ПЛ/М. ОС 1800 программно совместима с широко распространенной системой СР/М и может использовать все ППП и трансляторы СР/М. Набор трансляторов составляет 15-20 единиц. Среди них такие, как Лисп и Си.

**Малая дисковая операционная система общего назначения (МДОС 1810)** – однопользовательская, однопрограммная, инструментальная диалоговая ОС. Она предназначена для построения конкретных проблемно-ориентированных систем, применяемых для обработки научно-технической и экономической информации, а также для тех областей применения, где требуется значительная вычислительная обработка в диалоговом режиме (например, графические системы, лабораторные применения и т.д.).

Поставочный комплект МДОС 1810 включает в себя транслятор с языка Макроассемблер и систему программирования СИ. В число системных утилит МДОС 1810 входит системный отладчик DEBUG, обеспечивающий отладку любых программ, созданных для МДОС 1810, доступ к файлам и секторам на дисках. Кроме того, система программирования СИ включает мощный экраный системный отладчик CODEVIEW.

**Инструментальная операционная система (ДОС 1810)** – однопользовательская, однопрограммная система, предназначенная для работы в двухпроцессорных моделях СМ 1810 для автоматизации проектирования и отладки программ реального времени. Большая номенклатура обслуживаемых внешних устройств в сочетании с широким набором команд, реализующих все необходимые при разработке ПО функции, позволяет повысить эффективность создания прикладных систем реального времени, ориентированных на дальнейшую работу под управлением ОС СФП 1810.

В ДОС 1810 используются следующие языки программирования, расширенные для поддержки проектирования систем реального времени: Макроассемблер и Макроассемблер-86, ПЛ/М и ПЛ/М-86, Фортран и Фортран-86, Бейсик.

**Операционная система общего назначения (МИКРОС-86)** – однопользовательская ОС общего назначения, обеспечивающая диалоговый и пакетный режим работы, предназначена для эксплуатации на микро-ЭВМ СМ 1810. Совместима с ОС СР/М. МИКРОС-86 может использоваться для построения конкретных проблемно-ориентированных систем для СМ 1810, применяемых для обработки научно-технической, экономической и медицинской информации, а также для тех областей применения, где требуется большая вычислительная обработка в диалоговом режиме. Минимальный объем ОЗУ – 256 Кб.

**Базовая резидентная система реального времени для СМ 1800 (БРС РВ)** – мультипрограммная ОС, обеспечивающая параллельное слежение и управление внешними событиями асинхронно в реальном масштабе времени. В БРС РВ входит набор драйверов для обслуживания модулей и устройств, часы астрономического времени (в пределах суток) и эмулятор терминала для обмена информацией с другой ЭВМ. Программирование прикладных задач ведется на языках Ассемблер и ПЛ/М. Возможна работа с двумя языками в рамках одного проекта. В качестве инструментальной системы для подготовки программ должна использоваться СПО СМ1800. Минимальный объем памяти БРС РВ – 8 Кб.

Основные области применения:

- измерение, контроль, управление и обмен информацией для технологических процессов и научных экспериментов;
- специальные микропроцессорные приборы и устройства на базе микро-ЭВМ СМ 1800.

**Мультипрограммная операционная система реального времени (МОС РВ)** является основной операционной системой реального времени. МОС РВ – гибкая и эффективная ОС реального времени. Реализует мультипрограммный режим, межзадачный обмен информацией и обработку прерываний. В качестве инструментальной системы для подготовки программ должна использоваться ДОС 1800. Программирование прикладных задач ведется на языках Макроассемблер, ПЛ/М или Фортран. Генерация осуществляется с помощью компоновщика ДОС 1800.

МОС РВ СМ 1800 – существенное расширение БРС РВ СМ 1800, форматы обращений этих систем совпадают, обеспечивая полную совместимость. В МОС РВ входят модули расширения (драйверы) для обслуживания терминалов, печатающих устройств, модулей аналогового и дискретного ввода-вывода и ввода числоимпульсных сигналов, файловой системы, распределителя памяти, часов астрономического времени, отладчика реального времени, средств межмашинного обмена информацией. Минимальный объем ядра МОС РВ – 2 Кб.

Основные области применения:

- автоматизация технологических процессов и научных экспериментов;
- концентраторы и мультиплексоры;
- интеллектуальные УСО для старших моделей СМ ЭВМ.

**Мультимикропроцессорная операционная система реального времени со специализацией функций процессоров (ОС СФП)** является гибким и эффективным средством для создания прикладных систем реального времени. Что определяет ее применение для сбора, обработки и хранения информации, автоматизации научных экспериментов, управления технологическими процессами с непрерывным и дискретным характером производства, к которым предъявляются жесткие требования к вероятностно-временным характеристикам обработки данных. В ОС СФП возможно использование следующих языков программирования: Ассемблер-86, ПЛ/М-86, Фортран-86. Для отладки прикладных систем реального времени на базе ОС СФП служат два отладочных средства, дополняющие друг друга: «Монитор-86» и «Системный отладчик». «Монитор-86» – автономная программа, присутствующая в памяти всегда (ПЗУ). «Системный отладчик» – расширение «Монитора-86», функционирующее совместно с ним.

**Большая операционная система (БОС 1810)** – многопользовательская, многозадачная ОС реального времени, предназначенная для разработки и исполнения задач, связанных с наблюдением и управлением событиями. БОС 1810 включает большой набор драйверов внешних устройств, что позволяет использовать в управляющем вычислительном комплексе широкую номенклатуру контроллеров. БОС 1810 является конфигурируемой системой – пользователь получает возможность настроить ее точно в соответствии с требованиями к оперативной памяти. БОС 1810 поддерживает следующие языки программирования высокого уровня: ПЛ/М, ПАСКАЛЬ-86, С-86, Фортран-86. В системе имеется Макроассемблер-86. Наличие нескольких трансляторов и Макроассемблера позволяет создавать прикладные применения на разных языках программирования, а затем на этапе сборки получать единый загрузочный модуль. Утилиты обслуживания объектных модулей позволяют настраивать загрузочный модуль на конкретный адрес памяти, формировать библиотеки объектных модулей, создавать структуру загрузочного модуля с перекрытиями, определять внешние ссылки объектного модуля.

## IV. СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ 32-РАЗРЯДНЫХ ЭВМ

**Операционные системы включают:**

- МОС ВП (Микро-МОС ВП) – многофункциональная ОС, поддерживающая виртуальную память;
- ДЕМОС-32 – диалоговая единая мобильная ОС;
- МИНИ МОС – инструментальные средства построения систем реального времени.

*Многофункциональная операционная система, поддерживающая виртуальную память (МОС ВП)* [18, 19], предназначена для функционирования на различных конфигурациях вычислительных комплексов СМ 1700. МОС ВП – многопользовательская ОС, обеспечивает работу в режимах реального времени, разделения времени и пакетной обработки. МОС ВП существенно дополняет возможности аппаратуры, обладает гибким алгоритмом планирования, расширенными возможностями по организации файлов и записей, эффективными средствами поддержки виртуальной памяти, достигнутыми благодаря эффективной схеме управления страницами.

МОС ВП обеспечивает пользователей развитыми средствами подготовки и отладки программ на языках программирования высокого уровня в различных режимах. МОС ВП позволяет использовать технические средства СМ ЭВМ для решения широкого спектра задач автоматизации проектирования, автоматизации управления производством, научного эксперимента, информационных задач, задач управленческого характера и других, где требуется одновременное выполнение значительного числа заданий с интегрированной информационной моделью объекта управления.

МОС ВП поддерживает новые архитектурные особенности 32-разрядных СМ ЭВМ, направленные на повышение их производительности. К таким особенностям относятся, например, увеличение объема оперативной памяти, создание многопроцессорных и кластерных вычислительных систем и др. Для сохранения преемственности ранее разработанного программного обеспечения МОС ВП обеспечивает информационную и программную совместимость с самой распространенной операционной системой 16-разрядной линии СМ ЭВМ – ОС РВ, что позволяет использовать разработанное в ОС РВ прикладное программное обеспечение на комплексе СМ 1700. МОС ВП поддерживает следующие языки программирования: Макроассемблер, ФОРТРАН, КОБОЛ, ПАСКАЛЬ, СИ, БЛИСС-32, БЕЙСИК, ПЛ/1, МОДУЛА, КОРАЛ, ДИАМС. МИКРО-МОС ВП является подмножеством МОС ВП для работы на малых конфигурациях технических средств на базе ВК СМ 1702.

*Диалоговая единая мобильная операционная система (ДЕМОС-32)* предназначена для широкого круга областей применения в различных системах управления и обработки данных и обеспечивает мультипрограммный многопользовательский режим, а также обладает развитыми инструментальными средствами для разработки программ. ДЕМОС-32 предназначена в основном для создания инструментальных систем по разработке больших программных проектов. На ее основе могут быть созданы информационные и обучающие системы подготовки высококачественной документации и системы распределенной обработки информации. Система программирования ДЕМОС-32 включает языки программирования высокого уровня, необходимые в инженерно-научных, экономических и других применениях: Си, Фортран, Паскаль и др.

*Инструментальные средства построения системы реального времени (МИНИ МОС)* предназначены для обеспечения пользователя средствами подготовки и отладки программ и создания специальных систем реального времени для решения широкого спектра задач, где требуется одновременное выполнение значительного числа заданий и быстрая реакция на внешние события.

МИНИ МОС состоит из двух подсистем:

- инструментальной подсистемы, функционирующей под управлением МОС ВП (Микро-МОС ВП);
- исполнительной подсистемы, функционирующей в автономном режиме в сетевом комплексе.

**Системы управления базами данных**

*Многофункциональная операционная система (МИС СМ)* – программное обеспечение для централизованного управления БД, интерактивной и пакетной обработки данных на ВК СМ 1700 под управлением МОС ВП. Пользовательские данные хранятся либо в файлах МОС ВП, либо в виде совокупности баз данных сетевой структуры, управляемых системой управления базами данных (СУБД) СЕТЬ-32. Доступ к данным возможен из программ на языках программирования (Макро, Кобол, Бейсик, Фортран, Паскаль, ПЛ/1, Си и др.) или через универсальную интерактивную систему запросов Фобрин-32.

МИС СМ состоит из четырех программных компонентов, которые могут использоваться отдельно и совместно:

- система управления словарями (СЛОВАРЬ-32);
- система управления базами данных (СЕТЬ-32);
- система управления формулярами (СУФ-32);
- универсальный интерактивный процессор запросов (Фобрин-32).

**Комплексная автоматизированная реляционная система (КАРС)** обеспечивает хранение и выборку алфавитно-цифровой информации для обработки в различных областях применения. КАРС поддерживает реляционную структуру данных: представление в виде отношений (таблиц), состоящих из строк и столбцов. В системе реализован язык SQL – наиболее мощный из языков, используемых в реляционных СУБД. КАРС функционирует на ЭВМ СМ 1700 с объемом оперативной памяти не менее 1 Мб под управлением МОС ВП. Программная часть системы занимает около 10 Мб на магнитном диске.

#### **Сетевые программные средства**

**Система программного обеспечения локальных сетей (СПО МАГИСТР)** – предназначена для создания локальных сетей магистрального типа со скоростью передачи данных по магистрали до 10 Мбит/с.

Система МАГИСТР предоставляет пользователям следующие основные возможности:

- доступ к удаленным файлам с видеотерминалов и из пользовательских программ;
- обмен файлами между узлами сети;
- взаимодействие пользовательских программ, выполняемых в различных узлах сети;
- использование терминалов, допускающих логическую связь с другими узлами сети;
- запуск удаленных программ и дистанционную пакетную обработку;
- транспортировку сообщений по сети от программы-источника к программе-адресату при любом количестве промежуточных узлов;
- обмен информацией между терминалами различных узлов;
- проверку функционирования отдельных узлов и линий сети.

**Система программного обеспечения распределенных сетей (СПО ТРАЛ)** предназначена для построения распределенных вычислительных сетей на базе ЭВМ СМ 1700 и архитектурно совместимых с ней СМ ЭВМ. СПО ТРАЛ имеет информационную совместимость и совместимость по протоколам с пакетами программ СЕТЬ СМ и СЕТЬ МИКРО.

Система ТРАЛ предоставляет пользователям следующие основные возможности:

- доступ к удаленным файлам с видеотерминалов из пользовательских программ;
- обмен файлами между узлами сети;
- взаимодействие пользовательских программ, выполняемых в различных узлах сети;
- использование терминалов, допускающих логическую связь с другими узлами сети;
- запуск удаленных программ и дистанционная пакетная обработка;
- транспортировку сообщений по сети от программы-источника к программе-адресату при любом числе промежуточных узлов;
- обмен информацией между терминалами различных узлов;
- проверку функционирования отдельных узлов и линий сети.

СПО ТРАЛ программно совместим с СПО МАГИСТР и с его помощью может выходить на локальные сети магистрального типа.

**Система программного обеспечения для построения распределенных многомашинных комплексов на базе ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ (ЭМУЛЯТОР)** предназначена для использования в качестве базового ПО при создании иерархических систем автоматизации территориально-распределенных объектов на базе ЕС ЭВМ и СМ 1700. Система обеспечивает применение СМ 1700 в качестве удаленных абонентских пунктов ЕС ЭВМ. Операторы локальных и удаленных терминалов, подключенных к СМ 1700, получают доступ к ПО ЕС ЭВМ, ориентированному на работу с удаленным вариантом системы отображения алфавитно-цифровой информации ЕС 7920. В частности, обеспечивается доступ с терминала СМ ЭВМ к наиболее широко распространенным пакетам ЕС ЭВМ – ОКА, КАМА, ДУВЗ, СРВ. Эмулятор организует также обмен данными между программами, функционирующими в СМ ЭВМ и ЕС ЭВМ. Режим работы канала связи – полудуплексный или дуплексный.

В качестве базовых ОС для построения распределенных многомашиных комплексов служат ОС ЕС 6.1 для ЕС ЭВМ и МОС ВП для СМ ЭВМ. Кроме того, применяются следующие программные компоненты ОС ЕС:

- общий телекоммуникационный метод доступа (ОТМД);
- базовый телекоммуникационный метод доступа (БТМД);
- пакеты ОС ЕС, использующие ОТМД или БТМД.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дедов Ю.А., Островский М.А., Песелев К.В. и др. Под общ. ред. Б.Н. Наумова. Малые ЭВМ и их применение. М.: Статистика, 1980. 231 с.
2. Наумов Б.Н. Микро- и мини-ЭВМ. Настоящее и будущее. М.: Знание, 1983. 64 с.
3. Кабанов Н.Д., Шкамарда А.Н., Кравченко В.С. и др. Под ред. Л.Н. Преснухина. Микро-ЭВМ. Универсальные машины семейства СМ 1800. М.: Высшая школа, 1988. 158 с.
4. Прохоров Н.Л., Песелев К.В. Малые ЭВМ. Перспективы развития вычислительной техники. Кн. 5. М.: Высшая школа, 1989. 158 с.
5. Прохоров Н.Л., Егоров Г.А., Красовский В.Е., Тювин Ю.Д., Шкамарда А.Н. Под ред. Н.Л. Прохорова. Управляющие вычислительные комплексы. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Финансы и статистика, 2003. 352 с.
6. Прохоров Н.Л., Егоров Г.А. и др. Под ред. Н.Л. Прохорова, В.В. Сюзева. Управляющие вычислительные комплексы для промышленной автоматизации: Учебн. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. 372 с.
7. Гиглавый А.В., Кабанов Н.Д., Прохоров Н.Л., Шкамарда А.Н. Микро-ЭВМ СМ-1800. Архитектура, программирование, применение. М.: Финансы и статистика, 1984. 136 с.
8. Егоров Г.А., Песелев К.В., Родионов В.В. и др. Под ред. Н.Л. Прохорова. СМ ЭВМ: Комплексование и применение. М.: Финансы и статистика, 1986. 304 с.
9. Егоров Г.А., Кароль В.Л., Мостов И.С. и др. Операционная система ОС РВ СМ ЭВМ. М.: Финансы и статистика, 1987. 271 с.
10. Егоров Г.А., Кароль В.Л., Мостов И.С. и др. Под ред. Г.А. Егорова. Операционная система ОС РВМ СМ ЭВМ: Справ. изд. М.: Финансы и статистика, 1990. 303 с.
11. Валикова Л.И., Вигдорчик Г.В. и др. Операционная система СМ ЭВМ РАФОС. М.: Финансы и статистика, 1984. 207 с.
12. Вигдорчик Г.В., Воробьев А.Ю., Праченко В.Д. Основы программирования на Ассемблере для СМ ЭВМ. М.: Финансы и статистика, 1983. 160 с.
13. Праченко В.Д., Самборский А.Г., Чумаков М.В. Дисковая операционная система коллективного пользования. М.: Финансы и статистика, 1985. 206 с.
14. Семик В.П., Фридман А.Л., Горский В.Е. Диалоговая многотерминальная система для СМ ЭВМ. М.: Финансы и статистика, 1983. 159 с.
15. Беляков М.И., Рабовер Ю.И., Фридман А.Л. Мобильная операционная система: Справочник. М.: Радио и связь, 1991. 208 с.
16. Столяр Л.Н., Шапошников В.А. Средства проверки работоспособности оборудования СМ ЭВМ. М.: Финансы и статистика, 1986. 159 с.
17. Васильев Г.П., Егоров Г.А., Щербина Н.Н. Программное обеспечение сетей СМ ЭВМ. М.: Финансы и статистика, 1983. 87 с.
18. Остапенко Г.П., Аксенов А.В., Нестеров А.А. и др. Операционная система МОС ВП для СМ 1700. М.: Финансы и статистика, 1988. 183 с.
19. Васильев Г.П., Егоров Г.А., Зонис В.С. и др. Под ред. Н.Л. Прохорова. Малые ЭВМ высокой производительности. Архитектура и программирование. М.: Радио и связь, 1990. 256 с.

## РАЗВИТИЕ ОТРАСЛИ МАССОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В СССР В 1980-1990 гг. В АСПЕКТЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МНТК «ПЕРСОНАЛЬНЫЕ ЭВМ»

**Виктор Николаевич Захаров**

*ФИЦ «Информатика и управление» РАН, Москва, Российская Федерация, vzakharov@ipiran.ru*

**Аннотация** – В середине 1980-х годов в СССР был принят ряд важных решений, направленных на преодоление сложившегося отставания в области информатики. Среди них Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 12 декабря 1985 года «О создании межотраслевых научно-технических комплексов и мерах по обеспечению их деятельности». В числе созданных был МНТК «Персональные ЭВМ» Академии наук СССР. Описана история создания и деятельности МНТК «ПЭВМ», приведены конкретные данные, основанные на анализе ежегодных докладов МНТК «ПЭВМ», о создании и производстве в стране ПЭВМ и систем на их основе.

**Ключевые слова** – персональные ЭВМ, МНТК, периферийное оборудование, программное обеспечение.

### I. ВВЕДЕНИЕ

К началу 1980-х годов в мире начался бум использования средств вычислительной техники буквально во всех областях. Это было вызвано в значительной степени появлением на рынке нового вида массовой техники – персональных ЭВМ. В СССР к этому времени в ряде министерств и ведомств велись работы по разработке и производству средств вычислительной техники, однако уже отчетливо проявилось осознание заметного отставания от мировых лидеров в этом направлении. В конце 1982 года после смерти руководителя страны Л.И. Брежнева и избрания на пост генерального секретаря ЦК КПСС Ю.В. Андропова в стране начались определенные изменения, затронувшие и область вычислительной техники. Обновленным руководством страны был принят целый ряд важных решений, направленных на преодоление этого отставания [1, 2].

Так постановлением Общего собрания АН СССР № 12 от 3 марта 1983 года было принято решение об организации Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации (ОИВТА) в составе Секции физико-технических и математических наук при Президиуме АН СССР. Большую роль сыграли выпущенные в один день 29 июля 1983 года совместное постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 729-231 «О дальнейшем развитии работ в области вычислительной техники» и детализирующее его Постановление Совета Министров СССР № 730-232 «О мерах по обеспечению работ в области вычислительной техники и ее применения в народном хозяйстве» [3, 4]. В частности, этим постановлением было разрешено АН СССР создать Институт проблем информатики АН СССР (ИПИАН) с опытным производством в г. Москве и с филиалами в гг. Казани и Бердянске Запорожской области.

### II. РЕШЕНИЕ О СОЗДАНИИ МНТК

Важным элементом реализации новой технической политики стало Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 12 декабря 1985 г. № 1230 «О создании межотраслевых научно-технических комплексов и мерах по обеспечению их деятельности» [5]. В нем было сказано: «Считать необходимым создать по главным направлениям научно-технического прогресса межотраслевые научно-технические комплексы (МНТК), ориентированные на проведение всего цикла работ по созданию и освоению производства высокоэффективных видов техники, технологии и материалов новых поколений. Включать в состав этих комплексов научно-исследовательские учреждения, конструкторские и технологические организации, опытные предприятия. Привлекать к участию в работе межотраслевых научно-технических комплексов научно-исследовательские учреждения, конструкторские и технологические организации, объединения и предприятия министерств и ведомств СССР и союзных республик, располагающих научно-техническим потенциалом по соответствующим направлениям. Возложить на Государственный комитет СССР по науке и технике методическое руководство и координацию деятельности межотраслевых научно-технических комплексов».

По Постановлению было создано около 20 МНТК. Наиболее известным из них и дольше всех просуществовавшим был МНТК «Микрохирургия глаза», создававшийся под знаменитого офтальмолога С.Н. Фёдорова. Одним из созданных комплексов был МНТК «Персональные ЭВМ» Академии наук СССР. Насколько я помню, о подготовке Постановления о создании МНТК стало известно в последний момент, и включиться в конкретный список создаваемых МНТК требовалось очень быстро, для чего надо было сформировать его состав. Здесь надо отдать должное колоссальной энергии тогдашнего директора

ИПИАН академика Бориса Николаевича Наумова, который сумел буквально сходу договориться с рядом руководителей организаций об участии в МНТК, и в результате МНТК «ПЭВМ» успел попасть в Постановление.

В Приложении к Постановлению было написано: «Образовать МНТК «Персональные ЭВМ» Академии наук СССР в составе: Институт проблем информатики АН СССР, г. Москва – головная организация; Филиал Института проблем информатики, г. Казань; Филиал Института проблем информатики, г. Бердянск Запорожской области. Организации и предприятия, участвующие в работе комплекса: Организация п/я М-5804 (предприятия п/я В-2672 и п/я М-5339), организация п/я А-1501(предприятия п/я Р-6052, п/я В-8420, п/я Х-5446, п/я Г-4783), Минприбор (Институт электронных управляющих машин, г. Москва; НПО «Автограф», г. Орел; московский опытный завод «Энергоприбор»), Академия наук Узбекской ССР (НПО «Кибернетика», г. Ташкент)». Сейчас можно раскрыть названия организаций и предприятий, участвовавших по Постановлению в работе МНТК «Персональные ЭВМ», и указанных там как п/я: организация п/я М-5804 – Министерство радиопромышленности СССР (предприятия п/я В-2672 – Научно-исследовательский институт электронно-вычислительных машин, г. Минск и п/я М-5339 – Московский научно-исследовательский институт счетного машиностроения, г. Москва), организация п/я А-1501 – Министерство электронной промышленности СССР (предприятия п/я Р-6052 – Научно-исследовательский институт «Научный центр», г. Москва, п/я В-8420 – Центральный научно-исследовательский институт «Циклон», г. Москва, п/я Х-5446 – Ленинградское объединение электронной промышленности «Светлана», г. Ленинград, п/я Г-4783 – Научно-производственное объединение «Электроника», г. Воронеж).

Однако вскоре после выхода Постановления начались действия по уточнению его реализации. Уже 26.02.1986 г. Минэлектронпром СССР уточнил перечень своих предприятий, участвующих в работе МНТК, исключив из него ЛОЭП «Светлана» и НПО «Электроника». Но в число участвующих организаций было введено опытно-конструкторское бюро завода «Процессор», г. Воронеж.

В Постановлении были определены цели и задачи МНТК «Персональные ЭВМ»: «Создание и освоение выпуска единых по архитектуре, конструктивно-технологической и элементной базе систем микроЭВМ, в том числе персональных ЭВМ с программным обеспечением и периферийными устройствами, для массового применения в народном хозяйстве.». В принятом позднее Положении говорилось, что МНТК «Персональные ЭВМ» координирует и направляет деятельность отраслевых научно-исследовательских, конструкторских организаций, научно-производственных объединений и предприятий Минрадиопрома СССР, Минэлектронпрома СССР, Минприбора СССР, а также академических научных учреждений и учебных заведений страны, работающих по проблемам Комплекса. На организации, входящие в состав МНТК «ПЭВМ», возлагаются фундаментальные и прикладные исследования по ключевым проблемам в области персональных ЭВМ, включая создание перспективных моделей этих ЭВМ, программного обеспечения для них, методологии эффективного использования ПЭВМ в народном хозяйстве. На организации и предприятия министерств, участвующих в работе Комплекса, возлагаются разработка, организация производства и серийный выпуск технических и программных средств персональных ЭВМ и систем на их основе, включая периферийное оборудование, в соответствии с отраслевой специализацией.

### III. Начало деятельности МНТК «ПЭВМ»

В вышедшем 23 января 1986 года Постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О создании и развитии производства в СССР персональных ЭВМ» №158-57 [6] были сформулированы конкретные задания по производству ПЭВМ, а также определены межотраслевые головные организации по разработке периферийного оборудования для ПЭВМ, работающие под непосредственным научно-техническим руководством МНТК «Персональные ЭВМ»: Научно-исследовательский институт вычислительной техники, г. Пенза – по внешним ЗУ на жестких магнитных дисках; Производственное объединение «Орловский завод УВМ им. К.Н. Руднева» – по устройствам печатающим, последовательным и устройствам вывода графической информации; Научно-исследовательский институт периферийного оборудования, г. Киев – по носителям информации на гибких магнитных дисках и устройствам ввода графической информации; Центральное Львовское производственное объединение «Электрон», г. Львов – по мониторам монохромным и цветным для алфавитно-цифровых и графических дисплеев; Научно-исследовательский центр электронно-вычислительной техники, г. Москва – по комплексу технических и программных средств локальных сетей ЭВМ.

Постановлением Совета Министров СССР от 16 июля 1986 г. № 831 Генеральным директором МНТК «Персональные ЭВМ» был назначен академик Наумов Б.Н., директор ИПИАН. Совет Министров СССР Постановлением от 31 июля 1986 г. № 903 «Вопросы обеспечения деятельности межотраслевых научно-технических комплексов и инженерных центров» определил основные организационные

формы деятельности МНТК и утвердил Типовое положение об МНТК. В соответствии с Типовым положением оперативное управление и координацию работ МНТК осуществляет через аппарат министерств и ведомств путем подготовки предложений. Совет Министров СССР обязал министерства включать задания, предусмотренные планом МНТК, после утверждения в установленном порядке, в планы подведомственных организаций и выделять им необходимые финансовые и трудовые ресурсы.

Однако следует отметить, что, как правило, такие предложения оставались без ответа и расценивались как вмешательство МНТК в деятельность министерств. МНТК не был наделен правами вышестоящего органа даже в пределах работ, предусмотренных единым тематическим планом. Установленный порядок предусматривал согласование планов с каждой организацией, министерством, Госпланом СССР и утверждение в ГКНТ. Но в результате преобладания ведомственных интересов при согласовании зачастую исключались работы, не предусмотренные ранее в планах министерств, имеющие поисковый характер, ориентированные на существенно новые прогрессивные технологические процессы.

Основным документом, определяющим деятельность Комплекса, был Единый план исследований, разработок и опытных работ МНТК «ПЭВМ». Единый план МНТК состоял из 4 разделов:

1. Фундаментальные исследования в области создания микро-ЭВМ, в том числе ПЭВМ и их программного обеспечения.
2. Создание и освоение в производстве технических средств для построения систем на основе персональных и микро-ЭВМ.
3. Разработка и ввод в эксплуатацию программных средств для ПЭВМ.
4. Работы, обеспечивающие выполнение Программы.

Согласно Положению о МНТК «ПЭВМ», утвержденному в 1987 году, МНТК ежегодно до 1 июня разрабатывает и представляет в Государственный комитет СССР по науке и технике, Государственный комитет СССР по вычислительной технике и информатике, Президиум АН СССР доклад о развитии закрепленного за Комплексом направления науки и техники за истекший год. МНТК также ежегодно представляет в Государственный комитет СССР по науке и технике, Государственный комитет СССР по вычислительной технике и информатике, Президиум АН СССР доклад о результатах работ по закрепленному за ним направлению развития науки и техники.

Единый пятилетний план проведения исследований, разработок и опытных работ МНТК «Персональные ЭВМ» на 1986-1990 гг. был утвержден постановлением ГКНТ СССР от 16 июня 1987 г. № 186. Основные задания этого плана представлены на схеме (рис. 1). Сама форма представления схемы (рукописный рисунок) показывает, что в то время даже у головной организации не было реальной возможности оперативного машинного оформления схем такого размера.

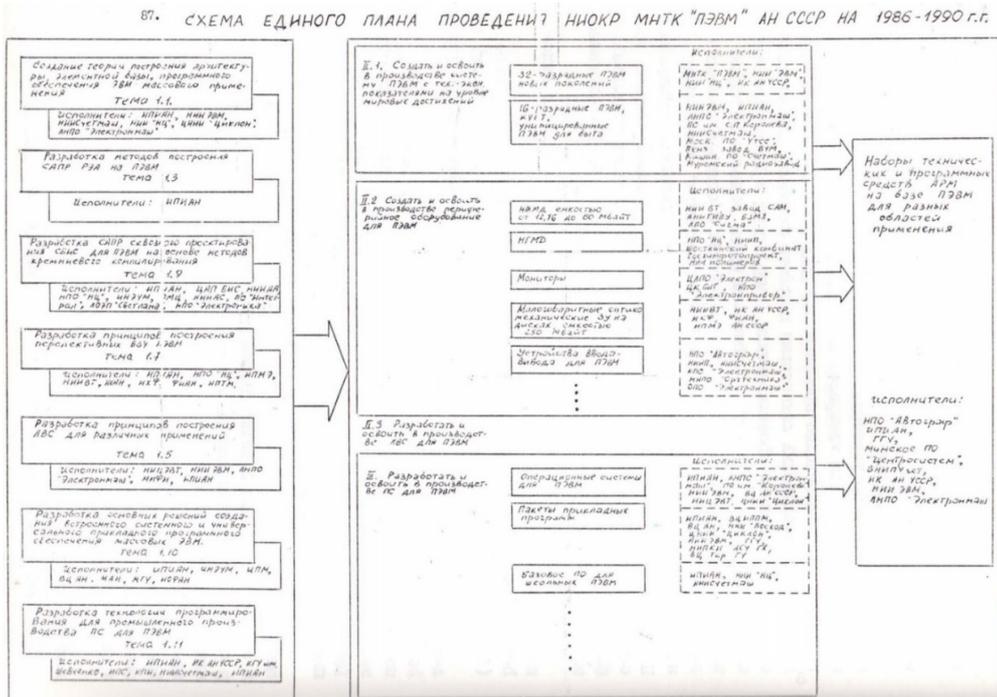


Рис. 1. Схема единого плана проведения НИОКР МНТК «ПЭВМ» АН СССР на 1986-1990 гг.

#### IV. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО РАЗРАБОТКЕ И ВЫПУСКУ ПЭВМ В СССР

В 1987 году был представлен Доклад МНТК «ПЭВМ» о результатах работ за 1986 год, первый из ежегодных докладов, представлявшихся в последующие годы. Он содержал следующие крупные разделы: Научно-организационная работа; Характеристика технического уровня и тенденции развития ПЭВМ (в мире и в СССР); Периферийное оборудование; Программное обеспечение; Автоматизированные рабочие места на базе ПЭВМ; Организация производства; Научное сотрудничество с социалистическими странами. Приведём некоторые сведения из Доклада, хорошо отражающие стиль той эпохи.

Разработка и выпуск ПЭВМ в 1986 г. проводились Минэлектронпромом СССР, Минрадиопромом СССР, Минпромсвязи СССР и Минприбором СССР в соответствии с Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 23.01.1986. МНТК «ПЭВМ» был только что создан и не принимал непосредственного участия в формировании как технического уровня ПЭВМ (согласование технических заданий), так и планов серийного выпуска ПЭВМ. В 1986 г. разработаны и начат серийный выпуск ПЭВМ двух классов: 1 класс – комплексы учебной вычислительной техники на базе 8- и 16-разрядных ПЭВМ; 2 класс – профессиональные ПЭВМ архитектуры IBM PC XT EC-1840, EC-1841, Искра 1030, Нейрон И9.66 и архитектуры DEC Professional 350 Электроника-85. Все три профессиональные ПЭВМ, имевшие единый прототип, отличались между собой конструкцией, типом применяемых разъемов, т.е. были аппаратно-несовместимы. Достижение характеристик, соответствующих мировому уровню, было предусмотрено при создании унифицированной ППЭВМ EC 1842, разработка которой велась уже в рамках МНТК «ПЭВМ». Были приведены данные по выполнению плана министерствами по производству ПЭВМ (табл. 1).

Таблица 1

Выполнение плана 1986 г., установленного постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 23.01.1986 г.

	Един. изм.	План	Выполнение	% выполнения
Персональные ЭВМ, всего, в т.ч.:	шт.	25800	31680	122,8
<b>Профессиональные</b>	шт.	15800	16680	105,6
Минприбор СССР	шт.	100	80	80,0
Минрадиопром СССР	шт.	500	500	100,0
МПСС СССР	шт.	200	-	0
Минэлектронпром СССР	шт.	15000	16100	107,3
<b>Школьные</b>	шт.	10000	15000	150,0
Минэлектронпром СССР	шт.	10000	15000	150,0
Минрадиопром СССР	шт.	-	-	-

Было указано, что Минприбор СССР и Минпромсвязи СССР план производства персональных ЭВМ не выполнили из-за недопоставки ряда микросхем Минэлектронпрома СССР и отсутствия поставок из Народной Республики Болгария накопителей на гибких магнитных дисках EC 5321M. Минэлектронпром СССР увеличил выпуск простейших ПЭВМ типа ДВК-1, а отсутствие согласия потребителей на получение этой модели (из-за ее низкого качества) привело к перераспределению поставок ПЭВМ предприятиям своей отрасли с целью выполнения задания по выпуску ПЭВМ.

В очередном докладе МНТК «ПЭВМ» – о развитии персональных ЭВМ в СССР в 1987 г. – было отмечено, что в 1987 году в стране были закончены в разработке и освоены в производстве: новая модель профессиональной ПЭВМ EC-8141 (головная организация – НИИ ЭВМ, г. Минск), комплексы учебной вычислительной техники «Корвет» (НИИСчетмаш) и MC0202 «УКНЦ» (НИИ «НЦ»), модернизированная модель ППЭВМ «Искра-1030M». ППЭВМ EC-1841 была программно совместима с наиболее популярными в мире персональными ЭВМ IBM PC и IBM PC XT, не уступая им по основным техническим характеристикам.

Основные работы в области операционных систем состояли в завершении разработки мобильной операционной системы ИНМОС (типа ЮНИКС), а также в завершении разработки и сдаче в серийное производство ОС с унифицированным интерфейсом для пакетов прикладных программ (МИКРОС-86), совместимой с CP/M86. ИНМОС-85 для ПЭВМ «Электроника-85» была перенесена на EC-1841 (ИНМОС-1841), Искра-1030 (ИНМОС-И) и Нейрон И9.66 (ИНМОС-Н).

Состояние работ в области массовой вычислительной техники наглядно представимо из данных о производстве периферийных устройств в министерствах (табл. 2).

Вновь разработанные модели EC-1841, «Корвет» и КУВТ «УКНЦ» выпускались в 1987 году лишь опытными партиями, а серийное производство их практически не началось. В 1988 г. была разработана ПЭВМ EC1842, государственные испытания проведены в декабре. Отличалась от своих предшественниц

ЕС1840, ЕС1841 большими производительностью, емкостями ОЗУ и ВЗУ, соответственно – расширенными функциональными возможностями, повышенной надежностью. В 1988 г. Филиалом Всесоюзного НИИ электромеханики, г. Истра и Курским ПО Счетмаш была завершена разработка 16-разрядной ПЭВМ «Истра 4816», по заданию НТП ГКНТ СССР, государственные испытания состоялись в марте 1989 г. Время наработки на отказ 5000 часов, стоимость базового комплекта 7600 руб., в максимальной конфигурации 15000 рублей. Однако до реального производства дело не дошло.

Таблица 2  
Производство периферийных устройств в СССР в 1987 году

<b>Серийное производство периферийных устройств</b>	<b>План 1987 г. (штук)</b>	<b>Фактическое выполнение плана 1987 г. (штук)</b>
<b>Минрадиопром СССР</b>		
НМД типа «Винчестер» (ЕС5051)	-	-
<b>Минэлектронпром СССР</b>		
НМД типа «Винчестер» (ЕС5401)	5000	5792
НГМД (МС5305)	39000	40539
Мониторы для ППЭВМ, из них	-	25000
монохромные	-	24200
цветные	-	800
<b>Минприбор СССР</b>		
Печатающие устройства (СМ6335)	6500	77
Устройства вывода графической информации (СМ6470)	500	-
Устройства ввода графической информации (СМ6410)	200	200
<b>Минпромсвязи СССР</b>		
Мониторы, в том числе	62300	10777
цветные (МС6106)	2000	-
монохромные, из них	60300	10777
Для профессиональных ПЭВМ(МС6105)	-	7987
Для школьных ПЭВМ (ВД011)	-	2790

Анализ развития ПЭВМ в стране в 1988 г., представленный в очередном Докладе МНТК «ПЭВМ» показал, что за прошедший год не произошло каких-либо принципиальных улучшений ни в разработке ПЭВМ, ни в их производстве. Вновь было отмечено, что одной из основных, изначально определяющих технический уровень и качество отечественных ПЭВМ, причин является отсутствие элементной базы, отвечающей современным требованиям. Это относится прежде всего к микропроцессорам, всем видам элементов памяти и т.д., матричным БИС с высокой степенью интеграции, а также к конструктивным элементам, например, разъемам прямого контактирования и др. В связи с этим, в 1988 г. было принято решение о разработке отечественного аналога микропроцессора i80386, а в 1989 г. ИПИ АН СССР, НПО «Микропроцессор» (г. Киев) и НИИЭВМ (г. Минск) была начата работа с целью создания такого 32-разрядного микропроцессора.

О производстве отечественного программного обеспечения можно сказать, что за 1986 – 88 гг. рядом министерств и ведомств в соответствии с планами МНТК «ПЭВМ» и директивными заданиями было разработано 89 наименований программных средств, в том числе по заданиям Постановления ЦК КПСС и СМ СССР – 37 наименований.

О ходе работ в СССР по организации производства ПЭВМ в первые годы попыток планового управления этой отраслью свидетельствует табл. 3.

И вновь невыполнение плана первыми тремя министерствами объяснялось рядом причин: низким качеством изготовления отдельных периферийных устройств внутри страны; недопоставками импортного периферийного оборудования; неритмичностью поставок микросхем по импорту, отсутствием производства аналогичных микросхем в СССР; недопоставками министерствам со стороны

Минэлектронпрома СССР как серийных микросхем, так и вновь разрабатываемых новых моделей микросхем.

На конец 1988 г. производство было организовано в Минприборе СССР на 3 предприятиях, в Минрадиопроме СССР – на 4, в основном выпускающих универсальные или мини-ЭВМ. К 1990 г. по пятилетнему плану предполагалось освоить производство профессиональных ПЭВМ на специализированном заводе-новостройке в г. Кишиневе, мощность которого была определена в 500 тыс. шт. ПЭВМ.

Конец 1980-х характеризовался крупными изменениями в стране – происходила «перестройка». Так, в 1989 г. Минприбор СССР стал Минэлектротехприбором СССР, Минпромсвязи СССР волился в Минсвязи СССР. Все планы были существенно скорректированы в сторону уменьшения. Предприятия министерств-изготовителей ПЭВМ оказались не готовыми к массовому выпуску этой техники, главные причины: недостаток производственных мощностей, слабая оснащённость предприятий современным автоматизированным и контрольно-измерительным оборудованием, недостаточность поставок по объёму и по номенклатуре интегральных схем и других комплектующих, невыполнение планов производства периферийного оборудования. Строительство 1-ой очереди Кишиневского завода по производству ПЭВМ, окончание которого было намечено на 1989 г., так и не было завершено.

Таблица 3  
Производство ПЭВМ в СССР в 1986-1990 гг. (тыс. шт.)

Годы		Производство ПЭВМ – всего					Производство школьных ПЭВМ		
		Всего	по министерствам				Всего	по министерствам	
			МП	МПСС	МРП	МЭП		МРП	МЭП
1986	план	25,3	0,1	-	0,5	24,5	10,0	-	10,0
	отчет	27,6	0,06	-	0,5	27,0	11,0	-	11,0
1987	план	59,5	1,7	2,8	15,0	40,0	25,0	10,0	15,0
	отчет	51,2	1,2	0,9	3,4	45,7	21,1	1,35	20,8
1988	план	141,2	11,2	4,5	50,5	75,0	71,0	36,0	35,0
	отчет	112,1	7,4	4,5	24,8	75,4	48,8	12,6	36,2
1989	план	359,0	27,0	7,5	184,0	140,5	154,0	84,0	70,0
	отчет		8,9	7,5	60,8	58,0	110,0	36,8	73,1
1990	план	515,0	35,0	10,0	250,0	220,0	240,0	120,0	120,0
Итого	план	1100,0	75,0	24,8	500,0	500,0	500,0	250,0	250,0

Определённый исторический интерес представляет список организаций – исполнителей Единого годового плана исследований, разработок и опытных работ МНТК «ПЭВМ» на 1988 год: ИПИАИ, НИИЭВМ, НИИСчетмаш, ЛНПО «Электронмаш», Минэлектронпром, ПО им. С.П. Королева, НПО «Кибернетика» АН УзССР, ИНЭУМ, ИПМ, ВЦ АН СССР, МАИ, МГУ, ИОФАН, НИИ «НЦ», НИИ ВТ, НПО «Автограф», НИИП, ВНИИНС, ВНИИПВТИ, НИЦЭВТ, МИФИ, ИПМЭ АН УССР, ИК АН УССР, ИХФ АН УССР, ФИАН, ИПТМ АН СССР, Орловский филиал ИПИАИ, ЦАП БИС АН СССР, НИИАА, НИИА, ВМЦ ГКВТИ СССР, НИИАС, ПО «Интеграл», ЛОЭП «Светлана», НПО «Электроника», КГУ им. Шевченко, ИПС, КПИ, Бердянский филиал ИПИАИ, Московское ПО «Утес», Пензенский завод ВУМ, Кишиневское ПО «Счетмаш», Муромский радиозавод, ГГУ им. Н.И. Лобачевского, Казанский филиал ИПИАИ, Минское ПО «Центросистем», ВНИИНС, МНПО «Оргтехника», ЦНИИ «Циклон», ПО «Позистор» г. Абовян, ВПЗ г. Выборг, завод САМ, АНИТИВУ, БЭМЗ, ЛНПО «Сигма», НПО «НП», Шосткинский комбинат, Госфотопроект, НИИполимеров, Одесское ПО «Электронмаш», ЦЛПО «Электрон», НПО «Электронмаш», ЦКБИТ, ВЦИППМ АН УССР, НИИ «Восход», НИПКИ АСУ ГХ г. Киев, ВЦ ТарГУ, ОКБ «Процессор», НИИТОП, ПО «Орловский з-д УВМ им. К.Н. Руднева», ОКБ «Меркурий», ПО «Терминал», НИИРК.

#### V. ЗАВЕРШЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МНТК «ПЕРСОНАЛЬНЫЕ ЭВМ»

На состояние дел с ПЭВМ в СССР серьезное влияние оказала смена экономической политики в годы перестройки, создание кооперативов и совместных предприятий. Частными лицами и кооперативами в СССР за 1986-1989 гг. было продано примерно 250-300 тыс. персональных ЭВМ, преимущественно типа РС ХТ. За два года (1988-1989) существования совместных предприятий (в СССР было создано примерно 300 СП, выпускающих СВТ, периферийные устройства и программные средства; из них примерно 80 предприятий выпускали ПЭВМ) ими поставлено из-за рубежа или произведено внутри СССР по оценке

примерно 350-400 тыс. шт. ПЭВМ, до середины 1988 г. преимущественно типа РС ХТ, а с середины 1988 г. – также и типа РС АТ. Таким образом, в СССР к началу 1990 г. было продано 600-700 тыс. ПЭВМ.

Государственные предприятия, даже освоившие массовый выпуск ПЭВМ с качеством, равным зарубежным, в условиях централизованно установленной цены не в состоянии были получить норму прибыли, сопоставимую с СП, и, соответственно, были не в состоянии конкурировать с ними.

В докладе МНТК за 1991-1992 годы было отмечено: «Коренные изменения, происшедшие и ещё продолжающиеся в политическом и экономическом устройстве на территории бывшего СССР и самым серьезным образом влияющие на развитие народного хозяйства, естественно сказались и, к глубокому сожалению, как и везде – отрицательно, на развитии научного направления, порученного МНТК «Персональные ЭВМ». Постоянно растущие цены, фактическое уменьшение финансирования, разрыв научных творческих и производственных связей, резкое снижение жизненного уровня коллективов институтов и проектно-конструкторских организаций привели к застою в создании новых технических и программных средств. В 1991 и 1992 годах в России и других странах СНГ (бывших советских республиках) не были разработаны новые модели персональных ЭВМ или периферийных устройств к ним.

До 1991 года разработка и организация производства персональных ЭВМ в стране происходили в соответствии с Концепцией и Программой МНТК «Персональные ЭВМ». Но уже в 1991 году в силу сложившейся политико-экономической ситуации стало ясно, что многие пункты программы не могут быть выполнены. После событий осени 1991 года ситуация ещё более обострилась. Нарушение экономических, производственных и научно-технических связей и кооперации между участниками Программы МНТК привело, например, к не завершению разработки аналога микропроцессора Intel386, который к этому времени стал основным в массовых ПЭВМ зарубежного производства. Было приостановлено проведение многих других НИОКР, также имевших основополагающее значение. В табл. 4 приведены сводные данные о типах ПЭВМ, выпускавшихся в СССР во второй половине 1980-х годов.

Таблица 4  
Выпускавшиеся в стране модели ПЭВМ и их прототипы

Модель	Год начала производства	Кол-во в парке к 1993 г. в шт.	Аналог модель	Год начала производства
Искра 226, 250	1981	7667	Wang 2200	1973
Агат	1984	5041	Apple 2	1977
ДВК-1, 1М, 2	1982	31442	DEC PDP11	1976
ЕС-1840	1987	более 1 млн. шт.	IBM PC/XT	1982
ЕС-1841	1988		CommodorePC20	1982
ЕС-1842	1989		IBM PS/2-30	1987
ЕС-1849	1990		IBM PC/AT	1984
Искра-1030.11	1987		Tendy 11	1982
Искра-1030М	1989		OlivettyM24M	1984
Нейрон-И9.66.1	1987		IBM PC	1982
Нейрон-И9.66.2	1988		IBM PC/XT	1982
Электроника85	1986		DEC PC 350	1984
ДВК-3	1986		DEC PDP11	1976
ДВК-4	1989		DEC PDP11	1976
ДВК-4М	1990		DEC PDP11	1976
ЕС-1863	1990		IBM PC/AT386	1986
Корвет	1987			
МС-02.02	1987			
Импорт и сборка ПЭВМ совместными предприятиями		более 2 млн. шт.		

## VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Последний ежегодный доклад МНТК «ПЭВМ» был сделан по итогам 1992-1993 годов и он уже стал иначе называться: «Развитие современных информационных технологий на основе унифицированных средств информатики массового применения в Российской Федерации и за рубежом в 1992-1993 годах». В нём было отмечено, что распад СССР привел к тому, что основные предприятия-производители средств вычислительной техники и информатики, и ПЭВМ в том числе, оказались вне России: на Украине, в Белоруссии, Армении, Азербайджане, Узбекистане, Кыргызстане, Литве. Да и внутри России были

нарушены традиционные научные и производственные связи. Были нарушены также научные связи и производственная кооперация со странами Восточной Европы. В России к этому времени практически остались, главным образом, разработчики ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ, и только незначительная часть предприятий-производителей.

МНТК «ПЭВМ» не смог кардинально повлиять на разработку и производство ПЭВМ, прежде всего потому, что существовавшие права и организационные формы работы МНТК не отвечали поставленным перед ними задачам. Плановой экономике не хватило реальных возможностей управления, методов преодоления ведомственной разобщенности. Подход к копированию зарубежных образцов оказался в конце концов неэффективным, и дальнейшая реальность существенно разошлась с планами.

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ. БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 22-21-00692.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаров В.Н. Вычислительная техника и ее использование в СССР в середине 1980-х: состояние, предпринимавшиеся меры, прогнозы развития // Труды SORUCOM-2014. Третья Международная конференция «Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР: история и перспективы» (Казань, Россия, 13-17 октября 2014 г.). С. 95-102.
2. Zakharov V. Computers and Their Application in the USSR in the Middle of the 1980s: Situation, Actions Taken, Predictions of Development // SoRuCom-2014 Proceedings. IEEE Computer Society, 2014. Pp. 53-60.
3. Постановление ЦК КПСС и СМ СССР от 29.07.1983 № 729-231 «О дальнейшем развитии работ в области вычислительной техники».
4. Постановление СМ СССР от 29.07.1983 № 730-232 «О мерах по обеспечению работ в области вычислительной техники и ее применения в народном хозяйстве».
5. Постановление ЦК КПСС и СМ СССР от 12.12.1985 № 1230 «О создании межотраслевых научно-технических комплексов и мерах по обеспечению их деятельности».
6. Постановление ЦК КПСС и СМ СССР от 23.01.1986 № 158-57 «О создании и развитии производства в СССР персональных ЭВМ».

## О ЮБИЛЕЙНЫХ ДАТАХ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ИНФОРМАТИКИ 2023 ГОДА

**Виктор Николаевич Захаров**

*ФИЦ «Информатика и управление» РАН, Москва, Российская Федерация, vzakharov@ipiran.ru*

**Аннотация** – В статье освещаются некоторые события из истории отечественной информатики и юбилейные даты, которые отмечаются в 2023 году. Это 75-летие получения первого в стране патента на изобретение автоматической цифровой вычислительной машины, 40-летие образования Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации АН СССР, 40-летие создания Института проблем информатики АН СССР, 100-летие выдающихся ученых, сыгравших важную роль в отечественной информатике – М.А. Карцева и В.М. Глушкова, 60-летие создания СУНЦ МГУ (школы им. А.Н. Колмогорова), 120-летие академика А.Н. Колмогорова. Приводятся некоторые сведения и подробности, связанные с описываемыми событиями.

**Ключевые слова** – информатика, цифровая вычислительная машина, ЭВМ, АН СССР, ОИВТА РАН, ИПИАИ, ФИЦ ИУ РАН, СУНЦ МГУ.

### I. ВВЕДЕНИЕ

На 2023 год выпадает ряд юбилейных дат, связанных с возникновением и развитием отечественной информатики. Это, прежде всего, 75-летие первого отечественного патента на изобретение автоматической цифровой вычислительной машины. Ниже приводятся сведения о его авторах и первых шагах по реализации изобретения. Другим важным событием было возвращение информатики и вычислительной техники в лоно Академии наук – в этом году исполняется 40 лет со дня создания Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации АН СССР. С этим событием тесно связана и юбилейная дата Института проблем информатики АН СССР, 40-летие которого тоже приходится на этот год. В декабре 2023 года исполняется 60 лет с начала работы Физико-математической школы-интерната № 18 при МГУ, попечительский совет которого возглавил академик Андрей Николаевич Колмогоров, 120-летие которого отмечалось 25 апреля этого года, и выпускники которой внесли и продолжают вносить заметный вклад в отечественную науку. В 2023 году исполняется 100 лет со дня рождения выдающихся учёных, сыгравших важную роль в развитии отечественной вычислительной техники и информатики – Михаила Александровича Карцева и Виктора Михайловича Глушкова. О них будут приведены некоторые краткие сведения. Автор имеет некоторое личное отношение ко всем событиям, о которых планируется кратко рассказать.

### II. ПЕРВОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО НА ИЗОБРЕТЕНИЕ АЦВМ

На заседании Президиума Российской академии наук 31 января 2023 г. было решено обратиться в Правительство России с предложением придать статус памятной даты Российской Федерации Дню российской информатики, отмечаемому 5 декабря. Выбор этой даты связан с тем, что первое в СССР авторское свидетельство на изобретение автоматической цифровой вычислительной машины (АЦВМ) на имя И.С. Брука и Б.И. Рамеева датировано 4 декабря 1948 г. (приоритет, выдано 16 февраля 1950 г.). Следовательно, в этом году исполняется 75 лет данному изобретению.

Приведу некоторые сведения, связанные с этим событием.

Исаак Семенович Брук (1902-1974) в 1925 г. окончил электротехнический факультет МВТУ им. Н.Э. Баумана, работал во Всесоюзном электротехническом институте им. В.И. Ленина. В 1935 г. был направлен в Энергетический институт АН СССР (ЭНИИ), где организовал Лабораторию электросистем и начал исследования в области расчетов мощных энергетических систем, для моделирования которых он создал расчетный стол переменного тока – аналоговую вычислительную машину. За эти работы И.С. Бруку в мае 1936 г. была присвоена ученая степень кандидата технических наук без защиты диссертации, а в октябре того же года он защитил докторскую диссертацию. Позднее под его руководством был построен мощный дифференциальный анализатор, позволявший решать дифференциальные уравнения до шестого порядка. 28 января 1939 г. И.С. Брук был избран членом-корреспондентом АН СССР по специальности «энергетика, электротехника» [1].

В мае 1948 года в Лабораторию электросистем ЭНИИ на должность инженера-конструктора был зачислен Башир Искандарович Рамеев (1918-1994), интересовавшийся средствами создания вычислительной техники. Интересно, что Б.И. Рамеев обучался в Московском энергетическом институте (1936-1938), который не окончил: его исключили, как сына репрессированного.

В августе 1948 г. за подписью чл.-корр. АН СССР И.С. Брука и инженера Б.И. Рамеева было представлено краткое описание «Автоматическая цифровая вычислительная машина» (АЦВМ), в котором были изложены принципы действия АЦВМ. В декабре 1948 года они подали в Государственный комитет Совета министров СССР по внедрению передовой техники в народное хозяйство заявку на изобретение «Автоматическая цифровая вычислительная машина». По этой заявке было получено авторское свидетельство, внесенное в Государственный реестр изобретений Союза ССР 16 февраля 1950 г. с приоритетом от **4 декабря 1948 г.** – первое в области цифровой электронной вычислительной техники в СССР.

Немного о дальнейшей судьбе Б.И. Рамеева [2]. В 1949 году его неожиданно (он уже служил и принимал участие в Великой Отечественной войне) призвали в армию как специалиста по радиолокации, но вскоре перевели на работу в СКБ-245, где началась работа по техническому проектированию и созданию ЭВМ «Стрела». Б.И. Рамеев был заместителем главного конструктора. С 1955 г. Б.И. Рамеев работал в Пензе, где руководил разработкой семейства машин «Урал» как главный конструктор. В 1962 г. Б.И. Рамееву присвоили ученую степень доктора технических наук без защиты диссертации. С 1967 г. по 1970 г. работал в Научно-исследовательском центре электронной вычислительной техники (НИЦЭВТ) в качестве заместителя генерального конструктора намечаемой к созданию ЕС ЭВМ, откуда ушел в связи с несогласием с принятой политикой копирования архитектуры системы IBM-360. С 1970 по 1988 г. – заместитель начальника главного управления вычислительной техники и систем управления ГКНТ СМ СССР. До конца жизни он был членом диссертационного совета, созданного при ИПИ АН СССР в 1986 году.

Кратко о первых шагах по практической реализации изобретения Брука и Рамеева [3]. В 1950-1951 гг. под руководством И.С. Брука в Лаборатории электросистем ЭНИН была разработана малогабаритная электронная автоматическая цифровая машина М-1 (с хранимой программой). Постановление Президиума АН СССР о начале разработки М-1 вышло 22 апреля 1950 г. Научно-технический отчет «Автоматическая цифровая вычислительная машина [М-1]» был утвержден директором ЭНИН АН СССР академиком Г.М. Кржижановским 15 декабря 1951 г. На этом документе указан руководитель лаборатории чл.-корр. АН СССР И.С. Брук и исполнители работы младшие научные сотрудники Т.М. Александриды, А.Б. Залкинд, М.А. Карцев, Н.Я. Матюхин, техники Л.М. Журкин, Ю.В. Рогачев, Р.П. Шидловский. М-1 была запущена в опытную эксплуатацию в начале 1952 г. АЦВМ М-1 была одной из двух первых в стране ЭВМ (наряду с машиной МЭСМ, создававшейся в Киеве под руководством С.А. Лебедева). В 1952 г. лабораторией Брука была разработана машина М-2, на которой в течение нескольких лет проводились расчеты в ряде научных и промышленных организаций, в том числе в ОКБ С.П. Королёва для определения необходимого количества теплозащитного материала для конструируемой межконтинентальной ракеты.

В 1955-1956 гг. И.С. Брук сформулировал концепцию малых ЭВМ и их отличия от машин предельной производительности. В 1956 году на базе Лаборатории электросистем ЭНИН АН СССР для разработки электронно-вычислительной техники была образована самостоятельная Лаборатория управляющих машин и систем (ЛУМС) АН СССР под руководством И.С. Брука. Разработка в 1956-1957 гг. машины М-3, проведенная ЛУМС совместно с НИИЭМ (акад. А.Г. Иосифьян), была принята в 1957 году Государственной комиссией, выпускалась малой серией на заводе им. С. Орджоникидзе в Минске.

В 1956 г. И.С. Брук выступил на сессии АН СССР по автоматизации с докладом, в котором изложил главные направления промышленного применения вычислительных и управляющих машин. В 1957 г. поставил научную проблему «Разработка теории, принципов построения и применения специализированных вычислительных и управляющих машин». Для решения этой проблемы 1 октября 1958 года ЛУМС АН СССР была преобразована в Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ) АН СССР, директором которого стал И.С. Брук. Предложения И.С. Брука по применению ЭВМ в экономике встретили резкие возражения чиновников, стоявших у руководства Госпланом СССР и Госэкономсоветом СССР, в ведение которых попал ИНЭУМ в начале 60-х годов. В результате непримиримых противоречий с руководством И.С. Брука в 1964 г. вынудили уйти с поста директора ИНЭУМ. Выйдя на пенсию, до конца жизни продолжал работать в ИНЭУМ в качестве научного консультанта.

Одним из участников разработки машины М-1 был Михаил Александрович Карцев (10.05.1923 – 23.04.1983), 100-летие которого отмечается в этом году [2]. М.А. Карцев окончил в 1952 году Московский энергетический институт, работал в ЭНИН АН СССР, возглавлял (наряду с Н.Я. Матюхиным) создание ЭВМ М-2. В 1957 г. коллектив под руководством М.А. Карцева начал разработку машины М-4 для управления в реальном времени комплексом РЛС, в 1959 г. изготовлены 2 комплекта на заводе. В 1963 году была разработана ЭВМ М4-2М для систем управления сложными

объектами. В 1967 году перешел из ИНЭУМа в ОКБ «Вымпел», с 1975 по 1983 год был директором НИИ вычислительных комплексов, который в настоящее время носит его имя. Был главным конструктором многопроцессорных векторно-параллельных ЭВМ М-10 и М10-М, составивших основу построения мощных вычислительных комплексов для противоракетной обороны.

### III. 40-ЛЕТИЕ СОЗДАНИЯ ОИВТА

В 1962 году во время реформ Н.С. Хрущева многие академические институты переводились в промышленные министерства. Не избежал этого и ИНЭУМ АН СССР, который был передан в Госэкономсовет СССР, ставший в дальнейшем Министерством приборостроения, средств автоматизации и автоматизированных систем управления (Минприбор СССР).

К началу 1980-х годов в мире начался бум использования средств вычислительной техники буквально во всех областях. Это было вызвано в значительной степени появлением на рынке нового вида массовой техники – персональных ЭВМ. В СССР к этому времени в ряде министерств и ведомств велась работа по разработке и производству средств вычислительной техники, однако уже отставание от мировых лидеров в этом направлении было велико. В конце 1982 года после смерти Л.И. Брежнева и избрания на пост генерального секретаря ЦК КПСС Ю.В. Андропова в стране начались изменения, затронувшие и область вычислительной техники. Обновленным руководством страны был принят целый ряд важных решений. По правилам того времени эти решения оформлялись в виде постановлений ЦК КПСС или Совета Министров СССР или в виде совместных постановлений этих органов [4].

2 и 3 марта 1983 года проходило годовое Общее собрание Академии наук СССР. О необходимости усиления фундаментальных исследований в области компьютерных наук, а также целесообразности создания специального Отделения в своем вступительном слове говорил Президент АН СССР А.П. Александров. С докладом «Об организации работ по информатике, вычислительной технике и автоматизации в Академии наук СССР» выступил вице-президент АН СССР Е.П. Велихов. В результате Постановлением Общего собрания АН СССР № 12 от **3 марта 1983 года** было принято решение об организации Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации (ОИВТА) в составе Секции физико-технических и математических наук при Президиуме АН СССР. Распоряжением Президиума АН СССР от 24 ноября 1983 года был утвержден состав организационного бюро ОИВТА под председательством академика Е.П. Велихова. В него вошли: академики Ж.И. Алферов, О.М. Белоцерковский, В.А. Мельников, члены-корреспонденты АН СССР К.А. Валиев, А.П. Ершов, Ч.В. Копецкий, Б.Н. Наумов, д.т.н. В.М. Пономарев и ученый секретарь к.ф.-м.н. Ю.С. Вишняков.

40 лет назад вышло совместное Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 729-231 от 29.07.1983 г. «О дальнейшем развитии работ в области вычислительной техники» и детализирующее его Постановление Совета Министров СССР № 730-232 «О мерах по обеспечению работ в области вычислительной техники и ее применения в народном хозяйстве», которые сыграли большую роль в развитии информатики в стране. В частности, в этом совместном постановлении было сказано о том, что разрешено создать в системе АН СССР: Научный центр по фундаментальным проблемам вычислительной техники и систем управления (с включением в его состав организуемых в г. Ярославле Института проблем вычислительной техники, Института микроэлектроники, СКБ и опытного производства); Институт проблем кибернетики в г. Москве с филиалом в г. Переславле-Залесском Ярославской области; Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов (с СКБ и опытным производством) в пос. Черноголовка; Институт проблем информатики с опытным производством в г. Москве и с филиалами в гг. Казани и Бердянске Запорожской области.

23 февраля 1984 года Постановлением Президиума АН СССР были определены научные учреждения АН СССР, вошедшие в состав ОИВТА – это были четыре ранее существовавших института: Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша, Вычислительный центр АН, Институт проблем передачи информации и Ленинградский научно-исследовательский вычислительный центр, а также пять новых институтов, созданных выше указанным постановлением ЦК КПСС и СМ СССР. 14 марта 1984 года Общее собрание АН СССР своим постановлением № 10 утвердило персональный состав ОИВТА, в который вошли 10 действительных членов АН СССР (О.М. Белоцерковский, Б.В. Бункин, Е.П. Велихов, А.А. Воронов, А.А. Дородницын, В.А. Мельников, В.С. Пугачев, А.А. Самарский, В.С. Семенихин, А.Н. Тихонов) и 25 членов-корреспондентов (А.С. Алексеев, А.В. Бицадзе, В.С. Бурцев, К.А. Валиев, Н.Н. Говорун, Ю.В. Гуляев, Н.Н. Евтихий, С.В. Емельянов, А.П. Ершов, Е.В. Золотов, Ч.В. Копецкий, Л.Н. Королев, С.С. Лавров, Г.П. Лопато, И.М. Макаров, Н.Н. Моисеев, Б.Н. Наумов, Е.П. Попов, Г.С. Поспелов, А.В. Ржанов, А.И. Савин, В.И. Сифоров, В.В. Тихомиров, Я.З. Цыпкин, Н.Н. Шереметьевский).

В 2002-2007 гг. называлось «Отделением информационных технологий и вычислительных систем», а с декабря 2007 года носит название «Отделение нанотехнологий и информационных технологий».

#### IV. 40-ЛЕТИЕ ИНСТИТУТА ПРОБЛЕМ ИНФОРМАТИКИ

Распоряжение Президиума АН СССР об образовании Института проблем информатики АН СССР (ИПИАН) во исполнение выше указанных постановлений ЦК КПСС и Совета Министров СССР от **29 июля 1983 г.** было датировано **2 августа 1983 г.** [5]. Член-корреспондент АН СССР Борис Николаевич Наумов, возглавлявший ИНЭУМ Минприбора СССР, был назначен директором – организатором ИПИАН. Основная задача ИПИАН – «проведение фундаментальных и прикладных исследований в области технических и программных средств массовой вычислительной техники и систем на их основе», а интеллектуальной базой первых научных подразделений ИПИАН стали коллективы ряда научных отделов ИНЭУМ, переведенные в ИПИАН в начале 1984 г. Институт в первые годы своего существования быстро развивался – в его состав вошли филиалы в Бердянске, Казани, Орле. В 1990 г. был образован совместный отдел с радиотехническим институтом в г. Таганроге. Общая численность сотрудников института в 1988-1989 гг. превышала 1000 человек.

В 1989 г. директором института стал член-корреспондент АН СССР Игорь Александрович Мизин (с 1997 г. – академик РАН). С 1999 г. директор института – Игорь Анатольевич Соколов (в 2003 г. избран членом-корреспондентом РАН, в 2008 г. – академиком РАН).

В 1992 г. институт получил наименование Институт проблем информатики Российской академии наук (ИПИ РАН). В настоящее время преемником ИПИ РАН является Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук (ФИЦ ИУ РАН), подведомственный Минобрнауки России. ФИЦ ИУ РАН был создан в декабре 2014 г. путем реорганизации ИПИ РАН в форме присоединения к нему Института системного анализа Российской академии наук (ИСА РАН) и Вычислительного центра им. А.А. Дородницына Российской академии наук (ВЦ РАН). Центр имеет филиалы в г. Орле и в г. Калининграде. ФИЦ ИУ РАН работает под научно-методическим руководством двух Отделений РАН – Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН и Отделения математических наук РАН.

#### V. 60-ЛЕТИЕ СОЗДАНИЯ СУНЦ МГУ (ШКОЛА ИМ. А.Н. КОЛМОГОРОВА)

Постановлением Совета Министров СССР № 903 от **23 августа 1963 года**, подписанным заместителем председателя Совета Министров СССР Дмитрием Федоровичем Устиновым, была создана физико-математическая школа-интернат № 18 при МГУ (ныне Специализированный учебно-научный центр им. А.Н. Колмогорова). **2 декабря 1963 года** школа приняла первых учеников и начал работу попечительский совет под руководством академика А.Н. Колмогорова. Среди выпускников интерната много ученых и специалистов, внесших значительный вклад в мировую математику и информатику [6]. В числе воспитанников интерната – академики Ю.В. Матиясевич (вып. 1964 г., решивший десятую проблему Гильберта), Г.И. Савин (вып. 1966 г., научный руководитель Межведомственного суперкомпьютерного центра РАН), С.В. Матвеев (вып. 1966 г.), Е.Е. Тыртышников (вып. 1972 г., директор Института вычислительной математики РАН), А.А. Горбачев (вып. 1973 г.), Д.В. Трещев (вып. 1981 г., директор МИАН), чл.-корреспонденты Е.В. Щепин (вып. 1968 г.), Е.Г. Бережко (вып. 1970 г.), А.И. Аптекарев (вып. 1971 г., директор ИПМ им. М.В. Келдыша), В.Ф. Лукичев (вып. 1972 г., директор Физико-технологического института РАН), А.Г. Тоневицкий (вып. 1974 г., биолог), С.В. Юдинцев (вып. 1976 г., минералог), Ю.Г. Прохоров (вып. 1981 г.), С.Ю. Немировский (вып. 1990 г.), И.Д. Шкретов (вып. 1997 г.). Замечу, что по состоянию на 2023 год выпускники этого интерната возглавляют все главные математические институты страны. Среди выпускников много и других известных в стране людей, упомяну лишь Евгения Касперского.

Следует специально отметить, что 25 апреля исполняется 120 лет со дня рождения одного из крупнейших математиков 20-го века академика Андрея Николаевича Колмогорова, который внес весомый вклад в современную теорию вероятности. Им получены фундаментальные результаты в топологии, геометрии, математической логике, классической механике, теории турбулентности, теории сложности алгоритмов, теории информации, теории функций, теории тригонометрических рядов, теории меры, теории приближения функций, теории множеств, теории дифференциальных уравнений, теории динамических систем, функциональном анализе и в ряде других областей математики и её приложений. Ему принадлежат также новаторские работы по философии, истории, методологии и преподаванию математики.

## VI. 100-ЛЕТИЕ В.М. ГЛУШКОВА

Нельзя не сказать ещё об одной памятной дате этого года – **24 августа 2023 г.** исполняется 100 лет со дня рождения академика АН СССР Виктора Михайловича Глушкова (1923-1982) – одного из пионеров информатики и кибернетики, идеолога цифрового государства, известного своими результатами мирового значения в математике, информатике и кибернетике, вычислительной технике и программировании [2]. С 1956 года и до конца жизни В.М. Глушков жил и работал в Киеве, где в 1962 году организовал Институт кибернетики АН УССР, которым руководил до конца жизни. В Институте кибернетики, который носит имя своего основателя, бережно чтят его память, продолжают вести исследования в области фундаментальных и прикладных направлений развития информатики и вычислительной техники.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филинов Е.Н. Исаак Семенович Брук // Информационные технологии и вычислительные системы. 2002. № 2. С. 3-10.
2. Малиновский Б.Н. История вычислительной техники в лицах. Киев: фирма «КИТ», 1995. 384 с.
3. Zakharov V. Two Fates in the History of Computer Technology in the USSR (Lebedev and Brouk) // SoRuCom-2017 Selected Papers. Irina Kravneva and Alexander Tomilin, Eds. Pp. 1-4.
4. Zakharov V. Computers and Their Application in the USSR in the Middle of the 1980s: Situation, Actions Taken, Predictions of Development // SoRuCom-2014 Proceedings. IEEE Computer Society, 2014. Pp. 53-60.
5. Захаров В.Н. Работы Института проблем информатики РАН // История отечественной электронной вычислительной техники. Под редакцией А.С. Якунина. М.: ЗАО «Издательский дом «Столичная энциклопедия», 2014. С. 444-448.
6. СУНЦ МГУ. Хронограф // <https://internat.msu.ru/about/istoriya/chronograph/>

## СЧЁТНЫЙ ПРИБОР ИОФЕ – КАК И ПОЧЕМУ ОН РАБОТАЛ

Дмитрий Михайлович Златопольский

Музей истории вычислительной техники школы № 1530 «Школа Ломоносова»,  
Москва, Российская Федерация, zlatonew@gmail.com

**Аннотация** – В статье впервые приводится популярное математическое обоснование устройства и работы так называемых «брусков Иофе», созданных в России в 1881 г. Гиршем Иофе, разъяснения к использованию этого счётного прибора, а также ранее неизвестная информация о приборе и его изобретателе. Приведенное обоснование позволило автору впервые провести реконструкцию прибора, которая представлена в статье.

**Ключевые слова** – история российской счётной техники, вычислительный прибор, прибор для умножения, Гирш Иофе, полная таблица Слонимского.

### I. ВВЕДЕНИЕ

В истории вычислительной техники фамилия Иофе традиционно связывается с так называемыми «брусками Иофе» – счётным прибором, с помощью которого можно было достаточно быстро получать произведения многозначного числа сразу на все множители 2, 3, ..., 9.

Единственное описание прибора в дореволюционной русской литературе представлено в книге [1]. Её автор, известный популяризатор науки Владимир Георгиевич фон Бооль (1836–1899), пишет, что Иофе изобрёл свой прибор в 1881 году и назвал его «арифмометром». Он также отмечает, что на Всероссийской выставке 1882 года<sup>1</sup> прибор был отмечен почётным дипломом.

На основе работы [1] авторы книг [2-3] описали устройство и работу брусков Иофе современным русским языком, добавив некоторые теоретические детали.

Вот что говорится о брусках Иофе в книге [2]: «Прибор Иофе состоял из ящика с десятью отделениями, пронумерованными цифрами 0, 1, 2, ..., 9. В каждом отделении помещалось семь четырехгранных брусков, обозначенных с четырех сторон одной из цифр: 0, 1, 2 и т. д., а ниже цифрами I, II и т. д. и буквами А, В, С, D соответственно на каждой стороне. Затем вслед за этими обозначениями располагались столбцы цифр из таблицы Слонимского, по одному столбцу на каждой грани (на 70 четырехгранных брусках как раз помещается 280 столбцов, составляющих полную таблицу Слонимского). Еще ниже – римские цифры и те же буквы А, В, С и D. Римские цифры и буквы служили для указания порядка, в котором следовало располагать бруски, чтобы получить произведения данного числа на однозначные множители. Рассмотрим пример умножения числа 325.

$n$	0	3	2	5
	II	I	I	I
	B	B	C	A
$n \cdot 2$	0	6	5	0
$n \cdot 3$	0	9	7	5
$n \cdot 4$	1	3	0	0
$n \cdot 5$	1	6	2	5
$n \cdot 6$	1	9	5	0
$n \cdot 7$	2	2	7	5
$n \cdot 8$	2	6	0	0
$n \cdot 9$	2	9	2	5
	I	II	I	I
	A	B	B	C

Рис. 1. Пример умножения [2]

<sup>1</sup> Награды по Всероссийской промышленно-художественной выставке 1882 года в Москве. М., 1882. С. 525.

Для набора кратных взято четыре бруска с цифрами 0, 3, 2, 5. Сначала берется брусок с цифрой 5 (по числу единиц), с римской цифрой I и буквой A. Внизу бруска находятся знаки  $1^2$  и C, поэтому для цифры десятков из отделения 2 (по числу десятков) взят тот из семи брусков, который имеет те же знаки  $1^3$  и C, но сверху. Внизу мы видим знаки 1 и B. Для сотен берется тот из брусков отделения 3, который сверху имеет те же знаки:  $1^4$  и B. Заметим, что внизу его – знаки  $2^5$  и B, поэтому из отделения 0 (это число тысяч) взят тот из брусков, который вверху имеет эти же знаки  $2^6$  и B. Этот порядок подбора брусков даст произведение числа 325 на 1, 2, ..., 9».

Добавим, что до этого авторы книги [2] описывают другой вычислительный прибор, разработанный Зиновием Яковлевичем Слонимским в 40-х годах XIX века. Указывается, что теоретической основой прибора является теорема, доказанная изобретателем («теорема Слонимского»), которую он изложил в работе [4]. При описании прибора упоминается, что в нём используется таблица из 280 столбцов и даётся некоторое, достаточно сложное, обоснование её использования в приборе. В заключение авторы пишут, что идеи Слонимского имели «связь со многими изобретениями» и приводят в качестве примера бруски Иофе.

В книге [3] приводится такой текст о брусках Иофе: «Принцип работы с ними основан на теореме Слонимского. Прибор Иофе состоял из 70 четырехгранных брусков. Это позволило разместить на 280 гранях 280 столбцов таблицы Слонимского. Каждый брусок и каждый столбец были помечены, для чего использовались арабские и римские цифры и буквы латинского алфавита. Латинские буквы и римские цифры служили для указания порядка, в котором нужно было размещать бруски, чтобы получить произведение множимого на одноразрядный множитель».

Конечно, такое описание прибора вызывало вопросы у любителей истории вычислительной техники в части того, как на нём проводились расчёты и почему результат был верным. Как выглядела «таблица Слонимского»? Какие числа были представлены на брусках? Что означают римские цифры и латинские буквы на них?

Ответы на эти вопросы мог бы дать хотя бы один из сохранившихся экземпляров прибора. К сожалению, информации о таком экземпляре нет. Даже прибор, который В.Г. фон Бооль подарил Политехническому музею (тогда – Музею прикладных знаний, см. ниже письмо от 4 февраля 1898 года директора отдела прикладной физики музея А. Репмана), увы, не сохранился [5].

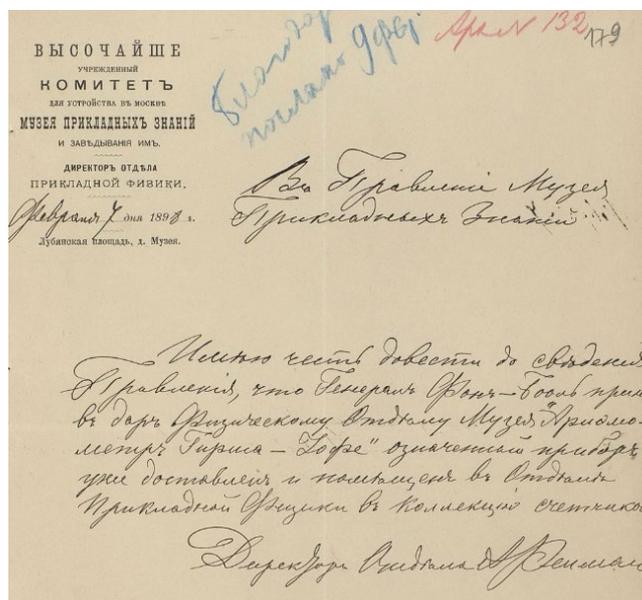


Рис. 2. Письмо о дарении прибора Иофе Музеем прикладных знаний [5]

В данной публикации попытаемся дать ответы на перечисленные вопросы.

<sup>2</sup> Цифра 1 указана ошибочно – должна быть римская цифра I.

<sup>3</sup> См. предыдущую сноску.

<sup>4</sup> То же.

<sup>5</sup> Должно быть II.

<sup>6</sup> То же.

II. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ПРИБОРА

Когда мы умножаем многозначное число на однозначное в столбик, некоторая очередная цифра искомого произведения в общем случае определяется следующим образом:

- 1) очередная цифра множимого умножается на число-множитель;
- 2) к полученному произведению добавляется значение переноса «в уме» из разряда справа;
- 3) если полученная сумма является двузначной, то
  - её последняя цифра записывается как очередная цифра искомого произведения;
  - первая цифра суммы переносится в старший разряд,
  - иначе (полученная сумма – однозначная) сумма записывается как очередная цифра искомого произведения.

Если условно рассматривать однозначную сумму как двузначную (08 и т.п.), то этап 3 можно сформулировать так:

- последняя цифра суммы записывается как очередная цифра искомого произведения;
- первая цифра переносится в старший разряд.

Итак, для определения очередной цифры искомого произведения, например, в разряде сотен, необходимо знать значение переноса из разряда десятков справа. Но это значение, в свою очередь, зависит от ряда других значений, то есть оно неизвестно! Как же быть? Рассмотрим *все возможные* варианты.

Например, когда очередная цифра множимого равна 7, а умножается она на числа 0, 1, ..., 9, то получатся следующие значения произведения (см. табл. 1).

Таблица 1  
Результат умножения числа 7

Число	7									
Умножается на	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Произведение	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63

Но возможны также переносы из разряда справа. Тут и начинается самое интересное. Оказывается, при умножении однозначных чисел существуют только 28 неповторяющихся вариантов набора значений переноса в старший разряд. Они перечислены в табл. 2.

Таблица 2

Все возможные сочетания вариантов переноса в старший разряд при умножении однозначных чисел

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
5	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
6	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
7	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
8	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2
9	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2
10	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3
11	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3
12	0	0	0	1	1	2	2	2	3	3
13	0	0	0	1	1	2	2	3	3	3
14	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4

15	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4
16	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5
17	0	0	1	1	2	2	3	4	4	5
18	0	0	1	1	2	3	3	4	4	5
19	0	0	1	1	2	3	3	4	5	5
20	0	0	1	2	2	3	4	4	5	6
21	0	0	1	2	2	3	4	5	5	6
22	0	0	1	2	3	3	4	5	6	6
23	0	0	1	2	3	3	4	5	6	7
24	0	0	1	2	3	4	4	5	6	7
25	0	0	1	2	3	4	5	5	6	7
26	0	0	1	2	3	4	5	6	6	7
27	0	0	1	2	3	4	5	6	7	7
28	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8

Это значит, что для каждого из произведений для числа 7 в табл. 1 можно рассмотреть и учесть все 28 вариантов значений переносов из разряда справа.

Результат показан в табл. 3.

Таблица 3  
Значения произведений числа 7 на однозначные числа (фрагмент)

Номер варианта переносов	Число 7 умножается на									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63
2	0	7	14	21	28	35	42	49	56	64
3	0	7	14	21	28	35	42	49	57	64
...										
27	0	7	15	23	31	39	47	55	63	70
28	0	7	15	23	31	39	47	55	63	71

Теперь мы можем определить, какая очередная цифра может быть в том или ином случае при умножении числа 7 и какие значения переносов в старший разряд будут в каждом случае. Возможные очередные цифры для каждого из 28 вариантов приведены в табл. 4, а значения переносов – в табл. 5:

Таблица 4  
Значения последней цифры произведений числа 7 на однозначные числа (фрагмент)

	7									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	7	4	1	8	5	2	9	6	3
2	0	7	4	1	8	5	2	9	6	4
3	0	7	4	1	8	5	2	9	7	4
...										
27	0	7	5	3	1	9	7	5	3	0
28	0	7	5	3	1	9	7	5	3	1

Таблица 5  
Значения переноса в старший разряд при умножении числа 7 на однозначные числа (фрагмент)

	7									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	1	2	2	3	4	4	5	6
2	0	0	1	2	2	3	4	4	5	6
3	0	0	1	2	2	3	4	4	5	6
...										
27	0	0	1	2	3	3	4	5	6	7
28	0	0	1	2	3	3	4	5	6	7

И ещё очень важный вывод. По таблице 5 мы можем определить, какой вариант набора значений переносов (см. табл. 2) передается в старший по отношению к цифре 7 разряд в том или ином случае. Номера этих вариантов укажем в дополнительном справа столбце таблицы 4 (см. табл. 6), а таблицу 5 забудем.

Таблицы, аналогичные табл. 6, можно также получить и для случая умножения других цифр.

Если цифры и число из табл. 6 и других аналогичных таблиц представить в столбцах, не учитывая умножение числа на 0 и 1 и повторяя множимое, то применительно к таблице 6 можно получить таблицу из 28 столбцов (см. табл. 6).

Во всех таблицах будут представлены 280 столбцов<sup>7</sup>, в которых записаны результаты умножения однозначных чисел на 2, 3, ... 9 для всех возможных наборов переноса из младшего разряда:

- очередная цифра произведения;
- номер варианта переноса в соседний старший разряд.

<sup>7</sup> 280 столбцов с цифрами и будут являться той самой «полной таблицей Слонимского», которая упоминалась в цитате из [2] в начале статьи (таблицу, аналогичную табл. 2, называют «основной таблицей Слонимского»).

Таблица 6  
 Результаты умножения числа 7 на однозначные числа (фрагмент)

7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	...	25	26	27	28
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	...	5	5	5	5
1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	...	3	3	3	3
8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	0	0	...	1	1	1	1
5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	...	9	9	9	9
2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	...	7	7	7	7
9	9	9	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	...	4	5	5	5
6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	9	9	9	9	0	0	...	2	2	3	3
3	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	7	7	8	...	0	0	0	1
20	20	20	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	22	22	...	23	23	23	23

III. МАТЕРИАЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА УМНОЖЕНИЯ

Если содержимое столбцов записать на 280 узких пластинах (несколько примеров см. на рис. 3), то их можно использовать для нахождения произведений многозначного числа сразу на все множители 2, 3, ... 9.

7	7	4
1	22	8
4	5	8
1	3	2
8	1	7
5	8	1
2	6	5
9	4	9
6	2	4
3	9	8
8	22	12

Рис. 3. Примеры пластин для расчётов

В качестве примера приведём расчёт умножения числа 274. Из комплекта пластин с верхней цифрой 4 (последней цифрой множимого) используем пластину с вариантом переносов номер 1 (так как для всех множителей от 0 до 9 перенос из «младшего», отсутствующего в данном случае, разряда равен 0) – см. рис. 4а.

Видно, что после «использования» цифры 4 в старший разряд передается вариант переносов номер 12. Поэтому из пластин с верхней цифрой 7 (количество десятков в множимом) отбираем соответствующую пластину и прикладываем её к имеющейся (рис. 4б). Для цифры 2 все действия аналогичны (см. рис. 4в). В дополнительной пластине с цифрой 0 номер «выходного» варианта переносов равен 1 (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0). Это значит, что дальнейшие действия можно не проводить.

Общий результат показан на рис. 4г.

4	7	4	2	7	4	0	2	7	4	
1	12	1	21	12	1	8	21	12	1	
8	4	8	5	4	8	2	0	5	4	8
2	2	2	8	2	2	3	0	8	2	2
6	9	6	0	9	6	4	1	0	9	6
0	7	0	3	7	0	5	1	3	7	0
4	4	4	6	4	4	6	1	6	4	4
8	1	8	9	1	8	7	1	9	1	8
2	9	2	1	9	2	8	2	1	9	2
6	6	6	4	6	6	9	2	4	6	6
12	21	12	8	21	12	1	8	21	12	

Рис. 4. Пример умножения с использованием пластин

<sup>8</sup> На рис. 4г слева изображена также вспомогательная пластина со значениями множителя.

Можно 280 столбцов с числами (таблицу Слонимского) разместить на четырёх длинных гранях 70 брусков, что и сделал в своём приборе Иофе<sup>9</sup>. Семь брусков, относящих к той или иной цифре множимого, размещались в одном из десяти пронумерованных отделений ящика (см. начало статьи). Эта цифра записывалась в верху длинных граней этих семи брусков. Вместо чисел 1, 2, ..., 28, ранее на рисунках в статье оттенённых (напомним, что эти числа соответствовали номеру варианта последовательности переносов), изобретатель использовал римские числа I, II, ..., VII и латинские буквы A, B, C, D.

Соответствие между числами и обозначениями Иофе показано на рис. 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	14	15	16	...	21	22	23	...	28
I	II	III	IV	V	VI	VII	I	II	...	VII	I	II	...	VII	I	II	...	VII
A	A	A	A	A	A	A	B	B	...	B	C	C	...	C	D	D	...	D

Рис. 5. Соответствие чисел – номеров вариантов переносов и обозначений Иофе на брусках

Этот «код Иофе» записывался под верхней цифрой в две строки. Под кодом располагались столбцы цифр из таблицы Слонимского, а под ними – также код в виде римских цифр и латинских букв. Как и наших таблицах выше, этот код указывал номер варианта последовательности переносов, который должен быть использован в бруске в разряде слева.

Реконструкция одного из 70 брусков показана на рис. 6, а его развёртка – на рис. 7.



Рис. 6. Реконструкция одного из брусков

7	7	7	7
IV	IV	IV	IV
A	B	C	D
4	4	5	5
1	2	2	3
8	9	0	1
5	6	8	9
2	4	5	7
0	1	3	4
7	9	0	2
4	6	8	0
VII	VII	I	II
C	C	D	D

Рис. 7. Развёртка одного из брусков

Видно, что на каждом бруске Иофе представил столбцы значений, относящиеся к одной и той же римской цифре.

Итак, можно так сформулировать методику проведения расчётов на брусках Иофе. При описании будем использовать понятия «верхний код Иофе» и «нижний (выходной) код Иофе».

Крайним правым бруском при расчётах должен быть брусок с последней цифрой множимого и верхним кодом IA. Выходной код этого бруска определяет верхний код для бруска с предпоследней цифрой множимого и т.д. Соответствующий подбор брусков проводится до тех пор, когда выходной код окажется IA (в ряде случаев при расчётах может понадобиться дополнительный крайний левый брусок с цифрой 0 – см., например, рис. 1 и 4).

К описанию прибора Иофе в [2, 3] добавим, что на верхнем торце каждого бруска указывалась та же римская цифра, что и во второй строке на длинных гранях (см. рис. 6) [1]. Конечно, это облегчало поиск нужного бруска в одном из 10 отделений. Ящик прибора закрывался крышкой, которая одновременно использовалась для размещения в ней набора нужных брусков при проведении расчётов. На рис. 8 показаны элементы крышки в виде выступов (дальнего К, левого К'К' и ближнего К). Между дальним и ближними выступами и размещались бруски, используемые при расчётах. Левый выступ К'К' был подвижный, так что его всегда можно было придвинуть к используемым брускам. На нём были напечатаны

<sup>9</sup> Фон Бооль ошибочно считал, что цифры на брусках Иофе «были получены эмпирическим путём» [1].

знаки, говорящие об умножении множимого числа на множитель 2, 3, ..., 8 и 9. Против этих знаков на брусках и были представлены искомые произведения (см. реконструкцию на рис. 9).

К				
N =	0	3	2	5
K'	П	І	І	І
	В	В	С	А
Nx2=	0	6	5	0
Nx3=	0	9	7	5
Nx4=	1	3	0	0
Nx5=	1	6	2	5
Nx6=	1	9	5	0
Nx7=	2	2	7	5
Nx8=	2	6	0	0
Nx9=	2	9	2	5
K'	І	П	І	І
	А	В	В	С
К				

	0	7	2	4	8
	VII	VII	VII	III	I
	C	A	B	D	A
x2	1	4	4	9	6
x3	2	1	7	4	4
x4	2	8	9	9	2
x5	3	6	2	4	0
x6	4	3	4	8	8
x7	5	0	7	3	6
x8	5	7	9	8	4
x9	6	5	2	3	2
	I	VII	VII	VII	III
	A	C	A	B	D

Рис. 8. Часть крышки прибора [1]

Рис. 9. Пример расчёта в реконструкции прибора

На рис. 10 показана выполненная автором реконструкция брусков Иофе – экспонат музея истории вычислительной техники школы № 1530 «Школа Ломоносова» г. Москвы (<http://www.museum.ru/m2744>).



Рис. 10. Реконструкция прибора Г. Иофе

#### IV. НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ГИРШЕ ИОФЕ

В заключение – некоторая информация об изобретателе описанного прибора. Вот что говорится о Иофе в [6]: «Русский математик и писатель. Родился 17 июня 1853 г. в Монастырщине, близ Мстиславля Могилёвской губернии. Получил обычное талмудическое образование и рано проявил незаурядные математические способности. Отец не позволил ему поступить в государственную школу, и, не имея возможности изучать математику по книгам, Иофе стал решать алгебраические задачи по правилам, которые обнаруживал самостоятельно. В 1873 году отец подарил ему труды Хаима Зелиговича Слонимского, а также другие математические труды на иврите. В 1877 г. Иофе опубликовал в “Ha-Zefirah”<sup>10</sup> (№ 24) свою первую математическую статью, и с тех пор он опубликовал много математических и талмудических статей в этом периодическом издании и в “Ha-Asif”<sup>11</sup>. В 1881 г. Иофе поехал в Москву, где выставил свою счётную машину, за что получил почётное упоминание администрации выставки<sup>12</sup>. В то же время он опубликовал на русском языке свой математический трактат “К графическому выпрямлению дуги окружности” (в журнале “Математический листок”, 1881-82, № 7-9). В начале последнего десятилетия девятнадцатого века Иофе поселился в Варшаве».

<sup>10</sup> Газета на иврите, периодически издававшаяся в Варшаве в период 1862-1931 гг. Сноска наша – Д. З.

<sup>11</sup> Ежегодный журнал на иврите, который издавался в Варшаве Н. Соколовым. Сноска наша – Д. З.

<sup>12</sup> См. сноску 1.

В этом источнике имя и фамилия изобретателя приводится как Zebi Hirsh Jaffe. В [7] о нём говорится: «Иоффе, Гирша<sup>13</sup> Залманович, Могилёвская губ., Климовичский у., мест. Петровичи». Конечно, в данном случае речь идёт о месте проживания в 1896 г. Этот факт говорит о том, что последняя фраза приведенной чуть выше цитаты из [6] требует уточнения.

Добавим, что в 1896 году на Всероссийской промышленной и художественной выставке в Нижнем Новгороде Иофе экспонировал свои разработки – «Автоматические календари: ручка-календарь, брелок-календарь, календарь-автомат» [7, с. 53]. В сентябре 1900 года он получил привилегию<sup>14</sup> (патент) за № 4060 на эти устройства. Они показаны на чертежах из привилегии (рис. 11).

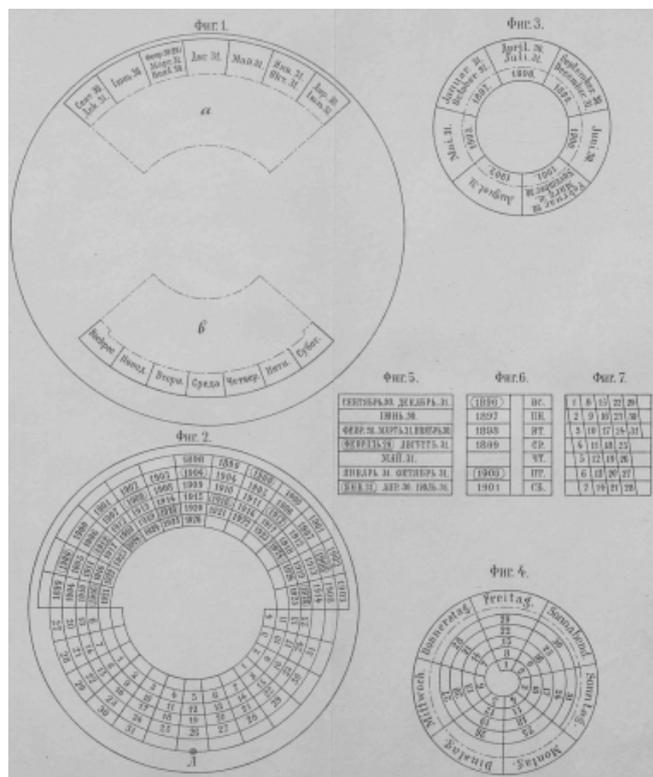


Рис. 11. Чертеж из привилегии, выданной Г. Иофе

#### V. БЛАГОДАРНОСТЬ

Автор благодарен профессору Высшей школы экономики В.В. Шилову за предоставленную информацию и помощь в подготовке данной статьи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апокин И.А., Майстров Л.Е. Развитие вычислительных машин. М.: Наука, 1974. 400 с.
2. Апокин И.А., Майстров Л.Е. История вычислительной техники. М.: Наука, 1990. 264 с.
3. Фон Бооль В.Г. Приборы и машины для механического производства арифметических действий: Описание устройства и оценка счётных приборов и машин. М., 1896. 244 с.
4. Слонимский, Зелиг. Описание нового числительного инструмента, изобретённого Зелигом Слонимским и удостоенного от Академии наук второстепенной Демидовской премии. СПб., 1845.
5. Смолевицкая М.Э. В.Г. Фон Бооль – военный, педагог, популяризатор науки, автор первой монографии по счётным устройствам в России // Материалы Международной конференции Российского национального комитета по истории и философии науки и техники РАН, посвящённой 90-летию Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. М., 2022. С. 403-406.
6. <https://jewishencyclopedia.com/articles/10995-mordecai-jaffe#anchor113>.
7. Подробный указатель по отделам Всероссийской промышленной и художественной выставки 1896 г. в Нижнем Новгороде. Отдел XIX «Народное образование». М., 1896.

<sup>13</sup> Именно так фамилия и имя.

<sup>14</sup> В документе местом жительства заявителя указана Варшава.

## САМУИЛ АВРААМОВИЧ КАЦЕНЕЛЛЕНБОГЕН И ЕГО СЧЕТНЫЕ ПРИБОРЫ

Дмитрий Михайлович Златопольский<sup>1</sup>, Валерий Владимирович Шилов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Музей истории вычислительной техники школы № 1530 «Школа Ломоносова»,  
Москва, Российская Федерация, zlatonew@gmail.com

<sup>2</sup>НИУ «Высшая школа экономики», Москва, Российская Федерация, valery-54@yandex.ru

**Аннотация** – В статье впервые описывается конструкция двух вычислительных приборов, созданных в России в 1875 г. и в 1886 г. Самуилом Авраамовичем Каценелленбогеном, и методы расчетов на них. Представлена также биографическая информация об изобретателе.

**Ключевые слова** – история российской счетной техники, Самуил Каценелленбоген, вычислительный прибор, вычислительные таблицы.

### I. ВВЕДЕНИЕ

К сожалению, история российской счетной техники до сих пор изучена крайне неудовлетворительно. Это можно сказать как о дореволюционном (до 1917 г.), так и довоенном (до 1941 г.) периоде. Многие созданные отечественными изобретателями устройства никогда не привлекали внимания исследователей и до сих пор не описаны, более того, некоторые из них вообще в поле зрения современных исследователей никогда не попадали. Одним из таких забытых изобретателей является Самуил Авраамович Каценелленбоген, который в конце XIX века не только опубликовал описания своих счетных приборов, но и изготавливал и продавал их.

В 1875 году в Минске была опубликована 10-страничная брошюра «учителя С. Каценелленбогена» [1] (рис. 1), в которой описывался его вычислительный прибор. Прибор, как указывалось в названии брошюры, был предназначен для:

- выполнения четырех арифметических действий с целыми и дробным числами;
- возведения в квадрат и куб;
- извлечение квадратных и кубических корней;
- определения длины окружностей и площади кругов заданных диаметров<sup>1</sup>.

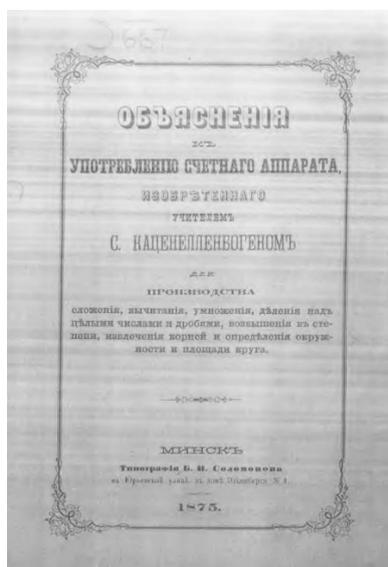


Рис. 1. Титульный лист брошюры Каценелленбогена [1]

В небольшой рекламной публикации, связанной с тем же прибором [2] его автор писал, что прибор стал результатом двенадцатилетней работы, и что он «поступил уже в продажу». Продавался прибор в нескольких вариантах – со счетами оригинальной конструкции за 40 рублей, и с традиционными русскими счетами за 30 рублей (без пересылки). Вскоре, правда, их цена возросла до 50 и 45 рублей соответственно [3]. Каждый прибор имел уникальный серийный номер, и оба варианта сопровождалась описанием на русском, французском или немецком языке. В 1886 году С.А. Каценелленбоген опубликовал краткое описание нового, усовершенствованного, варианта прибора [4]. Он стоил уже 60 рублей.

Мы не знаем, кто изготавливал приборы Каценелленбогена, – скорее всего, кто-то из минских ремесленников, но продавались они самим изобретателем, сначала в Минске, а потом и в Петербурге. Известный петербургский профессор Артур Гассельблат, изобретатель логарифмической линейки оригинальной конструкции, в своей лекции о счетных приборах и инструментах, данной в марте 1889 года, упомянул, что прибор Каценелленбогена изготавливается механическими мастерскими Оскара Рихтера и продается в магазине фирмы<sup>1</sup> (см. рис. 2) по цене 35 рублей [5] (что, заметим, меньше сумм, приводимых в брошюрах изобретателя; возможно, снижение цены было обусловлено уменьшением затрат на изготовление при переходе от кустарного производства к мелкосерийному). Установить количество изготовленных приборов можно было бы, хотя бы приблизительно, по их серийным номерам. Но, к сожалению, до сих пор ни один сохранившийся экземпляр счетных приборов Каценелленбогена не известен. Точно также трудно оценить и объем продаж, но, в любом случае, ввиду значительной цены приборов, он едва ли мог быть сколько-нибудь существенным.



Рис. 2. Магазин фирмы Оскара Рихтера в Санкт-Петербурге

Счетные приборы С.А. Каценелленбогена остались незамеченными современниками. Единственное известное нам упоминание о них в литературе обнаруживается в уже упомянутой лекции Артура Гассельблата, который, в частности, писал о приборе Каценелленбогена, что результаты всех операций, кроме четырех арифметических действий, удобнее определять по печатным таблицам.

В настоящей статье мы впервые даем описание устройства счетных приборов и способов выполнения вычислений на них. Конструкция описанного в [1–3] прибора представлена в разделе «Описание первого варианта прибора», а методика проведения расчетов на нем – в разделах «Вычисления на счетах» и «Расчеты с использованием цилиндров». Особенности прибора, описанного в [5], разбираются в последнем разделе статьи. Но начнем ее с краткого изложения собранных нами биографических сведений об изобретателе приборов.

## II. БИОГРАФИЯ

Биографические сведения о Самуиле Авраамовиче Каценелленбогене, родившемся в Вильно (сегодня Вильнюс, столица Литовской республики) в 1829 (по другим сведениям, в 1827) году, достаточно скудны. Он был пятым сыном Авраама бен-Симхи Каценелленбогена (1798–1873), известного виленского просветителя – математика, естествоиспытателя, писателя, автора сочинений по грамматике и механике (в их числе книга «Паровая машина», изданная в 1846 г. в Данциге) [6]. В декабре 1837 года Высочайшим повелением императора Николая I был основан курорт Друскеники (сегодня Друскининкай). Согласно тому же источнику, Авраам Каценелленбоген «открыл минеральные воды в Друскениках, за что получил награду в 1837 г. при письменной благодарности от гродненского губернатора Доппельмейера».

Сведений о полученном Самуилом образовании у нас нет. Впервые его имя мы встречаем в 1865 году в «Памятной книжке Минской губернии», ежегодном справочном и статистическом издании, которое выпускал Минский губернский статистический комитет. Из нее мы узнаем, что с 7 октября 1864 г. Самуил

<sup>1</sup> Фирма саксонского подданного Оскара-Бернгарда Рихтера была основана в 1850 г. и просуществовала до 1918 г. Она производила широкий спектр оптических, электрических и механических приборов и инструментов. Продукция фирмы неоднократно отмечалась медалями Всероссийских промышленных выставок.

Аврамович<sup>2</sup> Каценелленбоген, иудейского вероисповедания, исполняет обязанности учителя еврейских предметов в Минском Казенном Еврейском училище 1 разряда. Эти же сведения приводятся в «Памятных книжках» на 1866 и 1867 годы, а в книжках на 1870, 1872, 1873, 1874 и 1875 годы он назван уже «учителем общих предметов». Кроме этого училища, Самуил Авраамович с 15 сентября 1870 года преподавал в арифметику в Частной двухклассной школе для девиц-евреек («Памятные книжки» на 1872, 1873, 1874 и 1875 годы), с 1 мая 1872 года – еще и в Частном училище для девиц евреек («Памятные книжки» на 1873, 1874 и 1875 годы). С 17 октября 1870 года он был принят законоучителем в женскую гимназия Минска («Памятные книжки» на 1872 и 1873 годы).

Таким образом, судя по всему, как преподаватель Самуил Авраамович был весьма востребован. Но преподаванием он не ограничивался. В эти годы он издал в Вильне пособие по арифметике [7], а в Минске сборник математических таблиц [8], а также первые описания своих счетных приборов [1-2]. Вероятно, он пользовался немалым авторитетом как в еврейской общине, так и у губернской администрации. Этим можно объяснить то, что в «Памятной книжке» на 1878 год он фигурирует уже как сверхштатный сотрудник канцелярии губернатора, «состоящий при Губернаторе учёный еврей»<sup>3</sup>.

В «Памятной книжке» на 1880 года имя Каценелленбогена отсутствует. Следует полагать, что именно в это время он переехал в Санкт-Петербург, где публикуются все его последующие сочинения. Род его занятий здесь в первые годы нам неизвестен, но он продолжает работу над своим изобретением [3, 4], а также издает несколько сборников готовых таблиц [10-12]. Но, судя по всему, это были последние проявления его интереса к проблемам математики и вычислений. В дальнейшем Каценелленбоген опубликовал только учебники для старших классов гимназии – «Закон еврейской веры» и «Моисеево вероучение».

С 1888 года он, как указано в [13], «состоит преподавателем Закона Божия еврейской веры» во Второй Санкт-Петербургской гимназии. После этого на протяжении четверти века, как свидетельствуют ежегодники «Адресная книга города Санкт-Петербурга» и «Весь Петербург», Каценелленбоген в качестве законоучителя иудейской веры преподает в разных гимназиях города, – мужских Императора Александра I (бывшей Второй), Четвертой, Шестой, Седьмой, Десятой, Наследника Цесаревича и Великого князя Алексея Николаевича, женской Императрицы Марии Александровны (бывшей Мариинской).

Деятельность Каценелленбогена получила официальное признание. Не позднее, чем в 1891 г., Каценелленбоген становится личным почетным гражданином<sup>4</sup> (так он именуется в справочниках, начиная с 1892 г.). В справочнике 1908 г. и последующих он уже указывается как потомственный почетный гражданин.

Как преподаватель Каценелленбоген последний раз упоминается в справочнике 1913 года. В справочниках «Весь Петербург» (1914 г.) и «Весь Петроград» (1915-1917 гг.) он фигурирует как частное лицо.

Скончался Самуил Авраамович Каценелленбоген в Петрограде 30 января 1917 года и был похоронен на Еврейском Преображенском кладбище [14]. Мы публикуем единственную известную нам фотографию Каценелленбогена – сделанный в 1898 г. групповой портрет преподавателей Второй гимназии. Раввин С.А. Каценелленбоген на нем – крайний справа в первом ряду (рис. 3).

### III. ОПИСАНИЕ ПЕРВОГО ВАРИАНТА ПРИБОРА

Прибор представлял из себя, как указано в [2], «небольшой ящик» из орехового дерева с крышкой и медными ручками и состоял из:

<sup>2</sup> Так («Аврамович») в источнике. В некоторых печатных источниках его отчество пишется также как «Абрамович».

<sup>3</sup> Должности учёных евреев при различных органах управления, в том числе при генерал-губернаторах в черте оседлости, существовали с 1844 по 1917 год. В 1850 г. императорская «Секретная инструкция генерал-губернаторам о евреях» обязала каждого из них иметь при себе учёного еврея, который предохранял бы главу губернии от ошибок и давал советы [9]. Занимавшие эту должность (иногда их также именовали «евреями для исполнения особых поручений») должны были иметь среднее или высшее образование.

<sup>4</sup> Институт почётного гражданства был установлен в Российской империи манифестом императора Николая I от 10 апреля 1832 года. Начиная с 1850 г., ходатайствовать о почётном гражданстве имели право «ученые евреи при губернаторе». Вероятно, Каценелленбоген стал личным почётным гражданином именно по этому основанию.

- 1) счетов оригинальной конструкции, предназначенных для сложения и вычитания, а также для умножения и деления на не более чем двузначные числа<sup>5</sup>;
- 2) комплекса цилиндров и вспомогательных деталей для других расчетов.



Педагогический персонал 2-й СПб. гимназии в 1898 году.

1-й ряд. Дьяконовъ, Клеменчикъ (инсп. Кроншт. гимназии), Рубинскій (инсп. 1-й СПб. гимн.), ксендзъ Гавронскій, Карповъ (дир. гимназии Имп. Челов. Общ.), Щепинскій, дир. Смירновъ, священникъ Смירновъ, диак. Райковъ, пасторъ Гюргенсенъ, паст. Снелиманъ, равв. Каценелленбогенъ.

Рис. 3. Педагогический персонал 2-й Санкт-Петербургской гимназии в 1898 г. [13]

Счеты состояли из 16 узких элементов (в дальнейшем будем использовать термин – «разряды»), на верхней поверхности которых выполнена прорезь, в которой перемещалась «пуговица», снабженная выступом, облегчающим её смещение (нашу реконструкцию разряда см. на рис. 4). В 15 разрядах верхняя поверхность была разделена на 10 равных частей, границы которых обозначены в виде «снежинок» (\*), нарисованных слева. Положение «снежинок» соответствовало числам 0 (дальняя от пользователя прибора), 1, 2, ..., 9 и 0<sup>6</sup>. Крайний справа разряд был разделен на 8 равных частей.

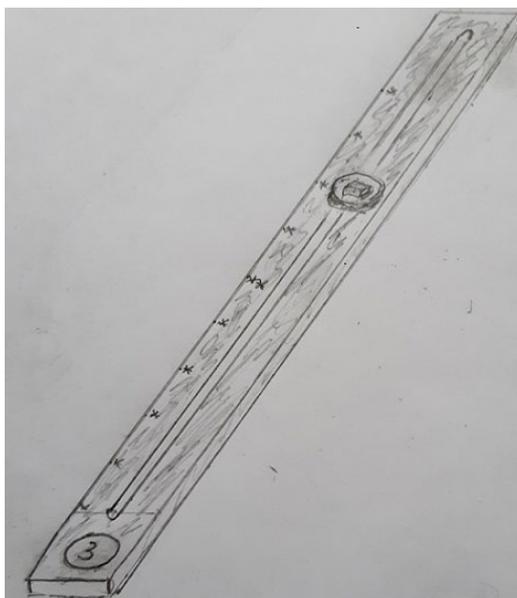


Рис. 4. Реконструкция отдельного разряда счетов

<sup>5</sup> Предлагался также вариант прибора, снабженный традиционными русскими счетами. В [2] говорится о традиционных русских счетах с косточками разных цветов в различных разрядах.

<sup>6</sup> В положении, соответствующем цифре 5, были изображены две «снежинки».

В ближней к пользователю части каждого разряда имелось отверстие, закрытое стеклом. При перемещении «пуговицы» в положение, соответствующее той или иной цифре, эта цифра отображалась под стеклом<sup>7</sup>.

Третий и второй разряды справа были предназначены для вычислений с копейками, сантиметрами и подобными единицами<sup>8</sup>. Цифры в их «окошках» были окрашены в красный цвет.

На крайнем правом разряде «снежинки» соответствовали значениям  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{3}{8}$ , ..., 1, 0 (эти значения также отображались в «окошке» при перемещении «пуговицы»).

Под счетами, в особых отделениях, находились 16 цилиндров, из которых девять были обозначены буквами А, В, С, D, E, F, G, H, I и семь – знаками  $\frac{1}{a}$ ,  $a^2$ ,  $a^3$ ,  $\sqrt{a}$ ,  $\sqrt[3]{a}$ ,  $2\pi$ ,  $\pi^2$  [1].

Справа от счетов, под стеклом, находились еще два цилиндра. Один из них, окрашенный в красный цвет, был закреплен постоянно (горизонтально), но имел возможность вращаться вокруг своей оси, а другой был съемным. В отверстие, в котором на оси размещался второй цилиндр, при расчетах вставлялся один из других 16 цилиндров. Вращение обоих цилиндров осуществлялось расположенными справа от них специальными механизмами, управляемыми рукояткой. Стекло над цилиндрами сдвигалось имеющей на нем «пуговицей».

На боковой поверхности красного цилиндра, вдоль его оси, были нанесены числа в 10 столбцов, обозначенных буквами А, В, С, D, E, F, G, H, I, К (рис. 5):

1	101	201	...	801	901
2	102	202	...	802	902
...	...	...	...	...	...
99	199	299	...	899	999
100	200	300	...	900	1000
А	В	С	...	І	К

Рис. 5. Развертка цилиндрической поверхности красного цилиндра

Числа, расположенные в несколько столбцов, предусмотрены также на других 16 цилиндрах (о них – ниже). На цилиндрах, обозначенных буквами, столбцы чисел имели обозначения в виде чисел 1, 2, ..., 9, а на остальных семи цилиндрах – в виде букв А, В, С, D, E, F, G, H, I, К.

При вращении цилиндров в их верхней части появлялся тот или иной столбец с числами.

Между двумя правыми цилиндрами, также под сдвижным стеклом, находился механизм, названный изобретателем «нониусом». Он представлял из себя горизонтально расположенную проволоку, расположенную над цилиндрами. Нониус мог перемещаться параллельно осям цилиндров между двумя вертикальными пластинами. Он обеспечивал, так сказать, логическую связь между значениями, указанными на цилиндрах в их верхней части (по сути, это аналог «бегунка» на логарифмической линейке).

Оси цилиндров были железными. Пластины нониуса и проволока, а также механизмы для вращения цилиндров были выполнены из меди. Как пишет Каценелленбоген в [2], «Цифры на счетах большие, а на цилиндрах – умеренные, покрытые лаком».

Под счетами находился выдвижной ящик для бумаг с замком. К каждому прибору прилагалась брошюра на русском, немецком или французском языках с указаниями по его использованию. Каждый экземпляр прибора имел индивидуальный номер и снабжался печатью и подписью изобретателя.

#### IV. ВЫЧИСЛЕНИЯ НА СЧЕТАХ ПРИБОРА КАЦЕНЕЛЛЕНБОГЕНА

В исходном положении все «пуговицы» находились в самом дальнем от пользователя положении, соответствующем нулю.

<sup>7</sup> Механизм, посредством которого происходило отображение цифр, в работах С.А. Каценелленбогена не описан.

<sup>8</sup> Или с десятичными дробями и смешанными числами с двумя знаками в дробной части. Все указанные особенности счетов говорят о том, что на них можно было проводить расчеты с 15-значными целыми значениями (Каценелленбоген в [1] при описании использует термин *квадриллион*) и с нецелыми значениями с двумя знаками в дробной части.

Сложение выполнялось следующим образом. Перемещением «пуговиц» каждого разряда уставлялось значение первого слагаемого. Затем, начиная с последнего разряда «пуговицы» второго слагаемого смещались на соответствующее количество позиций. Цифры в «окошках» каждого разряда, меньшие или равные 9, являлись окончательными. Если в каком-то разряде результат оказывался равным нулю (т.е. сумма цифр в данном разряде равнялась 10) или если сумма цифр в данном разряде превышала 10, то пользователь поступал так, как и при вычислениях на традиционных русских счетах.

Алгоритм действий при вычитании достаточно очевиден (при вычитании цифр вычитаемого «пуговицы» перемещались от пользователя прибора к его дальней части). Сложение и вычитание дробей, знаменатель которых равен 8, в крайнем правом разряде проводилось аналогично.

Видно, что при расчетах автоматический перенос единицы в соседний разряд при сложении и её автоматическое заимствование при вычитании не происходили.

Умножение на счетах своего прибора Каценелленбоген описывает в [1] следующим образом:

- при умножении на однозначное число на него умножается каждая цифра множимого (путем многократного сложения), а не проводится умножение всего многозначного множимого (также путем многократного сложения), как это было принято при использовании обычных русских счетов;
- при умножении на двузначное число предварительно определяются его множители (имеются в виду однозначные – *Авт.*), после чего происходило умножение на каждый множитель<sup>9</sup>;
- при умножении на множитель, не разлагающийся на однозначные множители, результат определялся не на счётах, а с использованием цилиндров<sup>10</sup>.

Деление (путем многократного вычитания) изобретатель также предлагал проводить поразрядно, начиная с самого старшего разряда. При делении на двузначное число делитель разлагается на множители (Каценелленбоген также упоминает два множителя). Сначала происходило деление делимого на один из множителей, а затем полученное частное делилось на второй. Если делитель не разлагался на множители, то частное определялось не на счётах, а с использованием цилиндров.

Можно отметить следующие преимущества счетов Каценелленбогена по сравнению с традиционными русскими счетами:

- результат представлен в «окошках» в виде ряда цифр;
- в каждом разряде используется один элемент (подвижная «пуговица»), а не десять, выполненных, как правило, двуцветной окраской.

## V. РАСЧЕТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИЛИНДРОВ

### 1. Умножение

Начнем с умножения на однозначное число. Множимое (не более чем трехзначное число) находили на красном цилиндре (при вращении последнего – столбец с этим множимым размещался в верхней части цилиндра). Например, число 476 находилось в столбце Е красного цилиндра. Поэтому в отверстие справа от него вставлялся цилиндр, также обозначенный буквой Е (рис. 6). Этот цилиндр вращался до появления в верхней части столбца с числом, равным множителю (3).

401	1203
402	1206
...	...
476	1428
...	...
499	1497
500	1500
<b>Е</b>	<b>3</b>

Рис. 6. Схема умножения 476 на 3

<sup>9</sup> Каценелленбоген упоминает два множителя. Понятно, что при трёх однозначных множителях результат определяется аналогично.

<sup>10</sup> С использованием цилиндров можно было умножать и на однозначные и двузначные числа, но только в случае, когда множимое – двузначное или трёхзначное.

После этого нониус смещался в положение, соответствующее числу 476 (левый конец проволоки нониуса устанавливался на указанное число). При этом правый конец проволоки указывал искомое произведение.

Сказанное означает, что на цилиндре Е были записаны произведения всех чисел из столбца Е красного цилиндра на 1<sup>11</sup>, 2, ..., 9 (по соответствующим столбцам) – см. рис. 7.

<b>401</b>	<b>802</b>	<b>1203</b>	<b>1604</b>	<b>2005</b>	2406	2807	3208	3609
<b>402</b>	<b>804</b>	<b>1206</b>	<b>1608</b>	<b>2010</b>	2412	2814	3216	3618
...	...	...	...	...	...	...	...	...
<b>476</b>	<b>952</b>	<b>1428</b>	<b>1904</b>	<b>2380</b>	<b>2856</b>	3332	<b>3808</b>	4284
...	...	...	...	...	...	...	...	...
<b>499</b>	<b>998</b>	<b>1497</b>	<b>1996</b>	<b>2495</b>	2994	3493	3992	4491
500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>

Рис. 7. Развертка чисел цилиндра Е

Соответствующие произведения чисел из других столбцов красного цилиндра были записаны на остальных цилиндрах, обозначенных буквами. Иными словами, в приборе Каценелленбогена при умножении использовались готовые таблицы с произведениями чисел от 1 до 1000 на 1, 2, ..., 9<sup>12</sup>.

Каценелленбоген в [1] описывает также методику определения произведения двух более чем трехзначных чисел.

## 2. Деление

При делении делимое откладывалось на счетах. При этом делитель расположен верхней части красном цилиндре. Затем определялось, какой буквой помечен столбец, в котором расположен делитель, и соответствующий цилиндр размещался справа. Нониус перемещался на уровень делителя. Правый цилиндр вращался до тех пор, когда под нониусом оказывалось максимальное число, не превышающее какую-то группу левых цифр делимого. Например, при делении 41056904 на 476:

- число-делитель 476 на красном цилиндре находилось в столбце Е;
- в правое отверстие размещался цилиндр Е;
- левый конец нониуса устанавливался на делитель;
- при вращении правого цилиндра находилось число 3808 (см. рис.7).

Последнее число размещалось в столбце, обозначенном цифрой 8. Эта цифра являлась первой цифрой искомого частного. После этого на счетах из делимого вычиталось найденное число (3808) с учетом весомости первой цифры частного, которая в данном случае равна 10000.

Затем аналогичные действия проводились с найденной разностью, которую рассматривали как делимое. Они повторялись до тех пор, когда полученная разность становилось равной нулю (в этом случае частное было целым числом без остатка), или когда разность оказывалась меньше делителя (имело место деление с остатком).

Для указанного примера все действия иллюстрируются следующей схемой:

$$\begin{array}{r}
 41056904 \\
 - \quad 3808 \\
 \hline
 2976904 \\
 - \quad 2856 \\
 \hline
 120904 \\
 - \quad 952 \\
 \hline
 25704 \\
 - \quad 2380 \\
 \hline
 1904 \\
 - \quad 1904 \\
 \hline
 0
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \text{подходящее число; находится в столбце 8} \\
 \text{подходящее число; находится в столбце 6} \\
 \text{подходящее число; находится в столбце 2} \\
 \text{подходящее число; находится в столбце 5} \\
 \text{подходящее число; находится в столбце 4}
 \end{array}$$

<sup>11</sup> Значения произведений на 1 использовались при делении (см. далее).

<sup>12</sup> Аналогичные таблицы использовались и при других расчетах с помощью цилиндров (см. далее).

Найденные цифры – 8, 6, 2, 5 и 4, то есть частное равно 86254 (остаток равен нулю).

### 3. Остальные действия

Остальные действия с использованием цилиндров, указанные в вводной части статьи, выполнялись по одинаковой методике.

Исходное число (число, возводимое в степень, подкоренное число, знаменатель обыкновенной дроби, диаметр окружности, её длина или площадь круга; во всех случаях – не более чем трехзначное число) на красном цилиндре располагалось в его верхней части. Справа помещался цилиндр с обозначением необходимого действия. Определялась буква столбца, в котором находилось исходное число, и правый цилиндр вращался до момента появления в его верхней части той же буквы. Нониус перемещался на уровень числа на красном цилиндре. При этом правый конец проволоки нониуса указывал на искомое значение.

Приведем пример преобразование обыкновенных дробей в их десятичный эквивалент. Как уже отмечалось в вводной части статьи, имеются в виду дроби от  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{1}{1000}$ .

Знаменатель дроби находился в верхней части красного цилиндра при его вращении, а результат определялся на цилиндре, обозначенном  $\frac{1}{a}$ . Этот цилиндр поворачивался в положение, при котором в его верхней часть оказывался столбец, обозначенный той же буквой, что и знаменатель дроби на красном цилиндре. После установки нониуса в соответствующее положение можно было определить значение искомой десятичной дроби.

## VI. ОПИСАНИЕ ВТОРОГО ВАРИАНТА ПРИБОРА

На верхней поверхности прибора между двумя узкими прямоугольными отверстиям была размещена «розовая таблица» из десяти столбцов с числами от 1 до 1000. Столбцы были обозначены буквами А, В, С, D, E, F, G, H, I, K<sup>5</sup>.

На передней стенке прибора находились два циферблата, каждый – со стрелкой, перемещаемой вручную, и кнопкой. На левом циферблате были представлены буквы А, В, С, D, E, F, G, H, I, а на правом – знаки  $\frac{1}{a}$ ,  $a^2$ ,  $a^3$ ,  $\sqrt{a}$ ,  $\sqrt[3]{a}$ ,  $2\pi$ ,  $\pi^2$ .

После установки стрелки левого циферблата на одной из букв при каждом нажатии левой кнопки в левом отверстии верхней части появлялся один из столбцов таблицы с числами (всего столбцов – девять, обозначенных числами 1, 2, ..., 9).

Аналогично после установки стрелки правого циферблата на одном из знаков при каждом нажатии правой кнопки в правом отверстии появлялся один из десяти столбцов с числами (столбцы были помечены буквами А, В, С, D, E, F, G, H, I, K).

Анализ методик проведения вычислений на приборе, описанных в [4], показывает, что:

– розовая таблица представляла собой развертку цилиндрической части красного цилиндра первого варианта прибора (см. рис. 5).

– левая таблица состояла из девяти «разделов», являющихся аналогами разверток цилиндрической части цилиндров, обозначенных буквами А, В, С, D, E, F, G, H, I, использованных в первом варианте прибора;

– правая таблица включала семь «разделов» – аналогов разверток цилиндрической части цилиндров, в первом варианте прибора обозначенных знаками  $\frac{1}{a}$ ,  $a^2$ ,  $a^3$ ,  $\sqrt{a}$ ,  $\sqrt[3]{a}$ ,  $2\pi$ ,  $\pi^2$ .

Соответственно, и методики всех расчетов по сути были аналогичны вычислениям с использованием цилиндров в первом варианте прибора.

Например, умножение проводилось следующим образом:

- в розовой таблице находили множимое и определялась буква столбца, в котором оно представлено;
  - в положение, соответствующее этой букве, устанавливалась стрелка левого циферблата;
  - кнопка левого циферблата нажималась до момента появления в левом отверстии столбца, обозначенного числом-множителем;
  - искомое произведение находили в появившемся столбце на уровне множимого в розовой таблице.
- Для удобства считывания результата изобретатель рекомендовал использовать линейку.

С использованием левого циферблата осуществлялось также деление, методика которого аналогична делению на первом варианте прибора (вычитание проводилось на отдельных счетах).

Остальные расчеты делались с использованием правого циферблата. Например, для возведения в квадрат:

- возводимое в квадрат число отыскивали в «розовой» таблице и определялась буква столбца, в котором оно представлено;
- стрелка правого циферблата устанавливалась в положение, соответствующее знаку  $a^2$ ;
- кнопка правого циферблата нажималась до момента появления в правом отверстии столбца, обозначенного той же буквой, что и столбец в розовой таблице;
- искомое значение квадрата находили в появившемся столбце на уровне возводимого числа в розовой таблице (также с использованием линейки).

Конструкция, обеспечивающая появление тех или иных столбцов чисел в том или ином положении стрелок циферблата, в [4] не описана, но можно предположить, что справа и слева использовались по одной большой таблице с числами. Они состояли, соответственно, из 90 столбцов (девять «разделов» по десять столбцов в каждом) и из 70 столбцов (семь «разделов» по десять столбцов в каждом). При перемещении стрелок циферблата таблицы смещались на первый столбец того или иного «раздела», а при каждом нажатии кнопок – на следующий столбец «раздела».

## VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В [2] Каценелленбоген, отдавая должное русским счетам как простому, удобному и надежному счетному инструменту, констатировал, что они получили распространение только в России, и что за границей ими не пользуются. Он формулирует причины этого, указывая на присущие счетам недостатки, особо отмечая их малую приспособленность для выполнения операций умножения и деления, и предлагает свой вариант решения проблемы. В целом описанные счетные приборы С.А. Каценелленбогена находились в русле попыток различных российских изобретателей усовершенствовать русские счеты, снабдив их дополнительным устройством для умножения и деления (здесь можно вспомнить счеты Ф.В. Езерского [15] и Н.И. Компанейского [там же]). Однако нельзя сказать, что эта попытка полностью удалась. Его приборы были и сложны, и слишком дороги и едва ли могли заменить массовому пользователю привычный ему инструмент – счеты. Тем не менее, изобретения С.А. Каценелленбогена представляют несомненный интерес не только как еще одно свидетельство работы российской изобретательской мысли, но и как одна из первых попыток (пусть и не слишком удачная) вывести на рынок отечественный универсальный счетный прибор.

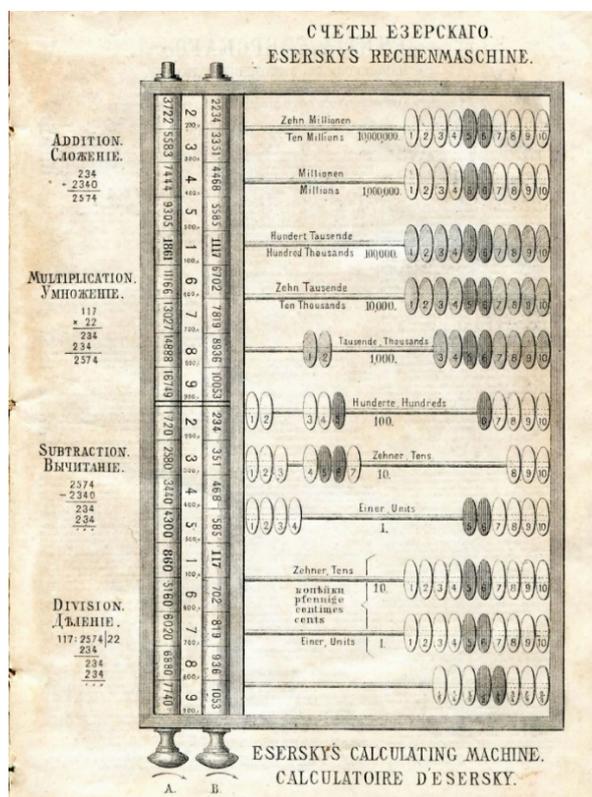


Рис. 8. Счёты Ф.В. Езерского

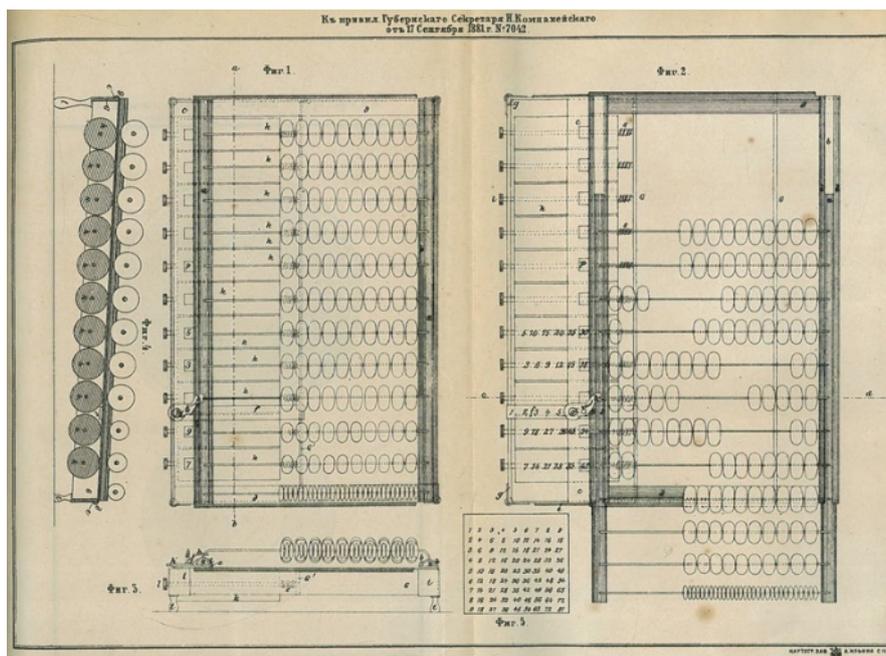


Рис. 9. Счёты Н.И. Компанейского

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каценелленбоген С.А. Объяснения к употреблению счетного аппарата, изобретенного учителем С. Каценелленбогеном для производства сложения, вычитания, умножения, деления над целыми числами и дробями, возвышения в степени, извлечения корней и определения окружности и площади круга. Минск, 1875.
2. Каценелленбоген С.А. О новоизобретенном счетном аппарате. Минск, 1876.
3. Каценелленбоген С.А. О новоизобретенном счетном аппарате. СПб., 1880.
4. Каценелленбоген С.А. Новоизобретенный счетный аппарат С.А. Каценелленбогена. СПб., 1886.
5. Hasselblatt A. Über Methoden und mechanische Hilfsmittel zum Erleichtern des Rechnens // Protocolle des St. Petersburger Polytechnischen Vereins. 1889. № 3. S. 86-89.
6. А. Д. Каненелленбоген, Авраам бен-Симха // Еврейская энциклопедия: Сборник знаний об иудаизме и его культуре в прошлом и настоящем. Т. 9. СПб., [1911].
7. Каценелленбоген С.А. Полный курс арифметики. С прил. 1300 практич. задач [для упражненья]. В 2-х ч. Вильна, 1873.
8. Каценелленбоген С.А. Готовые умножение, деление, вычисление процентов и учетов векселей, обращение простых дробей в десятичные, возвышение чисел во 2-ю и 3-ю степени, извлечение квадратных и кубических корней, определение окружности, площади или диаметра круга. Сост. и издал [учитель] С.А. Каценелленбоген. Минск, 1876.
9. Манойленко А.С., Манойленко Ю.Е. «Секретная инструкция генерал-губернаторам о евреях» 1850 г. (новый источник по истории института «ученых евреев» при генерал-губернаторах) // Евреи Европы и Ближнего Востока: культура и история, языки и литература. Материалы международной научной конференции. СПб., 2018. С. 10-16.
10. Каценелленбоген С.А. Таблицы, показывающие плату, взимаемую за хранение товара в пакгаузах станций железных дорог. Сост. С.А. Каценелленбоген. СПб., 1882.
11. Каценелленбоген С.А. Таблицы для легчайшего перечисления иностранных монет на русские и стоимости английской тонны в стоимость пуда по данным биржевым курсам от 20 до 34 пенсов за рубль. При сем прил. общесравнительные табл. фунтов, центнеров, листов и мер емкости. СПб., 1882.
12. Каценелленбоген С.А. Расчетная книга, или Таблицы, показывающие: а) плату за вещи, приобретаемые весом, мерою или поштучно, б) заработок поденных рабочих с прибавкою за лишний труд и в) расчет служащим при их увольнении. СПб., 1884.
13. Тихомиров П.К. Историческая записка 75-летия С.-Петербургской второй гимназии. Ч. 3: (1881–1905). СПб., 1905.
14. Еврейские корни // <https://forum.j-roots.info/viewtopic.php?t=139&start=100#p2372>
15. фон Бооль В.Г. Приборы и машины для механического производства арифметических действий. М., 1896. 244 с.

## СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СО РАН

**Валерий Павлович Ильин**

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,  
Новосибирск, Российская Федерация, ilin@sscc.ru*

*История учит человека тому,  
что человек ничему не учится из истории.*

Парадокс Гегеля

**Аннотация** – Излагается история зарождения и развития проблематики искусственного интеллекта в ВЦ СО АН СССР под руководством А.П. Ершова, Г.И. Марчука, С.К. Годунова и Н.Н. Яненко, включая взаимодействие человека и ЭВМ, автоматизацию построения алгоритмов и аналитических преобразований. Приводится также обзор дальнейших исследований, проводившихся в ИМ, ИСИ, ИВМиМГ и в других институтах СО РАН, включая анализ результатов последних лет по интеллектуализации математического и программного обеспечения нового поколения для суперкомпьютерного предсказательного моделирования.

**Ключевые слова** – искусственный интеллект, автоматизация построения алгоритмов, взаимодействие человека с компьютером, математическая база знаний.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Искусственный интеллект (ИИ), совместно с проблемами больших данных и высокопроизводительными вычислениями, составляет неделимую тройственную структуру, на которой зиждется суперкомпьютерный прогресс, лежащий в основе протекающей ныне 4-й индустриальной революции. Естественно, что актуальность интеллектуализации математического и программного обеспечения (МПО) значительно увеличивается с появлением постпетафлопсных и эксафлопсных многопроцессорных вычислительных систем (МВС). Однако справедливости ради следует отметить, что перспективность распознавательных возможностей компьютера была предсказана еще в 19-м столетии создателем аналитической машины Ч. Бэббиджем и Ады Лавлейс, которая признана первым в мире программистом [1].

Направления фундаментальных исследований по искусственному интеллекту очень обширны, и не менее востребованы его актуальнейшие приложения: автоматизация построения алгоритмов, распознавание образов, базы знаний, экспертные системы, нейросети, машинное обучение, системы принятия решений, робототехника (в том числе беспилотники) и т.д. Наше основное внимание будет сосредоточено на методологических принципах интеллектуализации разработок вычислительных алгоритмов и технологий, реализуемых в составе интегрируемых вычислительных окружений (ИВО) для высокопроизводительного решения междисциплинарных прямых и обратных задач предсказательного моделирования, уже являющегося главным орудием получения новых фундаментальных и прикладных знаний.

Основы этих подходов зарождались еще полвека назад, и одним из центров кристаллизации новых идей явился Новосибирский Академгородок, ставший после своего основания в 1957 г. столицей Сибирского отделения АН СССР. Следует отметить, что это были годы восстановления страны из послевоенной разрухи, период холодной войны и экономической изоляции от развитых западных государств.

Альма матер сибирской *Computer Science* стал Вычислительный центр СО АН СССР, официально открытый в январе 1964 г. и до этого функционировавший в составе Института математики СО АН. Организатор и директор ВЦ, Гурий Иванович Марчук – будущий преемник М.А. Лаврентьева на посту Председателя СО АН (1975-1980) и последний президент АН СССР (1985-1991), привлек в новый институт выдающихся ученых, создавших свои научные школы мирового уровня, среди них А.П. Ершов, М.М. Лаврентьев, Н.Н. Яненко, А.А. Алексеев, С.К. Годунов, Г.А. Михайлов [2]. На пике своего развития ВЦ СОАН насчитывал около 1300 сотрудников, а его машинный парк по суммарной мощности ЭВМ занимал третье место в Советском Союзе. Созданный как автономная организация Главный Производственный Вычислительный центр был идеальной фабрикой машинного времени, успешно внедрявшей новинки компьютерных технологий, включая отечественные параллельные машины ПС-2000 и ЕС ЭВМ, причем работа еще в 1970-е гг. велась фактически на коммерческих началах. ВЦ СОАН был Меккой для мировых ученых, специалистов по вычислительной математике и моделированию, а

также по теоретическому, системному и прикладному программированию, сотрудники института были активными участниками и организаторами международных конференций. Не случайно в этой «точке кипения» зародились новые идеи и междисциплинарные научные направления, одним из которых явился искусственный интеллект.

ВЦ стал кузницей кадров для многих институтов Академгородка и других научных центров. На его базе функционировало пять университетских кафедр, в том числе самые массовые кафедры программирования в НГУ и НЭТИ. ВЦ СОАН организовал ряд дочерних институтов, куда направлялись научные десанты, а около 30 «выпускников» Вычислительного центра стали директорами институтов. После развала СССР и трагических для российской науки 90-х годов целая армия научно-инженерных специалистов, особенно программистов, ушла за границу и в бизнес.

Однако заложенная в советское время российская академическая среда и образовательные структуры оказались необычайно живучими, и начало 21-го столетия стало периодом активизации вычислительных наук и технологий. Появившиеся в Академгородке многочисленные «софтовые» фирмы приобрели международную известность как «силиконовая тайга», которая успешно существует, в том числе за счет зарубежных заказов. Неслучайно данный регион оказался центром притяжения для ряда транснациональных компьютерных и нефтяных компаний.

Мир *Computer Science* за последние десятилетия кардинально изменился. Появление Интернета, мобильных телефонов, социальных сетей и суперкомпьютеров экзафлопсного уровня ставит перед цивилизованным миром качественно новые вызовы, еще далеко не осознанные научным сообществом. Темпы технологического прогресса ускоряются, в этой ситуации обретают качественно новый смысл философские и гуманитарные вопросы устойчивого мирового развития. По этим историческим процессам существует разнообразная литература [3-15], и здесь одну из ключевых ролей играет искусственный интеллект, анализ этапов становления и развития которого может помочь в осознании его миссии и формировании дорожной карты, которая должна найти решение для новых беспредельных проблем цивилизации.

## II. ПЕРВЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ «ЛЯСТОЧКИ»

Зарождение и формирование «сибирского» искусственного интеллекта происходило в ВЦ СО АН, который отделился от Института математики СО АН СССР в 1964 г. Понятно, что вычислительные науки – это область интеллектуальной деятельности. И наоборот, искусственный интеллект невозможен без преобразования информации, одним из важнейших видов которого являются вычисления. С появлением первых ЭВМ стало очевидно, что они кардинально повлияют на формы и содержание человеческой деятельности. В 1948 г. Н. Винер ввел термин «кибернетика» – наука об управлении и передаче данных, это понятие не могло не включать интеллектуальные аспекты. К сожалению, в СССР политические идеологи заклеили эту область как «реакционную лженауку». Постепенно эти философские «вывихи» исправлялись, чему способствовала опубликованная в 1955 г. в журнале «Вопросы философии» статья С.Л. Соболева, А.И. Китова и А.А. Ляпунова в защиту кибернетики. Сейчас это слово почти исчезло из русскоязычной научной литературы. Позднее ему на смену пришел термин «информатика», но ненадолго.

Алексей Андреевич Ляпунов (1911-1973) по праву считается основоположником отечественной школы программирования. В 1952 г. на кафедре вычислительной математики МГУ, возглавляемой С.Л. Соболевым, он объявил спецкурс «Принципы программирования», во время чтения которого зародились развитые затем А.А. Ляпуновым идеи автоматизации программирования, операторного метода и синтаксических структур, реализованные в первых отечественных трансляторах. После переезда в Академгородок Алексей Андреевич возглавил отдел математической логики и кибернетики и сразу активизировал местную кибернетическую жизнь. Он дома организовал семинар по кибернетике, куда ходили и чистые математики, и лингвисты, и экономисты, и биологи. В НГУ А.А. Ляпунов основал кафедру теоретической кибернетики и был одним из организаторов знаменитой Новосибирской физматшколы. Все последние годы своей жизни Алексей Андреевич увлеченно продвигал проблемы кибернетического эксперимента в исследованиях производственных процессов, биологии, имитационного моделирования, лингвистики и машинного перевода. Без сомнения, его можно назвать предтечей современного, т. е. интеллектуального, математического моделирования.

Огромную роль в жизни Института математики СО АН СССР сыграл Леонид Витальевич Канторович, проработавший в нем с 1960 по 1971 г. Еще в 1953-1954 гг., после появления первых ЭВМ, он разработал методологию крупноблочного программирования с использованием операторных схем, аналитических выкладок и построением программирующих программ. В Академгородке Леонид Витальевич организовал и возглавил кафедру вычислительной математики НГУ и отделение

математической экономики Института математики, в котором активно развивались методы оптимизации и их реализации на вычислительных машинах. Здесь же был разработан проект специализированной «арифметической машины» (АМ) для решения задач линейной алгебры и линейного программирования, которая явилась прообразом будущих векторных конвейерных процессоров.

Говоря об этом «инкубационном» периоде сибирских вычислительных наук, нельзя не восхититься прозорливостью М.А. Лаврентьева и С.Л. Соболева, которые, будучи «чистыми» математиками, смогли предвидеть мировые тенденции *Computer Science* и сделали не только необходимые, но и достаточные выводы для обеспечения развития Сибирского отделения.

Крупнейшим подразделением молодого Вычислительного центра СОАН был отдел программирования, взявшийся под руководством А.П. Ершова за решение грандиозной задачи – разработку языка, транслятора и системы программирования АЛЬФА – русского варианта ALGOL, являвшегося в 1960-е годы каноническим средством описания алгоритмов. Этот проект инициировал поток разнообразных исследований и по теории программирования, и по технологиям трансляции, и по языковым аспектам, и по вопросам искусственного интеллекта. Одна из основных задач ИИ – совершенствование взаимодействия человека с ЭВМ. Этой идее был посвящен доклад Г.И. Марчука и А.П. Ершова, представленный на конгрессе Международной федерации по обработке информации в 1965 г., где авторы сформулировали проблему создания системы программирования для автоматизации построения алгоритма решения задачи в достаточно общей операторной постановке. Своеобразным подтверждением актуальности данной тематики является недавний интеллектуальный эксперимент по игре профессионалов в «живые», или активные, шахматы, когда игрок – это человек с компьютером. Оказалось, что сильнейшая пара не та, в которую входит супергроссмейстер или суперкомпьютер, а та, где наилучшее взаимопонимание человека и ЭВМ.

Любопытно, что первая защищенная в ВЦ кандидатская диссертация (В.Л. Катков, 1965 г.) была посвящена интеллектуализации сложной математической задачи – групповому анализу дифференциальных уравнений, разрабатываемому Л.В. Овсянниковым в Институте гидродинамики СОАН. Созданная тогда программа КИНО (Координаты ИНфинитезимального Оператора) была бы «в теме», востребованной и в наши дни. В рамках системы АЛЬФА И.В. Поттосиным был разработан ДИФПРОЦЕССОР для автоматизированного дифференцирования функций, а М.М. Бежановой – подсистема ТЕНЗОР, осуществляющая выполнение векторно-матричных операций. Была также создана система АНАЛИТИК с реализацией схемы Л.В. Канторовича для программирования математической символики на ЭВМ. На машинах того поколения (1966 г.) реализовали систему разделения времени АИСТ-0, которую сам А.П. Ершов сравнивал с установкой ракетного двигателя на телегу.

В 1973 г. была сформирована группа А.С. Нариньяни, в 1977 г. реорганизованная в Лабораторию искусственного интеллекта, в которой велись исследования по общению с компьютером на языке естественного типа, математической лингвистике и вычислениям на недоопределённых моделях. Первоначальный проект коллектива, однако, был связан с разработкой математического и программного обеспечения для «макета шагающего автомата, управляемого от ЦВМ». Далее крупной разработкой стала РИТА (Рисунок – Информация – Текст – Автор) – система перевода словесного описания в рисунок, основанная на цифровизации конструкций русского языка. Развитием лингвистических исследований явилась большая разработка ЗАПСИБ (ЗАПрос к Справочно-Информационной Базе), призванная реализовать поддержку диалога человека с ЭВМ и основанная на семантическом анализе текстов с широкой областью применения. В лаборатории ИИ был также реализован теоретико-множественный язык СЕТЛ, ориентированный на программирование логически сложных задач. Параллельно с языковыми разработками создавались программные инструменты для построения ряда практических диагностических экспертных систем.

На основе разработанного А.С. Нариньяни аппарата недоопределённых вычислений была предложена система программирования УНИКАЛЬК, в математическом плане реализующая оригинальный способ решения обратных задач идентификации параметров модели [16]. Может показаться неожиданным, но такой подход переключается с попытками формализации интеллектуальной деятельности, активно развиваемой в течении многих лет Г.С. Альтшуллером и его последователями в системе ТРИЗ (Теория Решения Изобретательных Задач) [17].

Лаборатория ИИ плодотворно сотрудничала с коллегами из Франции, Германии и других стран. Ее результаты были опубликованы в специальном выпуске журнала *Communications of the ACM* под названием «*Soviet Computing*». В 1990 г. коллектив лаборатории перешел в только что созданный Институт систем информатики (ИСИ СОАН СССР), где лаборатория искусственного интеллекта успешно функционирует по сей день.

В 1992 г. А.С. Нариньяни переехал в Москву и возглавил там Российский НИИ Искусственного интеллекта с филиалом в Новосибирске. Позднее его ученики организовали программистскую компанию ЛЕДАС, успешно выполняющую заказы по актуальным САПРовским проблемам и в настоящее время. Лаборатория ИИ в ИСИ СО РАН, руководимая Ю.А. Загоруйко, вносит свой существенный вклад в развитие инженерии знаний.

Перейдем к более прикладным областям программирования, связанными с обеспечением вычислительных экспериментов, методологией и технологиями математического моделирования. Фактически в 1960-1980-е гг. зародилось новое направление человеческой деятельности, в котором переплелись и фундаментальные проблемы, и не менее актуальные технические вопросы. Вычислительная математика и информатика, стали реальным орудием познания во всех производственных и социальных сферах.

Одним из центров кристаллизации зарождающейся научной области стал сформированный и возглавляемый Н.Н. Яненко отдел механики сплошных сред ВЦ СО АН СССР. Организационно он существовал с 1964 по 1976 г., после чего практически все его сотрудники перешли в Институт теоретической и прикладной механики СОАН СССР, директором которого стал Н.Н. Яненко. Ядро отдела МСС составляли Ю.А. Березин, Г.В. Демидов, В.М. Ковеня, А.Н. Коновалов, В.М. Фомин, В.П. Шапеев, Ю.И. Шокин – ученые с разными интересами и судьбами, но все они внесли существенный вклад в становление оригинальной вычислительной школы, по праву носящей имя Н.Н. Яненко. Николай Николаевич организовал также кафедру численных методов механики сплошных сред НГУ, профессорско-преподавательский штат которой фактически состоял из сотрудников его отдела.

Проблематика механики сплошных сред всеобъемлюща: гидро- и газодинамика, упругость твердого тела и пластичность, фильтрация многофазных сред и физика плазмы. Все эти задачи имеют экстремальную вычислительную сложность, характеризующуюся высокой размерностью, большим количеством неизвестных функций, сильной нелинейностью процессов и неоднородностью материальных свойств. Ситуация кардинально усугубляется, когда заказчиками являются представители оборонных министерств, что однозначно определяет жесткие требования к точности. Из конкретных жизненных условий возник вопрос почти гамлетовского звучания: как на существующем техническом и программном обеспечении решать большие задачи? А если этот вопрос трансформировать, то получается новая научная проблема: какой должна быть архитектура вычислительной системы, инструментальных и прикладных программных комплексов, чтобы эти задачи решались эффективно?

Эти вопросы стали активно обсуждаться на семинарах отдела МСС, которые благодаря организационной деятельности Николая Николаевича переросли во всесоюзные. Впечатляет даже простое перечисление тематики семинаров и школ, руководителем которых был Н.Н. Яненко: модели механики сплошной среды, аналитические методы в газовой динамике, численное решение задач вязкой несжимаемой жидкости, решение задач теории упругости и пластичности, численное решение задач фильтрации многофазной жидкости, комплексы программ для задач математической физики. За последним впоследствии утвердилось название «семинар по пакетам прикладных программ». Его восемь сессий-совещаний, прошедших за 1971-1983 гг. в Новосибирске, Иркутске, Таллинне, Днепрпетровске, Ташкенте и других городах СССР, вовлекли сотни ведущих специалистов страны, включая академиков А.А. Самарского, О.М. Белоцерковского, Н.Н. Моисеева, и сыграли незаменимую методологическую и организационную роль в становлении и развитии отечественной вычислительной информатики.

Именно на этих заседаниях вырабатывались основные понятия, определения и методологические принципы, ставшие фундаментом новой дисциплины, получившей недавно официальный статус специальности «математическое моделирование». Дело доходило до философских споров, например, на тему, является ли программный или математический модуль объективной реальностью?!

Н.Н. Яненко, совместно с А.Н. Коноваловым, ввел и развил ряд основополагающих концепций и положений. В 1972-1973 гг. он сформулировал свою знаменитую технологическую цепочку современной вычислительной математики: реальное явление → его математическая модель → численный алгоритм → программа, реализующая этот алгоритм → вычисления по этой программе → анализ результатов. Отсюда возникает задача систематизации и оптимизации методов, применяемых на каждом из взаимосвязанных шагов технологической цепочки, установления соотношений между элементами этих структур и глобальной оптимизации всей вычислительной схемы. Здесь проблема заключается в кардинальном повышении производительности труда математика-программиста, являющейся черепашей на фоне экспоненциально роста мощностей вычислительной техники.

На основе модульного анализа задач и алгоритмов были созданы технологические парадигмы и конкретные разработки пакетов прикладных программ, включающих развитые системные и функциональные наполнения. Коллегами Н.Н. Яненко (В.М. Ковеня, А.П. Лымарев, А.Д. Рычков и др.),

уже в составе ИТПМ СОАН СССР, были реализованы программные комплексы АРФА, ИСТОК, ВАМЕР и СПРУТ для исследований в области аэродинамики и гидродинамики, построенные на передовых по тем временам принципах архитектур и организации эксплуатации. Под руководством А.Н. Коновалова коллективом разработчиков (Г.В. Шустов, А.И. Бугров, Л.Б. Чубаров и др.) была создана серия ППП с развитыми системными компонентами: ЗЕРКАЛО для решения задач теории упругости при моделировании деформаций крупногабаритных оптических изделий, НЕФТЬ для расчета фильтрационных процессов при добыче нефти с помощью вытеснения ее водой. При поддержке Николая Николаевича Ю.И. Шокин со своими учениками развил цикл теоретических и экспериментальных исследований по интервальному анализу.

Можно напомнить также ещё одну знаковую работу Н.Н. Яненко (выполненную совместно с В.П. Шапеевым и В.П. Ильиным), связанную с интеллектуализацией построения алгоритмов, а именно – автоматическим выводом разностных схем высокого порядка точности на основе машинных символьных преобразований. Николай Николаевич – один из первых математиков в мире, кто профессионально занялся распараллеливанием алгоритмов, главным стратегическим направлением вычислительной математики в эпоху многопроцессорных суперкомпьютеров. Еще в 1977 г. он опубликовал статью об организации параллельных вычислений и «распараллеливании прогонки». Здесь обнаружилось то счастливое обстоятельство, что изобретенный Н.Н. Яненко 20 лет назад метод дробных шагов идеально реализуется на многопроцессорных вычислительных системах. Однако возникает другое узкое место – временные потери при межпроцессорных коммуникационных обменах и Николай Николаевич активно обсуждает вопросы компьютерных архитектур с ведущими отечественными разработчиками ЭВМ. Большое внимание он уделял алгоритмическому обоснованию перспектив создания высокопроизводительных специализированных процессоров параллельного действия для решения определенных классов задач математической физики. Работы Н.Н. Яненко были широко известны и имели высочайший рейтинг за рубежом. У него были многочисленные творческие контакты с ведущими учеными мира, он активно участвовал в рабочей группе ИФИП.

Значительную роль в «интеллектуализации математики» в ВЦ СОАН сыграл С.К. Годунов. Большая группа авторов – его учеников – А.Г. Антонов, А.Я. Булгаков, О.П. Кирилук, В.И. Костин, А.Н. Малышев, перешедшие позже в Институт математики СО РАН, разработали серию уникальных алгоритмов вычислительной алгебры, вошедших в библиотеку программ ПОЛИНА, реализующую матрично-векторные задачи с гарантированной (!) точностью на основе предварительного анализа спецификаций конкретной ЭВМ и свойств устойчивости или неустойчивости каждого расчетного этапа.

Интересные исследования были проведены С.К. Годуновым с коллегами по построению адаптивных сеток для многомерных краевых задач со сложными конфигурациями кусочно-гладких границ. В основу методологии он положил человеческий фактор: стремление строить «красивые» с точки зрения математика-эксперта сетки. Понятно, что такой субъективный подход достаточно сложно формализовать, однако его экспериментальная апробация демонстрировала хорошие результаты. Годуновские идеи были реализованы В.Л. Катковым в демонстрационной версии сеточного генератора.

В лаборатории автоматизации построения алгоритмов, в которую после 1968 г. вместе с В.П. Ильиным пришли новые люди – Б.И. Голубцов, В.М. Свешников, Е.А. Ицкович, А.Л. Урванцев, С.П. Гололобова, В.Я. Иванов, Н.И. Горбенко, А.Н. Юдин, М.В. Урев, В.А. Катешов и др. – за долгие годы коллективной работы было фактически создано направление вычислительной электрофизики, включающее задачи моделирования высоковольтной аппаратуры, электронно-оптических и полупроводниковых приборов, ускорителей, электронных и ионных пушек, средств сильноточной СВЧ-электроники и т. д. Для расчетов различного типа устройств были разработаны программные пакеты КСИ-БЭСМ, ЭРА, ЭФЕС, ЭФИР, ЭДС и др., осуществляющие автоматизацию всех этапов вычислительного процесса: двумерное и трехмерное геометрическое моделирование, построение сеток и аппроксимаций в сложных расчетных областях, линейные и нелинейные итерационные процессы, а также средства интеллектуального графического интерфейса с управлением численными экспериментами. Пользователями этих пакетов были более 100 организаций из городов и республик СССР, в значительной степени из оборонных министерств.

С точки зрения важной практической задачи с высоким уровнем интеллектуальной сложности можно привести пример реализованного В.А. Катешовым крупномасштабного вычислительного эксперимента по многопараметрической оптимизации электронно-оптического преобразователя (ЭОП), лежащего в основе прибора ночного видения. Проблема заключалась в нахождении физических режимов и геометрической конфигурации электродов с достаточно сложной топологической структурой, которая обеспечивает требуемые оптические характеристики прибора при заданных инженерных ограничениях на его конструктивные особенности. Более конкретно, требовалось провести глобальную минимизацию целевого функционала, имеющего овражный характер и выражаемого через аберрации оптического

изображения до третьего порядка включительно при достаточно жестких линейных и нелинейных ограничительных условиях на оптимизируемые параметры.

Такая проблема могла быть решена только с помощью мета-алгоритма на основе формирования последовательно выполняемых расчетных сеансов при взаимодействии ЭВМ с живыми экспертами, динамически переформировывавшими локальную задачу оптимизации на основе анализа промежуточных результатов. Каждый такой сеанс (как правило, ночной) на машине М-220 длился около пяти-семи часов, а общее их число составило несколько десятков. В итоге задача была решена, на основе расчетных данных создали прибор, эксплуатационные характеристики которого соответствовали проектным. Этот уникальный результат был достигнут как итог многолетних исследований, по результатам которых была опубликована монография, по просьбе иностранных специалистов переведенная на английский язык.

### III. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ВЫЗОВЫ И ПРОБЛЕМЫ XXI ВЕКА

После наступления нового тысячелетия в компьютерном мире продолжал действовать закон Мура, одного из основателей компании Интел: увеличение вычислительных мощностей в 1000 раз за 11 лет. Этот экспоненциальный рост относится и к суперкомпьютерным рекордсменам, и к средним показателям мирового списка лидеров ТОП-500. При этом почти одинаково растет и объем оперативной памяти: одному терафлопсу, например, соответствует приблизительно один терабайт запоминающих устройств. Существуют и другие интерпретации закона Мура. Очень важная деталь: существующие темпы относятся и к увеличению плотности размещения элементной базы, что ведет к миниатюризации персональных компьютеров и мобильных устройств, результатом чего являются массовые информационные технологии с огромными социальными последствиями для цивилизации. Все эти аспекты составляют материальную базу ускорения прогресса в искусственном интеллекте. Конечно, скоро наступит насыщение роста традиционной микроэлектроники, в силу непреложных физических законов. Однако уже на пороге появления квантовых компьютеров, что означает очередной кардинальный скачок возможностей человечества.

В 2008 г., после пришествия первого в мире петафлопсника, Дж. Донгарра вместе с ведущими экспертами сформировал проект *International Exascale Software Project (IESP)* и опубликовал «дорожную карту» для суперкомпьютерного сообщества, в которой была сформулирована сверхзадача: разработка огромных объемов программного обеспечения нового поколения, создание которого возможно только на основе широкой кооперации.

За десятилетия существования ЭВМ накоплены огромные объемы программного обеспечения, представляющего неоценимый интеллектуальный потенциал. Мы остановимся на прикладных разработках, существующих в различных формах и представляющих невообразимый «зоопарк»: дорогие коммерческие продукты и открытые изделия (*Open Source*), огромные программные комплексы, библиотеки, проблемно-ориентированные пакеты и отдельные вычислительные модули. Всё это составляет многомиллиардный рынок, но зачастую функционирует в Интернете как полулегальный «базар».

В последние годы профессиональное сообщество наметило переход к интегрируемым вычислительным окружениям (ИВО), составляющих методо-ориентированные экосистемы для решения междисциплинарных прямых и обратных задач математического моделирования процессов и явлений в самых разнообразных сферах человеческой деятельности. Примерами таких проектов являются *DUNE (Distributed Unified Numerical Environment)*, *Open FOAM* и *INMOST* (разработка ИВМ РАН им. Г.И. Марчука), информация о которых доступна в Интернете. В ИВМиМГ СО РАН много лет ведутся работы по Базовой системе моделирования (БСМ) [18], предназначенной для поддержки всех основных стадий крупномасштабного вычислительного эксперимента, включая формирование математической постановки, дискретизацию многомерных задач, аппроксимацию решаемых дифференциальных и/или интегральных уравнений, реализацию алгебраических систем, обработку и визуализацию расчетных данных, методы оптимизации для обратных задач, анализ полученных результатов и принятие решений.

Концепция БСМ заключается в том, что каждый из перечисленных этапов реализуется автономной подсистемой, взаимодействующей с другими посредством согласованных структур данных: геометрических, функциональных, сеточных, алгебраических и т.д. Функциональное наполнение этих стадий основывается на развитой интеллектуальной оболочке, рассчитанной на автоматизацию построения высокоэффективных алгоритмов с целью кардинального повышения производительности труда математиков-программистов. Необходимо отметить, что в современных МВС выполнение коммуникационных операций не только замедляет вычислительный процесс, но и является весьма энергозатратным, что существенно сказывается на эксплуатационных расходах. Отсюда возникает

математическая проблема построения алгоритмов с минимальным объемом запоминаемых данных, что приводит к предпочтению использования методов повышенной точности. Такие подходы зачастую приводят к громоздким и трудно программируемым формулам, но в этом человеку должны помочь существующие интеллектуальные инструменты.

В составе ИВО, помимо БСМ, предлагается достаточно развитое системное наполнение, в целом такой проект должен удовлетворять следующим техническим требованиям: гибкое расширение состава реализуемых моделей, применяемых алгоритмов и технологий; адаптация к эволюции компьютерных платформ; унифицированные структуры данных и эффективное переиспользование внешних программных продуктов, интеллектуальные внутренние и пользовательские входные/выходные интерфейсы; согласованное участие различных групп разработчиков. Соблюдение перечисленных условий призвано обеспечить длительный жизненный цикл проекта и его востребованность со стороны широкого круга разнопрофильных пользователей.

Одним из главных компонентов ИВО, включающим за его интеллектуальные возможности, должна быть БАЗ – база алгоритмических знаний, которая может поддерживать максимальную эффективность работы всем ее клиентам: разработчикам (математикам и программистам), конечным пользователям с разной профессиональной подготовкой, административному персоналу. Это включает верификацию и тестирование кода, документирование, технологическое сопровождение и консультирование, выполнение заказных расчетов, работы по развитию всей системы и т.д. Образно говоря, в БАЗ должны быть все информационные и инструментальные компоненты, среди них: классифицированная библиография и глоссарий, многоверсионная библиотека (фонд) алгоритмов и программ, пользовательская документация с примерами использования, архив расчетных данных с результатами решения задач, средства для пополнения библиотечных и информационных компонент, экспертная система и/или средства принятия решений, инструменты машинного обучения технологиям моделирования, средства выбора алгоритмов для решения конкретных задач, инструменты отладки, верификации, валидации и тестирования программ, фабрика пользовательских интерфейсов, средства взаимодействия с внешними продуктами, в том числе с САПРовскими разработками (*CAD, CAE*); коммуникационные инструменты для взаимодействия с внешним миром.

Рассмотренные проекты ИВО и БАЗ очевидным образом меняют масштаб разработки, которая не может быть реализована одной группой и требует длительной координации вычислительного сообщества. Для такой кооперации необходима глубокая специализация с участием как производственных команд программистов, так и реализаций академического характера и, кроме того, учебных версий кода со своими специфическими требованиями. Отметим, что прообразом БАЗ в информационном плане является разработанный под руководством Дж. Донгарры и В.В. Воеводина проект AlgoWiki [19], а особенности создания распределенных вычислений рассматриваются в работе [20].

Последние два десятилетия исследования в области искусственного интеллекта в Новосибирском Академгородке, Иркутске, Красноярске и Томске ведутся достаточно широким фронтом. В ИСИ СО РАН сотрудниками основанной А.С. Нариньяни лаборатории активно продолжаются работы по системам принятия решений и экспертным системам [21-22]. В Институте математики СО РАН уже много лет специалистами по математической логике (Ю.Л. Ершов, С.С. Гончаров, Д.И. Свириденко) на основе результатов теоретических исследований разрабатываются актуальные прикладные вопросы семантического моделирования [23]. В Институте вычислительных технологий (ФИЦ) и в НГУ ведутся интересные работы по лингвистическим проблемам (В.П. Баракнин, Д.Е. Пальчунов). В ИВМиМГ СО РАН активно ведутся исследования по ИИ в лабораториях вычислительной физики, суперкомпьютерного моделирования и синтеза параллельных программ [24-27], недавно сформирована Лаборатория искусственного интеллекта во главе с М.А. Марченко, ориентированная на экологические и другие серьезные приложения.

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Приведенный исторический обзор свидетельствует, что «сибирский искусственный интеллект» имеет глубокие корни и хорошие предпосылки для дальнейших исследований как в методическом плане, так и в смысле технологических разработок для актуальных приложений. Следует признать, что в этой области еще требуется профессиональное, в первую очередь математическое, осмысление ряда понятий, ставших обыденными в средствах массовой информации, но не получили строгих определений и конкретных содержаний. Примерами могут служить такие категории, как «цифровизация», «двойники», «трансформация», «нейросеть», «машинное обучение».

Последний термин, в частности, перекликается с «суррогатной оптимизацией», основанной на быстром предсказательном моделировании (возможно, сначала достаточно приблизительном, с

возможностью последующего уточнения) изучаемого объекта или процесса на основе статистической и/или эмпирической обработки большого объема данных, как экспериментально измеряемых, так и расчетных. Такой подход подразумевает этап «обучения» компьютерной модели, когда предварительно насчитывается и запоминается большое количество пробных вариантов, которые затем оперативно анализируются для принятия экспертного решения. Эта методология может означать компромисс между технологиями *big data*, или «*data science*», с классическим математическим моделированием [28, 29]. С другой стороны, этот принцип использования накопленного человеческого опыта для решения интеллектуальных задач перекликается с идеями Г.С. Альтшуллера [17] о создании технологии изобретательной деятельности.

Глобализация возможностей суперкомпьютерного моделирования на основе интеллектуальной обработки огромных объемов данных уже выходит за рамки научно-технологических проблем и начинает привлекать внимание крупного бизнеса, а также государственных и политических деятелей. Большую собственную программу по искусственному интеллекту объявил руководитель СБЕРА Г.О. Греф, а организованная им в ноябре прошлого года Международная конференция AI Journey 2022 явилась беспрецедентной по составу участников – ученых и высокопоставленных персон. В качестве примера важного общественного внимания к ИИ можно также привести статью бывшего Госсекретаря США Г. Киссинджера, опубликованную в журнале *The Atlantic* (2018 г.), в которой он пишет о влиянии ИИ на международную политику и рассматривает сегодняшнюю действительность с философской и исторической точки зрения как завершение основанной на разуме эпохи Просвещения.

Если говорить о Новосибирском Академгородке, где присутствуют различные науки и технологии, то здесь возникает уникальная возможность воплотить на компактной территории глобализацию интеллектуального моделирования, когда унифицированные математическое и программное обеспечение играют роль кровеносной или лимфатической системы с кардинальным ускорением эффективности фундаментальных и прикладных исследований. Эта идеальная картина, естественно, требует кропотливой организационной работы и устойчивого развития внешней социальной среды. Данные сферы деятельности, в принципе, тоже можно промоделировать и оптимизировать, но пока эту тему следует обсуждать только абстрактным образом, поскольку здесь мы вторгаемся в область социальных и гуманитарных проблем, где остаются открытыми даже вопросы существования корректных моделей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин В.П. Вычислительная информатика – открытие науки. Новосибирск: Наука: Сиб. отделение, 1991. 197 с.
2. Ильин В.П. Сибирская информатика: школы Г.И. Марчука, А.П. Ершова, Н.Н. Яненко // История информатики в России. Ученые и их школы. М.: Наука, 2003. С. 340-363.
3. Il'in V. Parallel intelligent computing in algebraic problems // Sokolinsky, L., Zymbler, M. (eds.) *Parallel Computational Technologies*. PCT 2021. Communications in Computer and Information Science. 2021. V. 1437. Springer, Cham.
4. Il'in V. Artificial intelligence problems in mathematical modeling // Voevodin V., Sobolev S. (eds.) *RuSCDays 2019*. CCIS. 2019. V. 1129. P. 505-516. Springer, Cham.
5. Forrester A., Sobester A., Keane A. *Engineering Design via Surrogate Modeling: A Practical Guide*. New York: Wiley, 2008.
6. Delfour M., Zolesio J.-P. *Shape and Geometries: Metrics, Analysis, Differential Calculus, and Optimization*. Philadelphia: SIAM Publ., 2011.
7. Cottrell J., Hughes T., Bazilevs Y. *Isogeometric Analysis: Towards Integration of CAD and FEA*. Singapore: Wiley, 2009.
8. Микони С.В. Формализация познавательного процесса на основе базиса моделей // *Онтология проектирования*. 2018. Т. 8. № 1 (27). С. 25-48.
9. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning // *Nature*. 2015. Vol. 521. Pp. 436-444.
10. Weinan E. Machine learning and computational mathematics // *Commun. Comput. Phys.* 2020. Vol. 28. Pp. 1639-1670.
11. Боргест Н.М. Ключевые термины онтологии проектирования: обзор, анализ, обобщения // *Онтология проектирования*. 2013. № 3 (9). С.9-31.
12. Kleppe A. *Software language engineering: Creating domain-specific language using metamodels*. NY: Addison-Wesley, 2008.
13. Liao X., Lu K., Yang C., et. al. Moving from exascale to zettascale computing: challenges and techniques // *Front. Inform. Technol. Electron. Eng.* 2018. Vol. 19. No 1. Pp. 1236-1244.A.
14. Luccioni A., Bengio Y. On the Morality of Artificial Intelligence // arXiv:1912.11945 [cs.CY]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1912.11945>.

15. Dongarra J., Grigori L., Higham N.J. Numerical algorithms for high performance computational science, 2020. Vol. 378. Iss. 2166. <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0066>.
16. Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б. Неопределенные модели Нариньяни: становление, применение, проблемы и перспективы // Труды SoRuCom-2020. С. 126-132.
17. Альтшуллер Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. Новосибирск: Наука, 1986. 209 с.
18. Il'in V. The integrated computational environment for optimization of complex systems // Proceedings of the 15th International Asian School-Seminar «Optimization Problems of Complex Systems» (OPCS 2019). Pp. 65-67. <https://doi.org/10.1109/opcs.2019.888015>.
19. Antonov A., Dongarra J., Voevodin V. AlgoWiki Project as an Extension of the Top500 Methodology // Supercomputing Frontiers and Innovations. 2018. Vol. 5. No 1. Pp. 4-10.
20. Feoktistov A., Kostromin R., Sidorov I.A., Gorsky S.A. Development of distributed subject-oriented applications for cloud computing through the integration of conceptual and modular programming // Proc. of the 41st Intern. Conf. on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO 2018). Pp. 234-239.
21. Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б. Онтологический подход к разработке системы поддержки принятия решений на нефтегазодобывающем предприятии // Вестник НГУ. Сер.: Информационные технологии. 2012. Т. 10. Вып. 1. С. 121-128.
22. Zagorulko Y., Zagorulko G. Architecture of extensible tools for development of intelligent decision support systems // New Trends in Software Methodologies, Tools and Techniques. Proc. of the 10th SoMeT\_11. Hamido Fujita (Eds.). Amsterdam: IOS Press, 2011. Pp. 457-466.
23. Goncharov S.S., Sviridenko D.I. Logical language of description of polynomial computing // Doklady Mathematics. 2019. Vol. 99. Iss. 2. Pp. 121-124.
24. Malyshkin V.E. Active knowledge, LuNA and literacy for oncoming centuries // LNCS. 2015. Vol. 9465. Pp. 292-303.
25. Il'in V.P., Skopin I.N. About performance and intellectuality of supercomputer modeling // Programming and Computer Software. 2016. Vol. 42. Iss. 1. Pp. 5-16.
26. Glinitskiy B., Kulikov I., Sapetina A., Zagorulko Y., Zagorulko G. The creation of intelligent support methods for solving mathematical physics problems on supercomputers // Communications in Computer and Information Science. 2019. Vol. 1129. Pp. 427-438.
27. Gorodnichev M., Lebedev D. Semantic tools for development of high-level interactive applications for supercomputers // J. Supercomp. 2021. Vol. 77. Iss. 10. Pp. 11866-11880.
28. Бурнаев Е.В., Бернштейн А.В., Оселедец И.В. и др. Фундаментальные исследования и разработки в области прикладного искусственного интеллекта // Доклады РАН. Математика, информатика, процессы управления. 2022. Т. 508. С. 19-27.
29. Турдаков Д.Ю., Аветисян А.И., Оселедец И.В. и др. Доверенный искусственный интеллект: вызовы и перспективные решения // Доклады РАН. Математика, информатика, процессы управления. 2022. Т. 508. С. 13-18.

## РАЗВИТИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ МНОГОМЕРНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В АН КазССР

Сергей Арнольдович Инютин

*НИУ «Московский авиационный институт (МАИ)», Москва, Российская Федерация, inyutin\_sa@mail.ru*

**Аннотация** – Перенесение научных исследований в области модулярной арифметики из Зеленограда в Академию наук Казахстана в конце 70-х годов прошлого века дало мощный импульс развитию параллельных вычислительных методов с использованием целочисленной модулярной арифметики комплексных чисел и приложениям этой арифметики в системах оперативного управления движением летательных аппаратов. Применение Гауссовой модулярной целочисленной арифметики с сопряженными комплексными основаниями для управления движением летательных аппаратов впервые исследовалось группой исследователей под руководством академика АН КазССР В.М. Амербаевым. Для этих классов задач модулярная арифметика оказалась эффективнее традиционной позиционной, так как вычисление основных функций, базисных для линейной алгебры, выполнялось с меньшей временной сложностью. Результаты исследований нашли признание в договорных работах с научно-производственными объединениями страны и отражены в ряде монографий и нескольких тематических сборниках научных статей.

**Ключевые слова** – модулярная арифметика, система счисления в остаточных классах, параллельная гауссова арифметика комплексных чисел.

### I. ВВЕДЕНИЕ

Перемещение научных исследований по модулярной арифметике в Академию наук Казахстана в конце 70-х годов прошлого века дало мощный импульс развитию исследований по параллельным вычислительным методам с использованием целочисленной арифметики комплексных чисел. Получили развитие приложения этой арифметики для различных областей, требующих больших объемов вычислений, в том числе в системах оперативного управления движением пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов. Казахстан был выбран не случайно, так как на его территории были размещены несколько специализированных ЭВМ КЗ40А, разработанных в Специализированном вычислительном центре МЭП СССР (г. Зеленоград) [1, 2]. Генеральным конструктором разработки ЭВМ был Д.И. Юдицкий, а научным руководителем – И.Я. Акушский. Эти ЭВМ имели параллельную SIMD-архитектуру, высокую надёжность, обеспеченную оперативной реконфигурацией и обладали высоким быстродействием обработки для отдельных классов задач, основной объём в которых давали базисные для линейной алгебры операции. ЭВМ обрабатывали форматы данных, содержащих числовые величины в модулярной системе счисления.

Числовые величины, принадлежащие конечному подмножеству некоторого числового множества  $A \in \{0, \dots, P-1\}$ , верхняя грань которого равна произведению  $P = \prod_{i=1}^n p_i$  оснований  $p_i; i \in \{1, \dots, n\}$  модулярной системы счисления. Величины простых (попарно взаимно-простых) оснований предполагаются близкими для согласования производительности процессорных элементов, выполняющих вычисления по отдельным основаниям. Для экономии информационной ёмкости разрядной сетки основания  $\{p_1, \dots, p_i, \dots, p_n\}$  выбираются простыми (попарно взаимно-простыми). Целочисленная числовая величина  $A$ , может быть задана векторным модулярным представлением:

$$A \leftrightarrow (a_1, \dots, a_i, \dots, a_n) \in W^n,$$

где  $\forall i \in \{1, \dots, n\}, a_i \equiv A \pmod{p_i}; P = \prod_{i=1}^n p_i$  – верхняя грань компьютерного вычислительного диапазона.

Другими словами,  $(a_1, \dots, a_i, \dots, a_n)$  – вектор модулярного представления числовой величины  $A$ , компоненты вектора есть наименьшие неотрицательные вычеты по модулям – основаниям  $p_i$ . В модулярной арифметике все кольцевые  $A \circ B \pmod{P}$  операции выполняются независимо вычислениями по модулям в параллельных вычислительных трактах, соответствующих основаниям модулярной системы счисления:

$$A \circ B(\bmod P) \leftrightarrow ((a_1 \cdot b_1 \bmod p_1), \dots, (a_n \cdot b_n \bmod p_n)) \in W^n$$

При наличии избыточных оснований возникает возможность реконфигурации вычислительных трактов, что повышает надёжность модулярного вычислительного процесса [2, 3].

## II. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Борьба за повышение скорости выполнения сложных вычислительных процессов не сводится только к увеличению быстродействия элементной базы компьютеров. Совершенствование элементной базы трудный и дорогостоящий процесс, требующий открытия новых физических принципов, разработки технологий и создания аппаратуры для их реализации в производстве [3, 4].

Основная задача компьютера – выполнение вычислений, первоначально они и создавались для этого. По этой причине компьютер является, прежде всего, техническим устройством для автоматической обработки машинных форматов данных, в которых отображается структурированная информация. В разрядной сетке типового компьютера в машинных форматах данных отображаются конечные целые или рациональные числовые величины (числовые объекты) в различных системах счисления над которыми выполняются вычисления по алгоритмам машинных арифметик этих систем.

Закон Амдала для модулярной арифметики имеет расширенную трактовку, распараллеливание рассматривается на двух уровнях: макроуровне – уровне параллельных ветвей вычислительного алгоритма и микроуровне – уровне исполнительных команд. Это приводит к тому, что доля последовательных вычислений при модулярном подходе также распараллеливается на микроуровне до некоторого несжимаемого предела. При применении модулярной арифметики распараллеливание на уровне алгоритмов решения вычислительной проблемы (задачи) дополняется распараллеливанием на микроуровне (уровне машинных операций) над модулярными форматами данных.

Вопрос о применении Гауссовой модулярной целочисленной арифметики с сопряженными комплексными основаниями для описания управления движением летательных аппаратов впервые был поставлен академиком АН КазССР В.М. Амербаевым, специально приглашенным в Казахстан в 70-х годах XX века из Зеленоградского научного центра МЭП СССР для развития нового научного направления Президентом АН КазССР А.М. Кунаевым, братом первого секретаря компартии Казахстана. Вместе с академиком В.М. Амербаевым также был приглашен основоположник развития модулярной арифметики (отечественное название система счисления в остаточных классах) и применения её для вычислительных устройств член-корреспондент АН КазССР И.Я. Акушский, работавший заместителем директора по научным вопросам одного из НИИ г. Зеленограда.

## III. БАЗА ИССЛЕДОВАНИЙ МОДУЛЯРНОЙ АРИФМЕТИКИ МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

В тот период в Институте математики и механики АН КазССР имелась хорошая кадровая база для развития этих исследований в двух подразделениях института, возглавляемых профессорами И.Т. Пак и А.Н. Казангаповым. В отделе Синтеза и анализа многомерных цифровых данных» (профессор И.Т. Пак) исследовались методы потокового выполнения модулярных вычислительных процессов, и велись поиски наиболее эффективных областей приложения модулярных вычислений с использованием комплексных чисел. В отделе параллельных вычислительных структур выполнялось моделирование и макетирование машинных операций для вычислительных средств нетрадиционной структуры, включая номографические методы вычислений, ориентированных на применения импульсных лазеров. Результаты этих исследований были обобщены в докторской диссертации А.Н. Казангапова. Кроме кадров, в Академии наук также имелась инструментальная база, предназначенная для макетирования разрабатываемых устройств. Моделирование параллельных вычислительных методов выполнялось в Вычислительном центре Академии наук, куда регулярно поступали новые вычислительные машины серии ЕС, начиная с ЕС-1033 и заканчивая двумя большими вычислительными машинами ЕС-1045, которые интенсивно использовались в режимах разделения времени и пакетной обработки. Исследования в перспективной научной области выполнялись в трёх направлениях:

- моделирование параллельной модулярной арифметики, использующей комплексные числа;
- макетирование технических устройств, поддерживающих арифметику, в частности для табличного выполнения машинных операций по относительно малым модулям;
- поиск областей эффективного применения модулярной арифметики, использующей комплексные числа.

#### IV. ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ СЕМИНАРОВ И НЕКОТОРЫЕ БЫТОВЫЕ ПОДРОБНОСТИ

Приезды членов АН КазССР члена-корреспондента И.Я. Акушского и академика В.М. Амербаева на сессии Академии наук происходили регулярно (один-два раза в год) и превращались в запоминающийся трудовой праздник для их учеников и аспирантов, работающих в Институтах математики и механики, сейсмологии, физики высоких энергий АН КазССР. Тщательно планировался и скрупулёзно выполнялся плотный график научных семинаров с докладами как самих маститых ученых, так и их молодых коллег. Поток изобретений и патентов, создаваемых разработчиками, с помощью специалистов патентного отдела под руководством А.О. Жаутыкова, который профессионально разбирался в тенденциях развития этой области знаний. Отдельные изобретения были оформлены настолько тщательно и аккуратно, что не вызвали вопросов у экспертов государственного института патентной экспертизы (патентного ведомства) и ровно через нормативный срок авторы получали авторские свидетельства на изобретения. Более сложная процедура, требующая значительного времени, совместно выполнялась сотрудниками патентного отдела Института математики и Президиума АН для оформления зарубежных патентов на перспективные и оригинальные конструкции [4, 6, 7].

По причине возраста И.Я. Акушский приезжал обычно поездом в купе СВ вместе со своей женой и торжественно встречался на железнодорожном вокзале Алма-Ата 1 (в городе были два вокзала), затем доставлялся в резиденцию Академии наук в центре Алма-Аты. Из резиденции ему было удобно приходить в Президиум АН и Математический институт и уходить часто поздно вечером, так как жаркие научные семинары затягивались до позднего времени.

Однажды, встречая в аэропорту В.М. Амербаева, мы были приятно удивлены тем вниманием, которое сотрудники аэропорта оказывали ему, прилетевшему в форме генерала гражданской авиации. Уровень шевронов на его погонах превышал уровень шевронов начальника Алма-Атинского международного аэропорта! Оказалось, что в тот период он заведовал профильной кафедрой в Московском институте инженеров гражданской авиации с целью развития и исследования вычислительных моделей управления движущимися объектами в режимах «автопилота». При плотном графике работ для отдыха при наличии возможностей регулярно выполнялись коллективные поездки в Алма-Атинские горы, на горную базу Академии наук на перевале Чимбулак, на экспериментальную базу Института сейсмологии вблизи Большого Алма-Атинского озера, а также на туристическую базу Института математики и механики на озеро Сайран.

#### V. ОСОБЕННОСТИ МОДУЛЯРНОЙ АРИФМЕТИКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Позиционная арифметика в комплексной области не играет столь решающего значения, как в вещественной области, поскольку в комплексной области отсутствует свойство упорядоченности чисел, а технические реализации операций сложения и умножения позиционных кодов представления числовых величин сильно усложняются каскадами сквозных переносов.

По указанной причине ещё больший интерес, чем для вещественной области, представляет исследование средств непозиционного кодирования комплексных числовых величин. Эффективность непозиционного кодирования комплексных величин определяется в сравнении с позиционными кодами отсутствием поразрядных переносов, параллельностью вычислительного процесса и помехозащитными свойствами арифметических операций, в комплексной области ожидаемо проявляются существенные преимущества табличной машинной реализации непозиционных кодов по сравнению с позиционными.

Исследователями под руководством академика В.М. Амербаева получены следующие существенные результаты. Удалось обобщить модулярное представление числовых величин на объекты большей размерности, чем вещественные числа. Первыми многомерными объектами, на которые обратили внимание группа исследователей под руководством В.М. Амербаева (И.Я. Акушский, В.М. Амербаев, И.Т. Пак) являлись комплексные числа. В частности, модулярная арифметика комплексных чисел, в которой существенно достигнута эффективность машинной реализации алгоритмов немодульных операций благодаря использованию попарно взаимно простых комплексно-сопряженных оснований. Введено определение гауссовой арифметики как арифметики кольца вычетов комплексных гауссовых чисел по составному модулю, состоящему из взаимно-простых попарно комплексно-сопряженных целых гауссовых чисел. В гауссовой арифметике все вычислительные процедуры реализуются в классе вещественных вычетов по вещественным модулям, являющимися модулями комплексно-сопряженных целых гауссовых чисел [4, 5].

Показано, что фундаментальные операции линейной алгебры, такие как скалярное произведение векторов, умножение матриц на вектор, произведение двух и большего числа матриц – представляют класс процедур, допускающих распараллеливание, следовательно, эффективную реализацию в гауссовой арифметике комплексных чисел.

Большая эффективность достигается в гауссовой арифметике при решении алгебраических систем уравнений высокого порядка итерационными вычислительными методами, в том числе описываемых плохо-обусловленными матрицами. В.М. Амербаевым исследовались также вопросы модулярного кодирования в матричной алгебре, оценки сложности и разработки методов решения в смысле минимальной нормы невязки линеаризованных систем линейных алгебраических уравнений, описывающих моделируемые процессы в сложных системах с вычислением псевдообратных матриц [4].

Последние вопросы в дальнейшем нашли приложение в численных нейросетевых методах расчёта.

Для отдельных классов задач такая арифметика оказалась эффективнее традиционной позиционной, так как вычисление отдельных функций (функций типа свёртки), характерных для линейной алгебры, выполнялось с меньшей временной сложностью, что позволило развить и перенести процесс исследования на ещё более сложные объекты – кватернионы и бикватернионы. Эти многомерные объекты также имели непосредственное приложение в моделях описания процессов движения сложных объектов. Исследования велись совместно с представителями Института кибернетики другой республиканской Академии наук под руководством профессора М.В. Синькова.

#### VI. ПРИЛОЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕИМУЩЕСТВ МОДУЛЯРНОЙ АРИФМЕТИКИ

Новые результаты, полученные при исследовании модулярной арифметики комплексных чисел, нашли отражение в четырёх монографиях, изданных в издательстве «Наука» АН КазССР и ряде тематических сборников научных статей, в которых публиковались результаты молодых исследователей [5, 6, 7]. Большое внимание академик В.М. Амербаев уделял вопросам реализации полученных результатов исследований и взаимодействию с производственными организациями. Это давало дополнительное финансирование выполняемым работам по макетированию специализированных технических устройств, поддерживающих модулярную арифметику. Под руководством академика В.М. Амербаева и профессора И.Т. Пака сотрудниками Института математики и механики АН КазССР на основе полученных результатов исследований был выполнен большой объём научно-исследовательских работ с рядом научно-производственных объединений страны оборонного профиля, частности НПО «Алмаз», «Астрофизика» и других [6, 7].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акушский И.Я., Юдицкий Д.И. Машинная арифметика в остаточных классах. М.: Советское радио, 1968. 440 с.
2. Амербаев В.М. Теоретические основы машинной арифметики. Алма-Ата: Наука, 1976. 320 с.
3. Акушский И.Я., Амербаев В.М., Пак И.Т. Основы машинной арифметики комплексных чисел. Алма-Ата: Наука, 1970. 247 с.
4. Амербаев В.М., Пак И.Т. Параллельные вычисления в комплексной области. Алма-Ата: Наука, 1984. 183 с.
5. Теория кодирования и информационное моделирование. Сборник статей / Под редакцией Акушского И.Я., Амербаева В.М. Алма-Ата: Наука, 1973. 198 с.
6. Теория кодирования и сложность вычислений. Сборник статей / Под редакцией Амербаева В.М. Алма-Ата: Наука, 1980. 230 с.
7. Автоматизация научных исследований. Сборник статей. / Под редакцией Султангазина У.М., Пак И.Т. Алма-Ата: Наука, 1982. 216 с.

## БАЗОВЫЕ ТИПЫ ДАННЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ ЭВМ СЕРИИ 5Э26 И СОВРЕМЕННЫЕ ЯЗЫКИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Леонид Евгеньевич Карпов

*Институт системного программирования им. В.П. Иванникова РАН,  
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
Москва, Российская Федерация, tak@ispras.ru*

**Аннотация** – Во второй половине 1960-х годов в Советском Союзе началась работа над созданием вычислительных машин серии 5Э26. Разработанные ЭВМ предназначались для применения в составе систем противовоздушной обороны С-300 различных конфигураций. На этих машинах также работали несколько систем программирования, выполнялась трансляция программ с различных языков программирования, велась подготовка текстовой документации. Реализация технического задания, подразумевавшего решение такого разнообразия задач, привела к аппаратной поддержке большого разнообразия типов данных: чисел с плавающей запятой, целых чисел различных типоразмеров и адресных значений программных компонентов (переменных, констант, процедур, меток), которые связаны со структурами данных современных языков программирования. Для работы с упакованными целыми числами была разработана оригинальная система адресации, обеспечивавшая доступ к элементам памяти с точностью до отдельного разряда. Принятые при разработке аппаратуры решения оказались вполне пригодными для организации программирования на ЭВМ ряда 5Э26 не только на машинно-зависимых языках, но и на языках значительно более высокого уровня – Фортране, Паскале, Си, а также более новых языках, возникших на их основе.

**Ключевые слова** – управляющие и универсальные ЭВМ, базовые типы данных, аппаратная поддержка языков высокого уровня.

### I. ВВЕДЕНИЕ

В середине 1960-х годов предприятия Министерства радиопромышленности СССР получили утвержденное Министерством обороны страны техническое задание на разработку вычислительных средств для новой системы противовоздушной обороны С-300 (по классификации НАТО SA-10 Grumble). Долгое время это задание оказывалось невостребованным: предприятиям-разработчикам содержащиеся в нем требования представлялись слишком завышенными и невыполнимыми. Однако ближе к концу десятилетия за реализацию поставленной в техническом задании задачи взялся Институт точной механики вычислительной техники Академии наук СССР (ИТМ и ВТ АН СССР). Главными конструкторами новых вычислительных машин стали [1, 2] академик Сергей Алексеевич Лебедев и его ученик Всеволод Сергеевич Бурцев, а на последнем этапе Евгений Александрович Кривошеев (рис. 1).



С.А. Лебедев



В.С. Бурцев



Е.А. Кривошеев

Рис. 1. Главные конструкторы серии ЭВМ 5Э26

Трудности с реализацией выработанного технического задания были связаны не только с высокими требованиями к аппаратной части нового управляющего вычислительного комплекса, но и вполне осознанными к этому времени требованиями к поддержке программирования на языках высокого

уровня. Сергей Алексеевич взялся за разработку новой ЭВМ, так как он был полностью к этому готов. В это время ИТМ и ВТ уже завершил разработку ЭВМ 5Э926, прошедшей апробацию в составе крупномасштабного макета системы противоракетной обороны (системы «А») и завершал подготовку к серийному выпуску вычислительной машины 5Э51.

По итогам первых опытов создания вычислительных средств для систем противоракетной обороны Генеральный конструктор системы А-35 Григорий Васильевич Кисунько (рис. 2) рассчитал, что для надежного сопровождения и уничтожения малозаметной баллистической цели необходимо достичь быстродействия вычислительной машины на уровне 100 миллионов операций в секунду. Это значительно превышало возможности существовавших в то время ЭВМ, построенных на дискретных полупроводниковых элементах, и в ИТМ и ВТ началось обсуждение архитектуры совершенно нового многопроцессорного вычислительного комплекса «Чегет» (будущего МВК «Эльбрус-1»).

Не предполагая скорого начала финансирования амбициозного проекта, Лебедев решил воспользоваться разработкой по принятому им на себя техническому заданию на ЭВМ для противосамолетной системы, чтобы создать сразу два коллектива и вести две крупные разработки на одни и те же деньги. Это было вполне оправданно, так как, несмотря на различие в предполагаемых условиях функционирования противосамолетного и противоракетного комплексов, с точки зрения программирования для них вырабатывались достаточно близкие требования: программное обеспечение должно было создаваться на языках программирования высокого уровня.

Несмотря на такую двойственность стоявшей перед Лебедевым задачи, он отнесся к участию ИТМ и ВТ в создании вычислительных средств для системы противовоздушной обороны со всей серьезностью. Он лично ездил к Генеральному конструктору системы С-300 академику Борису Васильевичу Бункину и его соратнику Александру Алексеевичу Леманскому (рис. 2), представлял им своих инженеров и программистов, рассказывал о своем видении будущей вычислительной машины, о том как лучше построить взаимодействие нескольких крупных коллективов.



Г.В. Кисунько



Б.В. Бункин



А.А. Леманский

Рис. 2. Главные конструкторы систем управления, использовавших ЭВМ серии 5Э26

В результате работа коллективом института была выполнена. С конца 1960-х годов за 30 лет была создана серия из 5 типов вычислительных комплексов. Разработанные комплексы успешно использовались в составе систем противовоздушной обороны С-300 различных конфигураций и лет выпуска. За эту работу коллектив разработчиков дважды был отмечен Государственными премиями СССР (1980 год) и Российской Федерации (1997 год). Члены коллектива были награждены орденами и медалями за огромный вклад в создание новой вычислительной техники.

## II. СЕРИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ЭВМ 5Э26

Вычислительные машины, составившие эту серию, которую будем называть 5Э26 (в нее входили пять моделей ЭВМ – 5Э261, 5Э262, 5Э265, 5Э266 и 40У6), оказались очень удачными, способными решать самые разные задачи – расчеты траекторий как аэродинамических, так и баллистических целей, а также собственных ракет, распознавание образов, управления различными устройствами по стандартным и специализированным каналам обмена информацией. На машинах 5Э26 [3-6] работали системы программирования, выполнялась трансляция программ с различных языков программирования, велась подготовка текстовой документации. Именно такие ЭВМ можно вполне заслуженно называть

универсальными, хотя основное их предназначение – работа в составе системы управления, работающей в условиях жесткого реального времени.

Решения, принятые разработчиками при начале разработки серии управляющих ЭВМ, доказали свою жизнеспособность и продолжают делать это до сих пор, так как эти машины и сейчас работают в составе различных систем управления. Но, если для параллельно с ними разрабатывавшихся многопроцессорных комплексов «Эльбрус» опубликовано достаточно много материалов [1, 2, 9], то эти машины, которые вполне можно рассматривать как суперЭВМ в классе мобильных вычислительных комплексов, оказались менее известными.

Между тем, структуры данных и система команд, выбранные в середине 1960-х годов, вполне пригодны для работы с самыми современными языками программирования, конечно, с учетом основных архитектурных ограничений, присущих всем моделям серии 5Э26. Для понимания этих ограничений укажем, что все эти машины имеют размер машинного слова в 32 двоичных разряда, размер памяти даже теоретически не может превысить 512 Мб (конкретные модели обладали значительно меньшей оперативной памятью), а диапазон чисел расширен за счет их необычного представления. Впрочем, в те времена общепринятого стандарта еще не существовало, его разработка началась только в 1976 году, когда компания Intel начала работу над сопроцессором для обработки чисел с плавающей запятой, а закончилась в 1985 году, когда стандарт был наконец утвержден [7].

Рассмотрим основные аппаратные возможности по представлению базовых структур данных современных языков программирования.

### III. ПОЛНОРАЗРЯДНЫЕ ЧИСЛА

Языки программирования возникли из желания автоматизировать формульные вычисления. Лишь позже появились возможности по обработке логических значений. В настоящее время существует огромное множество языков программирования, построенных в рамках различных парадигм программирования – известны примеры процедурных и функциональных языков, языков разметки и моделирования, языков описания бизнес-процессов, параллельного и графического программирования. Однако необходимость проводить численные расчеты никуда не ушла, и языки, предназначенные для записи численных алгоритмов, продолжают свое развитие.

Рост разрядности вычислительных устройств не помешал введению в языки программирования возможностей вычислений с повышенной точностью, в частности, чисел с плавающей запятой двойной точности, а также длинных (и даже «длинных-длинных») и коротких целых чисел. Интересно отметить, что первые языки программирования (за исключением, конечно, языков ассемблеров) пытались более точно следовать математическим понятиям, скрывая реальную разрядность элементов памяти, отводимых для хранения значений переменных и констант [8], и вводя для обозначения их типов обобщенные наименования (LOGICAL, INTEGER, REAL). В дальнейшем, однако, проявилась тенденция не только следования математическим моделям, но и использования явных указаний разрядности при определении типов, как это было в языке Эль-76 [9], в котором определение имени должно сопровождаться указанием формата, например, с помощью спецификатора **Ф64**, или в более новом языке Go [10], где наряду с типом *int*, имеются типы *int8*, *int16*, *int32* и *int64*.

#### 1. Числа с плавающей запятой

Все модели серии 5Э26 поддерживают только один формат вещественных чисел. Для хранения вещественного числа предназначено одно слово памяти, то есть 32 двоичных разряда. Вещественные числа занимают в памяти полное слово и, как правило, представляются в нормализованном виде по основанию 4, то есть в виде

$$4^p \times M,$$

где  $p$  – порядок числа, а  $M$  – его мантисса. Порядок и мантисса вещественного числа представляют собой целые значения со знаком (рис. 3).



Рис. 3. Структура вещественного числа

Нулевой и первый двоичные разряды машинного слова хранят знаки мантиссы и порядка числа соответственно. Положительные порядки и мантиссы имеют нулевое значение знака, отрицательные порядки и мантиссы представляются с единицей в знаковом разряде.

Мантисса представляется как целое четверично нормализованное число, задаваемое в дополнительном коде в двоичных разрядах с 8-го по 31-й. Такой выбор основания системы счисления сделан для расширения представляемых чисел, хотя четверичная нормализация обеспечивает меньшую точность по сравнению с двоичной. Выбранный подход к представлению мантиссы приводит к фиксированному положению запятой мантиссы правее 31-го двоичного разряда. Для нормализованных неотрицательных вещественных чисел старший четверичный разряд (8-й и 9-й двоичные разряды) числа всегда отличен от нуля. Для нормализованных отрицательных чисел значение этого разряда всегда отлично от  $3_4$ .

Значение целой мантиссы представляется в дополнительном коде в двенадцати четверичных разрядах всегда находится в диапазоне

$$-4^{12} \leq M \leq 4^{12} - 1$$

Двоичные разряды от второго до седьмого включительно предназначены для хранения порядка числа, то есть целого числа, представленного в обратном коде. Так как под порядок отведено три четверичных разряда, его значение всегда находится в диапазоне

$$-(4^3 - 1) \leq P \leq +(4^3 - 1) \text{ или } -63 \leq P \leq +63$$

Таким образом, диапазон представимых в аппаратуре ЭВМ вещественных чисел составляет от  $-4^{75}$  до  $+4^{75}$  или приблизительно от  $-1,427 \times 10^{45}$  до  $+1,427 \times 10^{45}$ .

Наименьшее представимое по абсолютной величине число составляет примерно  $5 \times 10^{-32}$ , а точнее

$$4^{-63} \times 4^{11} = 4^{-52}$$

Представление порядков в обратном коде приводит к тому, что нулевой порядок может задаваться либо как  $+0$ , либо как  $-0$ . Два машинных слова, содержащих в поле порядка четверичные значения  $0,000_4$  и  $1,333_4$ , задают числа с нулевым порядком (рис. 4). Это свойство чисел, представляемых в обратном коде, используется для того, чтобы отличать целые числа от вещественных чисел с нулевым порядком. Для вещественных чисел с нулевым порядком значение разряда, содержащего знак порядка, всегда выбирается противоположным знаком мантиссы (то есть собственно знаку числа).

0	1	2	7	8		31
0	1	1 1 1 1 1 1	0 0 0 0		нули	0 0 0 0
0	1	1 1 1 1 1 1	1 0 0 0		нули	0 0 0 0
1	0	0 0 0 0 0 0	1 0 0 0		нули	0 0 0 0

Рис. 4. Примеры представления вещественных чисел  $0$ ,  $2^{23}$  и  $-2^{23}$

В аппаратуре ЭВМ имеется также пара команд, регулирующих режим округления результата выполнения арифметических операций – сложения, вычитания, умножения и деления. Само округление проводится по-разному в разных моделях ЭВМ 5Э26. Первые модели выполняли округление установкой в единицу значения самого младшего из старших 32-х разрядов результата в случае, если хотя бы один из более младших разрядов (отбрасываемых после выполнения операции) имеет ненулевое значение. Последняя модель серии выполняет округление иначе, то есть таким образом, который более соответствует принятому в математике методу округления. В модели 40У6 округление выполняется установкой в единицу значения самого младшего из старших 32-х разрядов результата в случае, если ненулевое значение имеет самый старший из отбрасываемых после выполнения операции разрядов.

Однако поддержка вещественных вычислений не ограничивается только выполнением операций над числами известной структуры в том или ином режиме. Аппаратура также способна выполнять преобразование чисел и обеспечивать проверку корректности операндов и результатов выполнения арифметических операций. Такой подход во многом совпадает с теми возможностями, которые предлагают программистам современные языки программирования.

Все вещественные вычисления всегда проводятся только с нормализованными числами, хотя в памяти ЭВМ могут храниться любые числа, даже ненормализованные. В системе команд центрального процессора имеется специальная команда, которая преобразует ненормализованное число к нормализованному виду. Предполагается, что наличие таких команд в нужных местах программ

должны обеспечивать программисты, составляющие программы на каком-либо языке, близком к машинному, или компиляторы с языков высокого уровня.

Вещественный вычислитель центральных процессоров воспринимает целые числа как ненормализованные. Чтобы сделать возможными смешанные вычисления, в командах, выполняющих арифметические операции, в которых один из операндов представляет собой нормализованное вещественное число, а второй имеет правильный вид целого числа, второе число автоматически преобразуется к вещественному виду и нормализуется. Такое преобразование возможно всегда, так как любое представимое в ЭВМ целое число имеет свой точный аналог среди вещественных чисел.

При выполнении операций над вещественными числами возможно возникновение аппаратных прерываний, связанных либо с некорректностью операндов (например, делитель в командах деления, равный нулю), либо с некорректностью результата (переполнением или исчезновением значимости). Имеющееся во многих современных языках понятие исключительной ситуации включает в себя ситуации, возникающие при возбуждении аппаратного прерывания. В современных языках программирования, например, в языке C# [11], некоторые аппаратные прерывания включены в состав классов стандартных исключительных ситуаций. Аппаратные прерывания ЭВМ 5Э26, возникающие при работе с вещественными числами, перечислены в табл. 1, там же показаны те стандартные исключительные ситуации языка C#, которые им соответствуют.

Таблица 1  
Аппаратные прерывания 5Э26, возбуждаемые при работе с вещественными числами, и стандартные исключительные ситуации C#

Прерывание	Исключение C#
Исчезновение порядка	System.ArithmeticException
Некорректность аргумента	System.ArithmeticException
Некорректность деления	System.DivideByZeroException
Ненормализованное число	System.ArithmeticException
Переполнение вещественное	System.OverflowException
Потеря значимости	System.ArithmeticException

Таким образом, единственным аппаратно поддерживаемым форматом вещественных чисел в машинах серии 5Э26 является оригинальный 32-разрядный формат. Все остальные форматы, если они нужны для обеспечения повышенной точности вычислений или для расширения диапазона представимых чисел, должны моделироваться программным образом. Такой опыт у разработчиков системного программного обеспечения имелся.

## 2. Целые числа

Целые числа представляются в дополнительном коде. Целые числа занимают машинное слово целиком. Как и вещественные числа, они имеют размер в 32 двоичных разряда (или в 16 четверичных разрядов).

Целые числа всегда имеют нулевой порядок, представленный в обратном коде, знак которого совпадает со знаком мантиссы (то есть, фактически, со знаком числа). Только 24 младших двоичных разряда таких чисел являются значащими, при этом все оставшиеся 8 двоичных разрядов (старшие разряды слова) заполняются знаком числа (рис. 5). Тем самым значение знакового (самого старшего) разряда числа размножается так, что все двоичные разряды с 1-го по 7-й имеют одинаковые значения, повторяющие знак числа (нулевой разряд слова).

0	1	2	7	8		31
0	0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0	нули	0 0 0 0	
0	0	0 0 0 0 0 0	1 0 0 0	нули	0 0 0 0	
1	1	1 1 1 1 1 1	1 0 0 0	нули	0 0 0 0	

Рис. 5. Примеры представления целых чисел 0, 2<sup>23</sup> и -2<sup>23</sup>

В системе команд центральных процессоров 5Э26 имеется команда, выполняющая преобразование вещественных чисел к целому виду. Такое преобразование возможно, если операнд представляет собой нормализованное вещественное число, и находится в диапазоне представимых целых 32-разрядных чисел. В противном случае возбуждается какое-либо из прерываний, связанных с ненормализованностью операнда, либо целым переполнением.

При выполнении операций над целыми числами возможно возникновение аппаратных прерываний, связанных либо с некорректностью операндов (например, делитель в командах деления, равный нулю), либо с невозможностью занесения результата в отведенное для него место в памяти ЭВМ. Последняя ситуация может возникнуть, если значение, полученное в регистре сумматора и трактуемое как знаковое, записывается не в полное слово, а в некоторую его часть – полуслово, байт или одиночный разряд (см. раздел IV). При выполнении такой записи осуществляется аппаратный контроль совпадения всех отбрасываемых (старших) разрядов сумматора со старшим (знаковым) разрядом записываемой части. В случае, если эти разряды не одинаковы по своему значению и не совпадают со знаком короткого целого числа, возбуждается соответствующее аппаратное прерывание. В машине 40У6 аналогичное прерывание может возбуждаться, если осуществляется запись числа со знаком в переменное поле, и отбрасываемые (старшие) разряды сумматора не совпадают со знаком записываемого значения. Аппаратные прерывания ЭВМ 5Э26, возникающие при работе с целыми числами, перечислены в табл. 2, там же показаны те стандартные исключительные ситуации языка C#, которые им соответствуют.

Таблица 2  
Аппаратные прерывания 5Э26, возбуждаемые при работе с целыми числами,  
и стандартные исключительные ситуации C#

Прерывание	Исключение C#
Некорректность деления	System.DivideByZeroException
Ненормализованное число	System.ArithmeticException
Переполнение целое	System.OverflowException
Переполнение целое при записи с переменным полем	System.OverflowException

#### IV. УПАКОВАННЫЕ ДАННЫЕ

Система адресации, принятая в ЭВМ серии 5Э26, позволяет непосредственно оперировать с упакованными данными. Такие значения, в зависимости от используемых алгоритмов обработки упакованных данных, могут быть знаковыми и беззнаковыми. По своему размеру упакованные данные могут быть регулярными (полуслово, байт или разряд) и переменными полями. Первые модели серии 5Э26 имели возможность работать только с регулярными упакованными данными, переменные поля появились только в последней модели серии (40У6).

В памяти ЭВМ регулярные упакованные данные могут занимать 16, 8 или 1 разряд. При выборке упакованных данных из памяти на регистр сумматора центрального процессора выбираемое неполнословное число расширяется до 32-х разрядов.

Если в команде выборки указан арифметический режим считывания, осуществляется размножение старшего двоичного разряда выбираемого кода, что дополняет этот код до полных 32-х двоичных разрядов. Тем самым при считывании на сумматор упакованное число превращается в обычное целое число, отрицательное или неотрицательное, в зависимости от значения старшего разряда выбираемого упакованного числа. Логический режим считывания дополняет выбираемый из памяти код нулями, помещая сам код в младшие разряды сумматора и превращая число в обычное целое неотрицательное число.

В табл. 3 показаны диапазоны представления целых чисел, занимающих разное количество разрядов в памяти ЭВМ.

Таблица 3  
 Диапазоны чисел разных типоразмеров, представимых в ЭВМ серии 5Э26

Типоразмер целого числа	Диапазон представления
Тридцатидвухразрядное целое (A32)	$-16777216 \leq A32 \leq 16777215$
Шестнадцатиразрядное целое со знаком (A16)	$-32768 \leq A16 \leq 32767$
Шестнадцатиразрядное целое без знака (L16)	$0 \leq L16 \leq 65536$
Восьмиразрядное целое со знаком (A8)	$-128 \leq A8 \leq 127$
Восьмиразрядное целое без знака (L8)	$0 \leq L8 \leq 255$
Одноразрядное целое со знаком (A1)	$-1 \leq A1 \leq 0$
Одноразрядное целое без знака (L1)	$0 \leq L1 \leq 1$

### 1. Полусловные данные

Полусловные данные представляются в памяти ЭВМ 16-разрядными двоичными целыми значениями. Эти значения всегда выровнены и в памяти располагаются, начиная либо с нулевого (самого старшего) разряда, либо с шестнадцатого разряда (рис. 6). В наибольшей степени семантически они соответствуют коротким знаковым (*signed short*) и беззнаковым (*unsigned short*) целым данным языка Си и других языков, близких к нему по способам представления целочисленных значений.

При записи полусловного значения в память ЭВМ старшие 16 разрядов регистра сумматора отбрасываются, и в память попадают только младшие разряды. Эти данные размещаются либо в старшем, либо в младшем полуслове по исполнительному адресу, указанному в команде записи, в зависимости от номера полуслова, также имеющемуся в полном исполнительном адресе.

В арифметическом режиме записи осуществляется проверка равенства всех отбрасываемых старших разрядов регистра сумматора старшему разряду записываемого кода, то есть 16-му разряду сумматора, рассматриваемому в качестве знакового разряда короткого шестнадцатиразрядного целого числа. Если хотя бы один из отбрасываемых разрядов не совпадает со знаком короткого целого, возбуждается прерывание «Переполнение целое при записи».

В логическом режиме записи подобный контроль не выполняется, и старшие разряды сумматора просто отбрасываются.

### 2. Байтовые данные

Байтовые (восьмиразрядные) данные представляются в памяти ЭВМ 8-разрядными двоичными целыми значениями. Эти значения всегда выровнены и в памяти располагаются, начиная либо с нулевого (самого старшего) разряда, либо с восьмого, шестнадцатого или двадцать четвертого разряда слова (рис. 6).

0	1	7	8	15	16	23	24	31		
Полуслово № 0 (старшее)				Полуслово № 1 (младшее)						
Байт № 0 (старший)			Байт № 1		Байт № 2		Байт № 3 (младший)			
0	1	2	... разряды с № 3 по № 28 ...					29	30	31

Рис. 6. Размещение целых чисел различных размеров в памяти ЭВМ

Семантически байтовые данные соответствуют символьным знаковым (*signed char*) и беззнаковым (*unsigned char*) данным языка Си и некоторых других языков.

При записи байтового значения в память ЭВМ старшие 24 разряда регистра сумматора отбрасываются, и в память попадают только младшие восемь разрядов. Эти данные размещаются в одном из четырех байтов слова памяти по исполнительному адресу, указанному в команде записи, в зависимости от номера байта, также имеющемуся в полном исполнительном адресе.

В арифметическом режиме записи осуществляется проверка значения регистра сумматора на равенство 0 или -1, то есть на полное равенство значений всех отбрасываемых старших разрядов регистра сумматора значению записываемого в память разряда (31-го разряда сумматора). Если хотя бы один из отбрасываемых разрядов не совпадает со значением этого разряда, возбуждается прерывание «Переполнение целое при записи».

В логическом режиме записи подобный контроль не выполняется, и старшие разряды сумматора просто отбрасываются.

### 3. Одноразрядные (логические) данные

Логические данные представляются в памяти ЭВМ одноразрядными двоичными целыми значениями (рис. 6). Как и другие неполнословные значения, в зависимости от используемых алгоритмов обработки логических данных, в машинах серии 5Э26 они могут быть знаковыми и беззнаковыми. И в том, и в другом случае семантика таких данных полностью соответствует семантике данных типа *bool* языка C++.

При записи одноразрядного значения в память ЭВМ старшие 31 разряд регистра сумматора отбрасываются, и в память попадает только самый младший разряд регистра. Значение этого разряда размещается в том из разрядов слова памяти по исполнительному адресу, указанному в команде записи, номер которого указан в полном исполнительном адресе.

В арифметическом режиме записи осуществляется проверка значения регистра сумматора на равенство 0 или -1, то на полное равенство значений всех отбрасываемых старших разрядов регистра сумматора значению записываемого в память разряда, то есть 31-му разряду сумматора. Если хотя бы один из отбрасываемых разрядов не совпадает со значением этого разряда, возбуждается прерывание «Переполнение целое при записи». В логическом режиме записи подобный контроль не выполняется, и старшие разряды сумматора просто отбрасываются.

В случае, когда логическая информация трактуется как некоторое число без знака, допустимыми значениями, соответствующими понятиям «истина» и «ложь», становятся целые значения *1* и *0*. Если же логическая информация представляется числами со знаком, эквивалентами тех же понятий являются целые числа *-1* и *0*.

### 4. Битовые поля

В последней модели серии 5Э26 (40У6) к возможностям работы с короткими целыми числами разных размеров добавлена возможность работы со знаковыми и беззнаковыми целыми, занимающими произвольное число двоичных разрядов в одном машинном слове. Во многом такое переменное поле напоминает битовое поле, хорошо знакомое всем, программировавшим на языке Си и других языках программирования, основанных на его концепциях (рис. 7).

```
struct table_entry
{
    unsigned int type:3;    // диапазон значений от 0 до 7
    int value:5;          // диапазон значений от -16 до +15
};
```

Рис. 7. Представление битовых полей в языке Си

Переменное поле ЭВМ 40У6 определяется номером старшего двоичного разряда слова, начиная с которого в этом слове размещается поле, и длиной поля, выраженное в количестве двоичных разрядов, которое отведено для хранения поля. Номер начального (старшего) разряда и размер переменного поля не могут превышать значения 31. Если оказывается, что номера младших разрядов поля превышают значение 31, то есть выходят за границы машинного слова, поле закольцовывается, и его младшие разряды размещаются в соответствующем количестве старших разрядов того же слова памяти (рис. 8).



Рис. 8. Размещение переменных полей в памяти ЭВМ

В арифметическом режиме записи осуществляется проверка равенства всех отбрасываемых старших разрядов регистра сумматора старшему разряду записываемого кода, рассматриваемому в качестве знакового разряда неполноразрядного числа. Если хотя бы один из отбрасываемых разрядов не совпадает со знаком короткого целого, возбуждается прерывание «Переполнение целое при записи с переменным полем».

При считывании в арифметическом режиме переменного поля его старший разряд размножается до полных 32-х разрядов.

В логическом режиме записи старшие разряды сумматора, не входящие в переменное поле, просто отбрасываются. При чтении поля из памяти в логическом режиме значение, записанное в слове памяти по исполнительному адресу в границах переменного поля, передается в младшие разряды регистра сумматора. Старшие разряды этого регистра в этом режиме чтения заполняются нулями.

### V. АДРЕСНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Указателями и ссылками оперируют многие современные языки программирования, в которых разрешается явно использовать адреса переменных, констант, процедур, а иногда и меток. Все модели серии 5Э26 аппаратно поддерживают эти понятия, имея в системе команд центральных процессоров команду «Адрес исполнительный», которая, являясь полной аналогией операции взятия адреса языка Си, формирует специальную структуру данных, называемую «адресный дескриптор». С помощью таких дескрипторов можно осуществлять доступ к оперативной памяти вычислительного комплекса как при считывании информации на регистры процессора, так и при записи результатов вычислений в память. В составе дескриптора (рис. 9) присутствуют следующие поля:

- Режим работы с памятью (арифметический или логический);
- Размер адресуемого элемента (разряд, байт, полуслово, слово);
- Признак косвенного дескриптора (цепной разряд);
- Адрес слова в оперативной памяти;
- Уточнение адреса (до полуслова, байта или отдельного разряда).

Различия в структуре дескрипторов в разных моделях серии 5Э26 связаны только с размерами той части полного адреса элемента в дескрипторе, которая определяет слово памяти, в котором адресуемый элемент размещается. Если в первых моделях размер этого поля дескриптора составляет 18 двоичных разрядов, то в модели 40У6 его размер увеличен до 21 разряда.

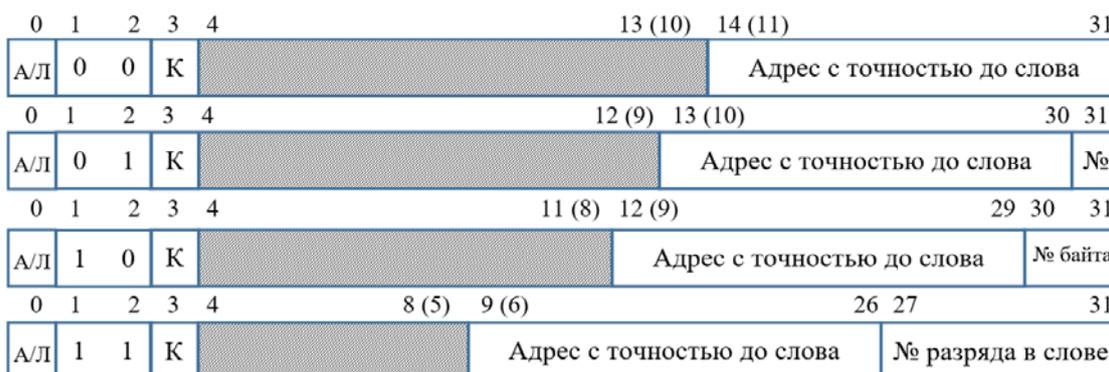


Рис. 9. Структура словного, полусловного, байтового и разрядного дескрипторов

С помощью дескрипторов можно адресовать как 32-разрядные слова оперативной памяти (разряды 1 и 2 содержат код, равный 00<sub>2</sub>), так и полуслова (разряды 1 и 2 содержат код, равный 01<sub>2</sub>), байты (разряды 1 и 2 содержат код, равный 10<sub>2</sub>) и двоичные разряды (разряды 1 и 2 содержат код, равный 11<sub>2</sub>).

Если в дескрипторе признак косвенности (разряд № 3) имеет ненулевое значение, операндом операции, в которой используется дескриптор, становится не тот элемент, адрес которого находится в дескрипторе. Считается, что дескриптор адресует адресную информацию, цепной разряд которой снова проверяется на ненулевое значение, а процесс вычисления истинного исполнительного адреса продолжается до тех пор, пока не будет найден дескриптор с нулевым цепным разрядом. Для непосредственной работы с дескрипторами в системе команд процессора 5Э26 имеется возможность блокировать влияние цепного разряда на процесс формирования исполнительного адреса операнда команд считывания и записи.

Прямых аналогий дескрипторам с цепным разрядом в языках программирования нет, но хороший оптимизирующий компилятор вполне способен формировать цепочки указателей на связанные таблицы таким образом, чтобы для доступа к операнду было достаточно выполнить одну команду чтения по дескриптору, содержащему цепной разряд.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аппаратная поддержка базовых типов данных в ЭВМ серии 5Э26 такова, что делает эти управляющие вычислительные машины способными решать универсальные вычислительные задачи. Недостаточная точность вещественных вычислений, связанная с выбранными алгоритмами округления и нормализации результатов, вполне компенсируется широким диапазоном представимых чисел.

Данные, представимые с помощью значений базовых типов могут использоваться для конструирования более сложных структур – записей и массивов. Для такого конструирования имеется значительная поддержка со стороны аппаратуры центральных процессоров (индексные регистры, регистры шага и предела для организации циклов, а также возможность использования содержимого индексных регистров в алгоритме формирования исполнительного адреса в исполняемых командах) и базовых языков программирования (в разные годы создавались языки-автокоды – АК-26 и АК-40, язык промежуточного уровня Ярус, строились компиляторы с языков Фортран, Паскаль, Си и других языков [6]).

Несколько последних десятилетий во многом изменили взгляды сообщества программистов на необходимую им для работы аппаратную поддержку работы с базовыми типами данных и сложными структурами. Однако и сейчас принятые много лет назад решения по выбору способов представления основных данных, набора и форматов команд по их обработке, не выглядят архаичными.

Архитектура ЭВМ серии 5Э26 может служить образцом при создании современных систем программирования, информационных систем и систем управления.

В целом, общий успех, достигнутый при разработке специальных систем, в центре которых находились вычислительные машины, созданные под руководством академика С.А. Лебедева и его ближайших учеников, определялся следующими положенными в основу выполнявшихся проектов принципов:

- сознательное ориентирование на возможности отечественной науки, отечественной промышленности, работы отечественных специалистов в сочетании с тщательным изучением мировых достижений в науке и технике;
- грамотная кадровая политика, позволившая массово привлечь к работам молодых специалистов, выпускников ведущих высших учебных заведений страны;
- создание всесторонней кооперации разработчиков, при которой разработка систем, в том числе вычислительных средств проводилась одновременными совместными скоординированными усилиями математиков-алгоритмистов, разработчиков электронных компонентов, схемных решений, системного и прикладного программного обеспечения, а также сотрудников заводских конструкторских бюро и технологов серийных производственных линий;
- решение проблемы производительности вычислительной аппаратуры разработкой оригинальной архитектуры вычислительных комплексов и построением многопроцессорных вычислительных структур;
- повышенное внимание к надежности производимой аппаратуры и систематическое внедрение методов аппаратного контроля, что позволило проводить эксплуатацию и поддержание в работоспособном состоянии вычислительных средств на протяжении более чем 35 лет при минимальном наборе запасного оборудования.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарит всех своих коллег, на протяжении более чем 30 лет принимавших участие в разработке аппаратуры и системного программного обеспечения для ЭВМ серии 5Э26.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С.А. Лебедев. К 100-летию со дня рождения основоположника отечественной электронной вычислительной техники. Отв. ред. В.С. Бурцев. Составители: Ю.Н. Никольская, А.Н. Томилин, Ю.В. Никитин, Н.С. Лебедева. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. 440 с.
2. Бурцев В.С. Развитие специализированных вычислительных систем ПВО и ПРО // В.С. Бурцев. Параллелизм вычислительных процессов и развитие архитектуры суперЭВМ. Сост.: В.П. Торчигин, Ю.Н. Никольская, Ю.В. Никитин. М.: Торус Пресс, 2006. С. 15-24.
3. История отечественных управляющих вычислительных машин (1955-1987 гг.). Под ред. Я.А. Хетагурова. М., 2011. 216 с. (Труды Виртуального компьютерного музея).
4. Бурцева Т.А., Карпов Л.Е., Карпова В.Б. Всеволод Бурцев и суперЭВМ // Открытые системы. СУБД. 2007. № 9. С. 70-73.
5. Карпова В.Б., Карпов Л.Е. СуперЭВМ – от задач к машине // Открытые системы. СУБД. 2010. № 4. С. 54-58.

6. Липаев В.В. Кросс-система программирования ЯУЗА-6 для специализированных ЭВМ реального времени (в 70 – 80-е годы прошлого века) // Труды Института системного программирования РАН. 2011. Т. 20. С. 95-110.
7. 754-1985 – IEEE Standard for Binary Floating-Point Arithmetic. <https://ieeexplore.ieee.org/document/30711> (дата обращения 18.02.2023).
8. Backus J.W., Beeber R.J., Best S., et al. The Fortran Automatic Coding System for the IBM 704. Programmer's reference manual. IBM Corporation, N. Y., October 15, 1956.
9. Пентковский В.М. Язык программирования Эль-76. Принципы построения языка и руководство к пользованию. 2-е изд. испр. и доп. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. 366 с. (Б-чка программиста).
10. Donovan, Алан А.А.; Керниган, Брайан. Язык программирования Go = The Go Programming Language. М.: Диалектика-Вильямс, 2020. 432 с.
11. ISO/IEC 23270:2018(E). Information technology. Programming languages. C#. Third edition, 2018.

## СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

**Владимир Анатольевич Китов**

*Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Российская Федерация,  
Kitov.VA@rea.ru*

**Аннотация** – Статья посвящена трём созданным в СССР алгоритмическим языкам программирования, получившим значительную известность в широких кругах советских разработчиков программного обеспечения: язык АЛГЭМ для ЭВМ серии «Минск», язык АНАЛИТИК для ЭВМ серии «МИР» и язык НОРМИН для ЕС ЭВМ.

**Ключевые слова** – ЭВМ серии «Минск», АЛГЭМ, экономическая информатика, АСУ, ЭВМ серии «МИР», АНАЛИТИК, медицинская кибернетика, НОРМИН.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

За весь период компьютерной эры в мире было разработано несколько тысяч алгоритмических языков программирования, подавляющее большинство из которых использовались весьма немногочисленными коллективами программистов. Лишь немногие алгоритмические языки, такие как Алгол, Фортран, ПЛ/1, Лисп массово использовались миллионами разработчиков программ из различных стран. Определённые успехи в создании алгоритмических языков программирования имелись и в нашей стране. Данная статья посвящена трём созданным в СССР алгоритмическим языкам, получившим значительную известность в широких кругах советских разработчиков программного обеспечения. Это алгоритмический язык программирования АЛГЭМ, созданный в середине 1960-х годов и массово использовавшийся при программировании задач экономики и управления на ЭВМ серии «Минск». В те же годы в киевском Институте кибернетики академии наук УССР для ЭВМ серии «МИР» был разработан язык АНАЛИТИК. В середине 1970-х годов для ЭВМ Единой Серии был разработан алгоритмический язык программирования НОРМИН, широко использовавшийся при создании прикладных программ в области медицины и здравоохранения, а также в других областях.

### II. АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ ЯЗЫК АЛГЭМ

Язык программирования высокого уровня АЛГЭМ [1-3] относится к классу процедурно-ориентированных языков. Название АЛГЭМ (Алгоритмы Экономические и Математические) было дано создателем языка А.И. Китовым для идентификации его целевого назначения: АЛГЭМ создавался, в первую очередь, для программирования экономических и управленческих задач. Известно, что решение задач экономики и управления сопряжено с использованием больших массивов данных. Одной из самых главных целей, сформулированных А.И. Китовым при создании АЛГЭМа, было создание языкового инструментария, содержащего развитые средства работы с большими информационными массивами всех основных структур данных.

Тремя предпосылками создания алгоритмического языка АЛГЭМ были:

1. Опыт, накопленный А.И. Китовым при создании под его научно-организационным руководством в ВЦ № 1 МО СССР системного ПО ЭВМ «М-100» и комплекса прикладного ПО обработки информации, поступающей с установленных на всей территории страны РЛС.
2. Полученный им в НИИ-5 МО СССР опыт создания больших системных программных комплексов реального времени для советской системы ПВО.
3. Разработанная им в самом начале 1960-х годов теория ассоциативного программирования [4].

Изначальное влияние на разработку алгоритмического языка АЛГЭМ оказали идеи, заложенные в языке Алгол-60. При этом следует подчеркнуть, что АЛГЭМ остаётся на 100% самостоятельным алгоритмическим языком, обладающим, по сравнению с Алголом-60, целым рядом принципиальных отличий, в частности, возможностью работы с информационными массивами и переменными нового вида. АЛГЭМ позволял работать не только с числовой информацией, но и с символьными данными, с которыми, как известно, работает подавляющее количество информационно-поисковых систем (ИПС) и АСУ. Важным нововведением АЛГЭМа стала возможность использования строчных переменных, содержащих любые символы – буквы, цифры или знаки, над которыми стало возможным производить различные логические и арифметические операции. Кроме того, была введена возможность использования и составных переменных, включающих как символьные, так и числовые данные. Эти переменные нового типа можно было объединять в строчные и в составные массивы, что важно при

решении как экономических задач, так и задач управления, имеющих, по большей части, нечисловой характер.

Принципиальное отличие АЛГЭМа от его предшественника, Алгол-60 состоит, прежде всего, в его явной практической ориентированности, нацеленности на разработку прикладного программного обеспечения (ПО) для решения задач из области экономики. Еще одним важным отличием АЛГЭМ от языка Алгол является наличие в нём средств ассоциативного программирования, позволяют динамически распределять оперативную память компьютера при решении задач информационного поиска. В АЛГЭМе были реализованы средства обработки списковых структур данных, аналогично тому, как это было сделано в языке Лисп. Следует заметить, что эти средства были реализованы в АЛГЭМ с существенным расширением – были добавлены новые списковые структуры, а также операторы их обработки. В языке Лисп эти операторы обеспечивали обработку лишь двух соседних членов линейных и цепных списков, в то время как в АЛГЭМе дополнительно были введены обобщенные списковые структуры: узловые и гнездовые списки.

В самом начале второй половины 1960-х годов командой программистов под руководством А.И. Китова, включавшей несколько его аспирантов (впоследствии кандидатов наук), был разработан и сдан в промышленную эксплуатацию транслятор с языка АЛГЭМ для ЭВМ серии «Минск» («Минск-22» и «Минск-32»). Возможности, базовые принципы создания, а также области применения языка АЛГЭМ А.И. Китов описал в своей монографии «Программирование информационно-логических задач» [1], изданной в 1967 году. В этой монографии А.И. Китов фактически изложил фундаментальные научно-практические результаты, полученные им за предыдущие 6-8 лет напряжённой работы в данном направлении. Свои дальнейшие научные результаты он описал в изданной в 1971 году монографии «Программирование экономических и управленческих задач» [3].



Рис. 1. Обложки книг А.И. Китова

Язык программирования АЛГЭМ отличали предельная простота использования, лёгкость освоения и высокая эффективность при создании программ обработки экономической информации. В тот период, когда в стране начиналось масштабное создание АСУ, язык АЛГЭМ стал весьма серьезным прорывом в области разработки и практического использования языков программирования высокого уровня [5, 6].

### III. АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ АНАЛИТИК

С середины 1960-х годов одним из ключевых направлений Института кибернетики АН УССР (ИК АН УССР) было создание ЭВМ для инженерных расчетов. ЭВМ «Промінь» (1963 г.) была первой, за ней последовали ЭВМ «МИР» (1965 г.), «МИР-1» (1968 г.), «МИР-2» (1969 г.) и «МИР-3» (1974 г.). Основным достоинством ЭВМ «МИР-2» был реализованный на аппаратном уровне алголоподобный машинный язык АНАЛИТИК, близкий к алгоритмическому языку высокого уровня, который был создан в ИК АН УССР под руководством В.М. Глушкова А.А. Летичевским, Ю.В. Благовещенским и А.А. Дородницыной. Эти ЭВМ имели экран с электронным пером; взаимодействие пользователя (инженера) с машиной велось в режиме диалога. Возможности языка АНАЛИТИК описаны, в частности, в [7, 8].

Несомненным достоинством языка является широкое использование общепринятой математической символики. АНАЛИТИК развивал концепцию встроенного языка программирования, позволяя

инженерам достаточно просто непосредственно формулировать задания с аналитическими преобразованиями формул, получать аналитические выражения для производных и интегралов. С помощью средств языка АНАЛИТИК возможно было в удобной, компактной форме реализовывать на вычислительной машине алгоритмы решения линейных и нелинейных уравнений, задач линейной алгебры, уравнений математической физики (методом разложения в ряды), нахождения экстремальных точек.

Наряду с арифметическими операциями в языке используются операции дифференцирования и интегрирования. При этом областью значения переменных, помимо чисел, может быть множество математических выражений (выражение является в АНАЛИТИКе основным видом преобразуемой информации). Помимо стандартных операций СРАВНИТЬ и ПРИМЕНИТЬ в языке АНАЛИТИК имеются дополнительные операции ДИФФЕРЕНЦИРОВАТЬ и ИНТЕГРИРОВАТЬ.

Использование в ЭВМ «МИР-2» экрана со световым пером, который помимо вывода выражений и графиков, позволяло программисту работать не только со всем выражением, но и с его частью. Из нескольких подчёркнутых световым пером частей можно было в режиме диалога формировать новое выражение.

АНАЛИТИК разрабатывался как входной язык для конкретной ЭВМ («МИР-2»). Изначальная ориентация ЭВМ «МИР-2» на использование языка АНАЛИТИК в качестве входного обусловила эффективность его использования при проведении инженерных расчётов. В отличие от других языков аналитических преобразований, для АНАЛИТИКа не требовалось разрабатывать специальный транслятор.



Рис. 2. ЭВМ «МИР-2», входным языком которой был АНАЛИТИК

Работы по развитию серии машин инженерных расчетов «МИР» получили своё завершение в 1974 году, когда была создана ЭВМ «МИР-3», которая в 20 раз превосходила по производительности «МИР-2». Входным языком «МИР-3» была серьёзно усовершенствованная версия языка АНАЛИТИК – алгоритмический язык программирования АНАЛИТИК-74.

#### IV. ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ НОРМИН

1970-е годы характеризуются активным развитием производства ЭВМ и стремительным возрастанием компьютеризации всех областей промышленного производства. А.И. Китов стал пионером создания в СССР компьютерных систем управления для непромышленной сферы – здравоохранения и медицины [9]. Свыше десяти лет, занимая разные должности в системе Министерства здравоохранения (зам. директора по научно-исследовательской работе Всесоюзного института медицинской и медико-технической информации, начальник отдела АСУ Всесоюзного научно-исследовательского института биологической физики 3-го ГУ Минздрава СССР), а также будучи Главным конструктором ОАСУ «Здравоохранение» и Главным конструктором АСУ 3-го ГУ Минздрава СССР, он осуществлял научные исследования по разработке и внедрению кибернетических методов решения медицинских задач. Результатом его деятельности стали компьютерные системы для медицины и здравоохранения различного назначения и уровней: больничные АСУ, комплекс унифицированных АСУ «Аптека», АСУ для медсанчастей, специализирующихся на лечении работников атомной промышленности и ракетной отрасли, ОАСУ «Здравоохранение», АСУ 3-го главного управления Министерства здравоохранения СССР и др.

Важнейшим научным достижением А.И. Китова в этот период стало создание алгоритмического языка программирования высокого уровня НОРМИН, который нашел широкое применение в организациях Министерства здравоохранения СССР для автоматизации решения различных медицинских задач. В частности, НОРМИН использовался в Клинической больнице № 6 3-го ГУ Минздрава СССР при создании ИПС по медикаментам и больничной АСУ<sup>1</sup>. При создании АСУ 3-го ГУ Минздрава СССР [10, 11] получили практическое внедрение разработанные А.И. Китовым на базе НОРМИНа методики поиска медицинских управленческих данных, организации их структур и автоматизированная обработка большого комплекса типовых медицинских запросов информации.

В алгоритмическом языке НОРМИН используются только простые предложения. Запрещено употребление деепричастных оборотов, вводных слов, идиоматических выражений и т.п. При этом допускается употребление причастных оборотов, при условии, что в одном предложении может быть только один причастный оборот, который должен быть выделен сначала двумя (или большим числом) запятыми и одной запятой в конце (или точкой с запятой). В конце каждого предложения должна стоять точка с запятой. Внутри причастного оборота не должно быть запятых. Количество запятых, стоящих перед причастным оборотом, всегда должно быть на две больше количества слов, стоящих между причастным оборотом и словом, к которому этот причастный оборот относится.

Известно, что важной информацией в автоматизированных системах поиска и накопления медицинских данных является описание различных используемых методик, целей и результатов работ, аннотаций и т. п. В целях повышения эффективности использования языка НОРМИН в разнообразных системах накопления и поиска фактографических данных обязательным условием является требование заполнения унифицированными (или стандартными) предложениями специальных бланков нормализованных форм документов (сокращённо НФД). В языке НОРМИН не допускается использование местоимений, а количественные числительные должны быть записаны только цифрами. Использование глаголов в возвратной форме (т.е. с окончаниями «ся» и «сь») возможно только настоящего и прошедшего времени, причём единственного и множественного числа. В НОРМИНе с помощью частицы «не» строится отрицательная форма глагола. С глаголами возможно использование наречий для указания степени или качества действий. Допускается использование наречий в начале предложений, но, в качестве отдельных модальных слов, за которыми обязательно надо ставить двосточие.

Например. *Необходимо: осуществление флюорографии...* Наречие может быть последним членом предложения для характеристики действия главного члена предложения. Например: *Использование хирургических методов лечения возможно...* Для характеристики одного действия, посредством однородных наречий они должны быть связаны посредством запятых или союзов. Например: *Выздоровление происходит медленно и поэтапно....* Превосходные и сравнительные формы наречий, прилагательных и причастий в языке НОРМИН строятся с использованием наречий «более», «менее», «наиболее» и «наименее». Отметим, что наречия «более» и «менее» с прилагательным или причастием используются только после существительных, стоящих в именительном падеже. Они должны использоваться с последующей словарной связкой «по сравнению с» (т.е. «с чем»). Наречия «наименее» и «наиболее», как правило, употребляются с последующей связкой «среди». Ряд наречий, выделенных в специальную таблицу «Смысловые связи языка НОРМИН», используются в качестве смысловых связей этого языка. Возможно использование всех падежей существительных единственного и множественного числа. Причём, существительные, которые не изменяются по падежам, используются в именительном или в родительном падежах. Если в каком-либо предложении кроме рассматриваемого, нет другого слова в именительном падеже, то это слово считается в именительном падеже. В противном случае это слово считается стоящим в родительном падеже. Прилагательные, причастия и порядковые числительные объединены в НОРМИНе в качестве общего понятия «Определение».

Естественно, в НОРМИНе была предусмотрена работа с числовой информацией. При задании десятичных дробей числа его целая часть отделяется от его дробной части стандартно, т.е. с помощью точки. Числовые значения каких-либо параметров записываются привычным для человека образом, т.е. с последующими единицами измерения. Например: *Электрическая лампочка мощностью 60 Вт...* Количественные числительные могут применяться с существительными, в которые входят единицы измерения. При этом следует соблюдать следующее правило «*Задаваемое число должно относиться только к ближайшему существительному, стоящему справа*». Например: *Медицинская бригада 5 человек...* При этом, нескольких количественных числительных могут задаваться без повторения единицы измерения, просто через запятую. Например: *Упаковки шприцов по 10, 20, 50 шт.* В системах

---

<sup>1</sup> Эта больница стала известной на всю страну, потому что была главным научно-практическим центром спасения жизней ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС.

автоматизированной обработки данных важнейшим является указание дат, характеризующих либо какие-либо действия, либо процессы, либо состояния. В НОРМИНе даты могут быть указаны либо цифрами, либо словами. Например: *Операция сделана 20 мая 1989 года...* При использовании краткого указания даты и момента времени каждая единица измерения времени должна быть выражена обязательно двумя цифрами и отделяться друг от друга наклонной чертой, т.е. в виде: *мин мин/час час/день день/мес мес/год год*. Несколько дат и моментов времени могут быть перечислены через запятую или союз. Например: *Сдача анализов 01/01/2020, 10/02/2020, 30/02/2020...* Используемые связки «с» и «до» служат для задания начального и конечного моментов времени. Например: *Замечено улучшение с 01/01/98/ до 10/02/98...*

В НОРМИНе включаемые в тезаурус слова и наименования понятий (словосочетания) имеют, как правило, указатели двух семантических категорий – общей и специальной, которые нужны для конкретизации смысла слов (без учёта омонимии) и для уточнения использования смысловых связей. В состав общих семантических категорий входят:

1. Объект (как материальные, так и нематериальные, в том числе одушевленные, объекты, математические объекты, объекты внешней среды и др.).
2. Действие (существительные, образованные от переходных глаголов, в том числе математические действия).
3. Параметр (характеристика, имеющая числовое значение).
4. Информация (в том числе теоретические понятия: вывод, метод, способ, вероятность, статья и др.).
5. Свойство (характеристика, не имеющая числового значения: непрерывность, независимость и др.).
6. Материал или вещество.
7. Процесс (существительные, образованные от непереходных глаголов).
8. Время.
9. Состояние (усталость, сон, отдых и др., т.е. существительные, не образованные от глаголов).

В состав специальных семантических категорий (основным назначением которых является является разделение омонимов) входят:

1. Объекты исследования, изучения, воздействия (организмы, популяции и др.).
2. Локализации (органы, ткани и др.).
3. Единицы измерения.
4. Проявления болезней и состояний или Морфология.
5. Химические препараты и медикаменты.
6. Болезни.
7. Оборудование, приборы или инструменты.
8. Процедуры и мероприятия.

В языке НОРМИН используется специальный «Список смысловых связей», в котором для каждой связи указано ее грамматическое представление (предлог или слово-связка, падеж, знак препинания). Металингвистические символы используются для компактной записи способов выражения смысловых связей. Например, | – *вертикальная черта для перечисления альтернативных вариантов*; < > – *угловые скобки для записи категорий слов, связываемых данной смысловой связью*. В языке НОРМИН важны функции и структура тезауруса (машинного словаря). При автоматической обработке текстов необходимо выделить каждое слово или устойчивое словосочетание исходного (входного) сообщения присвоением ему уникального числового кода. Необходимо также определить для этого слова соответствующую грамматическую информацию (род, падеж, число, часть речи и т.д.). Указанные операции выполняются компьютером с использованием заранее составленного тезауруса, точнее, той его части, которая называется текстовым словарем. В информационно-поисковых системах при поиске требуемых данных имеют место случаи, когда приходится иногда производить замену более общих понятий частными и наоборот. Иногда также приходится осуществлять обратные переходы от числовых кодов к текстовым представлениям слов. Эти операции производятся с использованием кодового иерархического словаря, являющегося также составной частью тезауруса.

Суть алгоритмического языка (системы) НОРМИН состоит в том, что он является входным и выходным языком для АФИЛС (автоматизированных фактографических информационно-логических систем). По сравнению с естественным языком в языке НОРМИН нормализация лексических и грамматических средств обеспечивает возможность значительно более точного и единообразного выражения содержания входных документов и более точного семантико-синтаксического анализа входных текстов (документов и запросов).

Существует два основных направления использования языка НОРМИН.

Первое – для библиографического (документального) поиска повышенной точности. В этом случае в качестве промежуточных результатов процедуры поиска выдаются развернутые аннотации отчетов, патентов, статей, историй болезни и других документов. Эти аннотации пишутся на НОРМИНе индексаторами или сразу же авторами. В информационно-поисковых системах они используются как ПОДы (поисковые образы документов) и как библиографические справки. Индексаторы пишут на НОРМИНе задания на поиск на основе запросов, которые заказчики сформулировали на обычном естественном языке. НОРМИН не предъявляет каких-либо особых требований к записи аннотаций документов (ПОДов). Требуется лишь, чтобы они информативно и сжато отражали главное содержание работы и ее основные аспекты. При подготовке аннотаций работ из одной и той же области желательно использовать однотипные обороты и терминологию.

Второе направление – применение самих АФИЛС (которые должны в этом случае создаваться для узких областей знаний) в качестве внешнего языка НОРМИН. В этом случае к общим средствам языка НОРМИН для каждой узкой области знаний должны добавляться конкретные правила построения унифицированных фактографических записей. При этом конкретные правила должны предельно четко описывать структуру записей (состав их пунктов и подпунктов) и структуру используемых в записях типовых предложений. Важно максимально облегчать работу индексаторов. Для этого информация должна указываться в соответствующей инструкции или высвечиваться на экране видеотерминала по соответствующим запросам индексаторов для их обучения или инструктирования. Существует специальная методика применения системы НОРМИН в качестве информационно-поисковой системы для работы с рефератами и тематическими картами НИР.

Самое первое описание алгоритмического языка программирования НОРМИН было дано А.И. Китовым в его статье «Нормализованный язык медицинской информации НОРМИН» [12]. В течение почти двух десятков лет коллектив, состоящий из учеников-аспирантов А.И. Китова, осуществлял под его научным руководством дальнейшее развитие языка в соответствии с меняющимися со временем потребностями. Большая работа была проделана для обеспечения взаимодействия со всеми ведущими системами управления базами данных (СУБД) того времени, был реализован удобный медицинским работникам режим диалогового взаимодействия с ЭВМ, был создан комплекс ПО, обеспечивающий использование режима межмашинного обмена медицинскими данными и другие возможности.

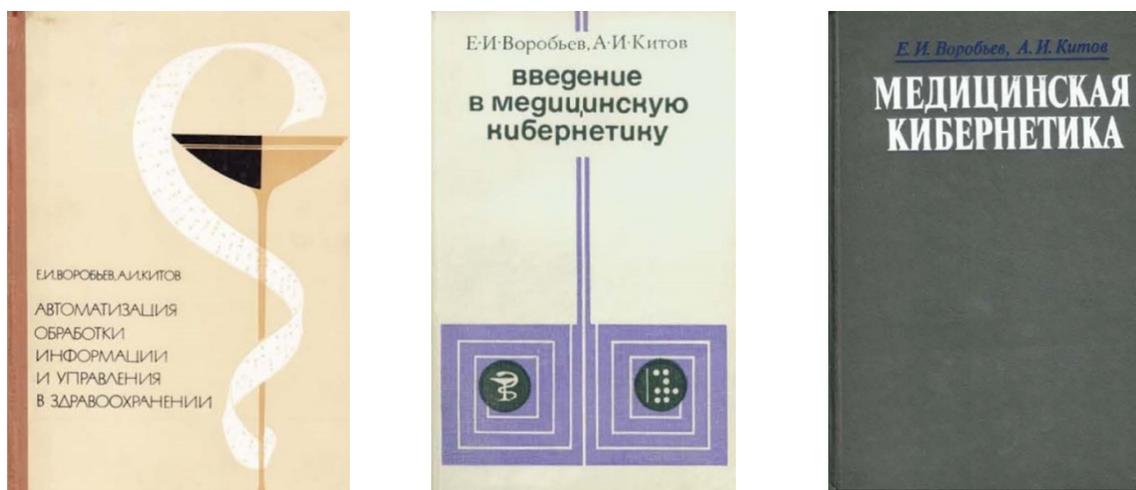


Рис. 3. Обложки книг А.И. Китова по медицинской кибернетике

<sup>2</sup> Они были написаны в соавторстве с начальником 3-го ГУ Минздрава СССР (в ранге заместителя министра) Е.И. Воробьевым.

<sup>3</sup> Особо следует подчеркнуть важную роль книги «Автоматизация обработки информации и управления в здравоохранении», в которой изложение проблем здравоохранения дано с точки зрения системного подхода. Сам термин «здравоохранение» появился впервые в Советском Союзе и уже после этого был воспринят другими странами. Развитие отрасли здравоохранения в масштабах всего государства требовало сбора, обработки, упорядочивания и хранения сверхбольших объемов учетно-лечебной информации, что влекло необходимость автоматизации решения всего громадного комплекса соответствующих задач.

Описания возможностей и технологии использования языка НОРМИН можно найти в работах А.И. Китова. Им были опубликованы три монографии : «Автоматизация обработки информации и управления в здравоохранении» , «Введение в медицинскую кибернетику» и «Медицинская кибернетика» [13-15] (рис. 3), и ряд статей по медицинской кибернетике, написанных в соавторстве с его аспирантами [16-20]. В них описаны назначение, структура и уникальные для своего времени возможности системы НОРМИН, в частности, по накоплению и поиску текстовой информации, представленной на формализованном русском языке. Наиболее подробное описание НОРМИН дано в [15].

Научно-практические результаты А.И. Китова в области медицинской кибернетики и информатики, и, в частности, в области разработки и использования алгоритмического языка НОРМИН заслужили признание как в СССР, так и в развитых зарубежных странах. Двенадцать лет А.И. Китов являлся официальным представителем от Советского Союза в техническом комитете № 4 ИФИП (ТС-4 IFIP – Technical committee of #4 International Federation for Information Processing), а также в Medical Informatics organization (MedINFO) и в International Medical Informatics Association (IMIA), в которой он имел статус «IMIA officer from the USSR». На всемирном конгрессе «МЕДИНФО-77», проходившем в 1977 г. в Торонто (Канада), А.И. Китов в качестве приглашённого спикера сделал пленарный доклад «Компьютеры, информатика и биомедицинские исследования», в котором, в частности, определённое внимание было уделено алгоритмическому языку НОРМИН.

И после выхода на пенсию, работая заведующим кафедрой «Вычислительная техника и программирование» в МИНХ (РЭУ) имени Г.В. Плеханова, А.И. Китов продолжал свою научную деятельность, совершенствуя методы компьютерной обработки текстов на естественном языке, осуществляя руководство аспирантами, в том числе и иностранными, в области совершенствования возможностей задуманной им системы программирования НОРМИН. В результате НОРМИН вышел за рамки языка для программирования медицинских задач и стал успешно применяться и в ряде других областей.

НОРМИН стал первым разработанным в СССР языком программирования, в котором для осуществления поиска требуемой информации использовался язык запросов на формализованном естественном языке. Для своего времени НОРМИН был выдающимся достижением в области алгоритмических языков.

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности Министерства науки и высшего образования РФ на тему «Модели, методы и алгоритмы искусственного интеллекта в задачах экономики для анализа и стилизации многомерных данных, прогнозирования временных рядов и проектирования рекомендательных систем», номер проекта FSSW-2023-0004.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Китов А.И. Программирование информационно-логических задач. М.: Сов. радио, 1967. 328 с.
2. Бородулина Н.Г. и др. Система автоматизации программирования АЛГЭМ. Под ред. А.И. Китова. М.: Статистика, 1970. 160 с.
3. Китов А.И. Программирование экономических и управленческих задач. М.: Сов. радио, 1971. 156 с.
4. Китов А.И. Программирование ассоциативное // Автоматизация производства и промышленная электроника. Т. 3. Серия «Энциклопедия современной техники». М.: Сов. энциклопедия, 1964. С. 98-101.
5. Сибиряков П.Г. Истоки алгоритмического языка АЛГЭМ и его место в творчестве А.И. Китова // Труды SoRuCom-2011. С. 263-265.
6. Kitov V., Shilov V., Silantiev S. Anatoly Kitov and ALGEM algorithmic language // AISB/IACAP World Congress. International Symposium on History and Philosophy of Programming (HAPOP 2012). Birmingham, England. 3 p.
7. Глушков В.М. и др. АНАЛИТИК (алгоритмический язык для описания вычислительных процессов с использованием аналитических преобразований) // Кибернетика. 1971. № 3. С. 102-134.
8. Гринченко Т.А. АНАЛИТИК // Энциклопедия кибернетики. Т. 1. Киев: Главная редакция Украинской Советской энциклопедии, 1974. С. 114-116.
9. Анатолий Иванович Китов. Под редакцией В.В. Шилова и В.А. Китова. М.: МАКС Пресс, 2020. 688 с.; 2-е изд., испр. и доп. М.: МАКС Пресс, 2021. 720 с.
10. Китов А.И. (Главный конструктор ОАСУ «Здравоохранение»). Технический и рабочий проекты ОАСУ «Здравоохранение». М.: 3-е Главное управление Министерства здравоохранения СССР, 1975. 102 с.
11. Китов А.И. (Главный конструктор АСУ 3-го ГУ). Техно-рабочий проект АСУ 3-го ГУ Минздрава СССР. М.: 3-е Главное управление Министерства здравоохранения СССР, Ин-т биофизики, 1978. 80 с.

12. Китов А.И., Будько Н.Н. и др. Нормализованный язык медицинской информации «НОРМИН» // Вопросы информационной теории и практики. № 33. М.: ВИНТИ, 1978. С. 64-77.
13. Воробьев Е.И., Китов А.И. Автоматизация обработки информации и управления в здравоохранении. М.: Советское радио, 1976. 272 с.
14. Воробьев Е.И., Китов А.И. Введение в медицинскую кибернетику. М.: Медицина, 1977. 288 с.
15. Воробьев Е.И., Китов А.И. Медицинская кибернетика. М.: Радио и связь, 1983. 240 с.
16. Китов А.И. Основные принципы построения документально-фактографической информационно-поисковой системы // Алгоритмы и организация решения экономических задач. Вып. 7. М.: Статистика, 1976. С. 14-25.
17. Китов А.И., Костюк В.В. Поиск документов, записанных 3У ЭВМ на естественном языке // Информационно-поисковые системы. 1975. Серия 2. Информационные процессы и системы. № 10. М.: ВИНТИ, НТИ. С. 25-28.
18. Китов А.И., Литвинова В.А., Дубинина Е.И., Таралова В.Н. Программная реализация информационно-поисковых систем на мини-ЭВМ типа СМ // Программирование. 1981. № 3. С. 65-76.
19. Китов А.И., Орлова Ю.Д. Реализация диалогового режима взаимодействия человека и ЭВМ с использованием нормализованного естественного языка // Программирование. 1982. № 5. С. 65-71.
20. Китов А.И., Романова Ю.Д., Обидный Г.В. Организация диалогового режима работы информационной системы НОРМИН с помощью мультитерминальной системы ОБЬ // Программирование. 1986. № 2. С. 64-69.

## ИДЕОЛОГ ЦИФРОВОГО ГОСУДАРСТВА В.М. ГЛУШКОВ

Ольга Викторовна Китова<sup>1</sup>, Владимир Анатольевич Китов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва, Российская Федерация, [olga.kitova@mail.ru](mailto:olga.kitova@mail.ru)  
<sup>2</sup> РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва, Российская Федерация, [Kitov.VA@rea.ru](mailto:Kitov.VA@rea.ru)

**Аннотация** – В докладе рассматривается научная биография выдающегося ученого в области топологической алгебры, кибернетики и информационных технологий академика РАН, вице-президента АН УССР Виктора Михайловича Глушкова, который прожил недолгую, но наполненную научными открытиями жизнь. Универсальный учёный, В.М. Глушков внес значительный вклад во все основные направления кибернетики и информатики. Его основополагающие труды заложили прочный фундамент для создания современного цифрового государства в Российской Федерации.

**Ключевые слова:** ОГАС, В.М. Глушков, компьютеры серии МИР, суперкомпьютер, АСУ, ОАСУ, теория цифровых автоматов, проектирование ЭВМ

### 1. ВВЕДЕНИЕ

24 августа 2023 года исполняется сто лет со дня рождения академика АН СССР, вице-президента АН УССР, доктора физико-математических наук Виктора Михайловича Глушкова, внесшего огромный вклад в становление и развитие информационных технологий в нашей стране. В.М. Глушков принадлежал к весьма небольшой группе универсальных ученых, который на заре развития кибернетики, информатики, информационных технологий и информационного общества занимался практически всеми основными направлениями научных исследований и практических разработок в этих областях, предвидя их развитие на десятилетия вперед.

Он внёс большой вклад в теорию цифровых автоматов, в теорию программирования, в компьютерную алгебру, в теорию проектирования ЭВМ, в создание новых компьютеров и их архитектур. В СССР он стал идеологом и одним из создателей индустрии АСУ, занимался разработкой автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), автоматизированных систем управления предприятиями (АСУП), отраслевых и республиканских автоматизированных систем управления (ОАСУ и РАСУ). Он первым в мире предложил целостное предложение ОГАС (Общегосударственная автоматизированная система сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством) – концепцию цифровой экономики и цифрового государства. В.М. Глушков много сделал для развития кибернетики – науки об общих закономерностях и методах управления и обработки информации в сложных системах, для развития информатики и искусственного интеллекта, был теоретиком развития информационного общества. Многие из его идей реализуются только сегодня, а некоторые идеи только ждут своей реализации.

В.М. Глушков создал самый большой в СССР в области информационных технологий научный коллектив в возглавляемом им Институте кибернетики АН УССР. Он руководил распределенными научными коллективами в рамках создания крупных проектов в масштабе страны, создал несколько научных школ, известных во всем мире. В своей работе В.М. Глушков опирался на прочный математический фундамент, поскольку начинал свою научную деятельность как талантливый алгебраист, решивший обобщенную пятую проблему Гильберта.

Кроме В.М. Глушкова, в СССР и в мире к упомянутой выше малой группе универсальных ученых следует отнести пионера кибернетики А.И. Китова, который создал первые в стране отдел ЭВМ и Вычислительный центр (ВЦ № 1 МО СССР), развивал военную, экономическую и медицинскую кибернетику, создавал новые компьютеры, занимался научными исследованиями в области АСУ, ОАСУ, информационно-поисковых систем и компьютерной обработки формализованных текстов на естественном языке, разработал два новых алгоритмических языка программирования АЛГЭМ и НОРМИН. Именно А.И. Китов первым в стране и в мире сформировал революционные предложения о применении компьютеров в управлении национальной экономикой и в 1959 году разработал и предложил Правительству СССР его проект «Красная книга», в котором развил свои идеи создания единой государственной сети вычислительных центров для решения задач национальной экономики и обороны в масштабах всего СССР – прообраз современной сети Интернет. В настоящей статье в весьма сжатой форме в хронологическом порядке рассматриваются основные научные достижения Виктора Михайловича Глушкова.

## II. СТРАНИЦЫ БИОГРАФИИ

Виктор Глушков родился 24 августа 1923 года в Ростове-на-Дону в семье горного инженера. Глушковы – старинный род донских казаков, отличившихся во многих войнах, которые вела Российская империя, в частности, один из его предков принимал участие в Отечественной войне 1812 года, был адъютантом атамана М.И. Платова и есаулом закончил войну в 1814 году в Париже, был награжден за многочисленные подвиги, получил дворянское звание. В 1948 году после одновременного окончания Новочеркасского индустриального института и Ростовского государственного университета В.М. Глушков по распределению был направлен на работу на Урал вместе с женой Валентиной Михайловной. Там он преподавал в Екатеринбургском лесотехническом институте и учился в аспирантуре, работая над кандидатской диссертацией в области топологической алгебры. После защиты кандидатской диссертации в 1951 году Глушков начал работать над решением обобщенной пятой проблемы Гильберта, над которой многие годы безуспешно бились ведущие алгебраисты мира. Данная задача стала предметом его докторской диссертации «Топологические локально-нильпотентные группы», которая была защищена в 1955 году в МГУ им. М.В. Ломоносова. Выдающиеся результаты, полученные в ходе работы над диссертацией, сразу же поставили Глушкова в один ряд с ведущими математиками мира. Вскоре Глушков получил сразу несколько предложений о работе. В итоге он принял предложение Бориса Владимировича Гнеденко – директора Института математики АН УССР, с которым он познакомился в Москве при подготовке докторской диссертации. Этот выбор предопределил дальнейшую карьеру Глушкова на поприще ЭВМ и прикладной математики. В августе 1956 года Виктор Глушков стал руководителем созданной С.А. Лебедевым Лаборатории вычислительной техники и математики Института математики АН УССР, в стенах которой была создана легендарная МЭСМ. В 1957 году Глушков возглавил созданный на базе Лаборатории вычислительной техники и математики Вычислительный центр АН УССР, имеющий права научно-исследовательской организации, а через пять лет стал директором Института кибернетики АН УССР, организованного на базе этого ВЦ. Под его руководством институт стал ведущим в СССР научно-исследовательским и проектно-конструкторским центром в области вычислительной техники и автоматизированных систем управления. В институте работало более пяти тысяч сотрудников.

## III. ВО ГЛАВЕ КРУПНЕЙШЕГО В СТРАНЕ В ОБЛАСТИ ИТ НАУЧНОГО ИНСТИТУТА

Важнейшим направлением работ В.М. Глушкова была теория цифровых автоматов – основа научного проектирования компьютеров. Он развил понятие автомата, введенное в 1956 году математиками Стивом Клини и Элиакимом Муром в сборнике «Автоматы». На семинаре по теории автоматов в институте обсуждались как общие вопросы применения понятия «автомат» в качестве математической абстракции структуры ЭВМ и процессов, происходящих внутри вычислительной машины, так и практические аспекты синтеза схем ЭВМ «Киев», которая проектировалась под научным руководством Глушкова. Это была очень интересная машина – ее система команд включала групповую операцию над адресами, позволяющую ускорить работу с абстрактными типами данных (подобные решения в языках программирования для западных компьютеров появились лишь почти десять лет спустя). Однако в серию эта ЭВМ не пошла, один ее экземпляр был установлен в ОИЯИ в Дубне, а другой долгое время работал в ВЦ АН УССР. Участники семинара Ю.В. Капитонова, А.А. Летичевский и другие составили в дальнейшем ядро школы Глушкова в области теории проектирования компьютеров, поставившей процесс проектирования ЭВМ на серьезный теоретический фундамент, что открыло принципиально новые возможности в технологии разработки компьютеров. Основной идеей, объединяющей работы по цифровым автоматам, была возможность использования алгебраического аппарата для представления таких объектов, как аппаратные компоненты ЭВМ, схемы и программы. Глушков построил необходимые математические средства и показал, как компоненты ЭВМ могут быть представлены через алгебраические выражения. Другая идея была связана с возможностью трансформации алгебраических выражений, которые отображали процессы работы инженеров и программистов над схемами ЭВМ и программами, что позволило находить адекватные модели компонентов ЭВМ и работать с ними в процессе проектирования и изготовления вычислительной системы.

В 1962 году вышла известная монография В.М. Глушкова «Синтез цифровых автоматов» [2], переведенная на английский язык и изданная в ряде стран, а в 1964 году за цикл работ по теории автоматов Глушков был удостоен Ленинской премии. В области теории программирования и систем алгоритмических алгебр Глушков сделал фундаментальный вклад в виде алгебры регулярных событий [3] – предвестницы, по сути, концепции структурного программирования, доказав фундаментальную теорему о регуляризации произвольного алгоритма (программы или микропрограммы). Совершенствование технологии разработки программ Глушков видел в развитии алгебры алгоритмических языков – техники эквивалентных преобразований выражений. В эту проблему он

вкладывал математический и даже философский смысл, рассматривая создание алгебры языка конкретной области знаний как необходимый этап ее математизации. Современные компьютеры уже невозможно разрабатывать без систем автоматизации проектно-конструкторских работ. На основе теоретических работ Глушкова в Институте кибернетики был создан язык для описания алгоритмов и структур ЭВМ и методика проектирования, которые были реализованы в системах «ПРОЕКТ»: «ПРОЕКТ-1», «ПРОЕКТ-ЕС», «ПРОЕКТ-МИМ» и «ПРОЕКТ-МВК», представлявших собой распределенные специализированные программно-технические комплексы со своей операционной системой и специализированной системой программирования. В рамках этих работ была создана новая технология проектирования сложных программ — метод формализованных технических заданий. Впоследствии системы «Проект» были переведены на ЕС ЭВМ, став прообразом САПР ЭВМ и САПР БИС, эксплуатируемых в ряде организаций СССР. В 1975 году выходит в свет монография, обобщающая опыт создания систем «ПРОЕКТ» [4]. За работу по автоматизации проектирования ЭВМ Глушков с коллегами в 1977 году были удостоены Государственной премии СССР. Теоретические разработки Глушкова нашли свое отражение в архитектурах вычислительных машин: в 1958 году была предложена идея создания универсальной управляющей машины «Днепр», а затем и ЭВМ «Киев» [5], с помощью которой, в том числе, выполнялись работы по удаленному управлению сложными технологическими процессами — выплавка стали в бессемеровском конвертере на металлургическом заводе в Днепродзержинске и колонная карбонизация на заводе по производству соды в Славянске. Важным направлением работ Глушкова было создание ЭВМ для инженерных расчетов — прототипы персональных компьютеров. Первой машиной этого класса стала ЭВМ «Промінь» (1963 год) [5] — компьютер со ступенчатым микропрограммным управлением, на которое позже Глушков получил авторское свидетельство. Далее последовали ЭВМ МИР-1 (1965 год), а также ЭВМ МИР-2 (1969 год) и ЭВМ МИР-3 [6], реализующие на аппаратном уровне алгоритмический язык «Аналитик», близкий к языку программирования высокого уровня. За работу над серией ЭВМ МИР коллектив во главе с Глушковым был отмечен Государственной премией СССР. В конце 1970-х годов Глушков предложил принцип макроконвейерной архитектуры ЭВМ со многими потоками команд и данных (по современной классификации — МІМD), как принцип реализации не фоннеймановской архитектуры и получил авторское свидетельство на данное изобретение. Разработка макроконвейерной ЭВМ была выполнена в Институте кибернетики С.Б. Погребинским (главный конструктор), В.С. Михалевичем, А.А. Летичевским и И.Н. Молчановым. В итоге появились суперкомпьютеры ЕС-2701 (1984 год) и ЕС-1766 (1987 год), которые были переданы в серийное производство на Пензенский завод ВЭМ. На тот период это были самые мощные в СССР вычислительные системы с номинальной производительностью, превышающей рубеж 1 млрд. операций в секунду. При этом в многопроцессорной системе обеспечивались почти линейный рост производительности при наращивании вычислительных ресурсов и динамическая реконфигурация. Эти системы не имели аналогов в мировой практике и стали оригинальным развитием серии ЕС ЭВМ в направлении суперкомпьютинга.

#### IV. ВО ГЛАВЕ ИНДУСТРИИ АСУ В СТРАНЕ

В.М. Глушков был идеологом и одним из главных создателей индустрии АСУ в СССР [7], в которой в 1980-е годы было занято около 800 тыс. человек. Прикладные разработки Глушкова и его школы охватывали широкий круг областей применения: автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП); системы автоматизации научных исследований и испытаний сложных промышленных объектов; автоматизированные системы организационного управления промышленными предприятиями (АСУП).

Разработка систем организационного управления предприятиями была начата в СССР с середины 1960-х годов. Сегодня такие системы называют ERP-системами. В 1967 году на львовском телевизионном заводе «Электрон» была сдана в эксплуатацию первая в СССР АСУП «Львов» для предприятий с массовым производством. В начале 1970-х годов были завершены работы над АСУ «Кунцево» для Кунцевского радиозавода, которую Глушков планировал положить в основу создания АСУП на предприятиях девятки оборонных министерств. Глушков был научным руководителем и консультантом крупных отраслевых АСУ (ОАСУ) Министерства радиопромышленности СССР (главный конструктор А.И. Китов), которая была признана Правительством СССР в качестве типовой для всех девяти оборонных министерств СССР, Министерства приборостроения СССР, Министерства оборонной промышленности СССР, а также АСУ «Москва», АСУ «Олимпиада-1980», АСУ Вооруженных сил и др. Он был научным руководителем межведомственного комитета и Совета директоров головных институтов оборонных отраслей по управлению, экономике и информатике. В 1962 году В.М. Глушков изложил свои идеи в области автоматизации промышленного производства А. Н. Косыгину, заместителю Председателя Совета Министров СССР. Тогда же он приступил к анализу предложений по созданию общегосударственной автоматизированной системы сбора и обработки информации для учета,

планирования и управления народным хозяйством, которая тогда называлась ЕГСВЦ (Единая государственная сеть вычислительных центров), а после 1970-го года получившая название ОГАС (см. книгу Глушкова [7]). В предэскизном проекте ЕГСВЦ, разработанном межведомственной комиссией под председательством В.М. Глушкова в 1964 году, обосновывалось создание компьютерной сети из примерно сотни крупных ВЦ в промышленных городах и экономических районах, объединенных широкополосными каналами связи с коммутацией сообщений и связанных с 20 тысячами ВЦ предприятий и организаций. Предусматривались создание распределенного банка данных и разработка системы математических моделей управления экономикой. ОГАС должна была стать единой системой сбора отчетной информации, планирования и управления народным хозяйством, основанной на принципах программно-целевого управления. Техническую основу ОГАС, по мнению В.М. Глушкова, изложенному им в 1972 году в его книге [8] должна была составить Государственная сеть вычислительных центров (ГСВЦ). Центральным звеном ОГАС должна была стать автоматизированная система плановых расчетов (АСПР) для разработки и корректировки перспективных, долгосрочных, среднесрочных (пятилетних) и текущих (годовых) планов, реализующая принципы стратегического планирования, программно-целевого управления и межотраслевого баланса с использованием сценарного моделирования. Прототипом АСПР была диалоговая система плановых расчетов ДИСПЛАН, созданная командой В.М. Глушкова и внедренная в рамках республиканской АСУ в УССР. Эта система позволяла производить быструю корректировку и оптимизацию межотраслевых балансов, соединяла балансовые методы с методами программно-целевого управления. Виктор Михайлович Глушков был признанным в мире авторитетом в области кибернетики. Глушков впервые в мире сформулировал идеи информационного общества, описав математический аппарат и комплекс задач, относящихся к проблемам информатизации всех сторон жизни и перехода к информационному обществу. В.М. Глушков выступал с новыми идеями построения систем искусственного интеллекта: «глаз-рука», «читающий автомат», «самоорганизующаяся система» и системы автоматизации математических доказательств. Он работал над компьютерными системами имитационного моделирования таких процессов интеллектуальной деятельности, как принятие решений, отображение состояния и ситуаций в экономических, технических, биологических и медицинских системах.

#### V. СВОЁ МЕСТО В ИСТОРИИ

В.М. Глушков был не только выдающимся ученым, но и крупным организатором науки, педагогом и общественным деятелем – руководил самым большим в стране Институтом кибернетики; был вице-президентом АН УССР; председателем Межведомственного научного совета по внедрению вычислительной техники и экономико-математических методов в народное хозяйство СССР при Государственном комитете Совета Министров СССР по науке и технике, принимая активное участие в планировании и управлении научно-техническим прогрессом в стране. В 1960-е годы Глушков был советником Генерального секретаря ООН по кибернетике и вычислительной технике и их использованию в развивающихся странах. В.М. Глушков был идеологом и одним из основных создателей индустрии АСУ в СССР, научным руководителем и консультантом многих крупных проектов автоматизации в СССР, а также в Болгарии и в ГДР. Он был талантливым педагогом – в 1957 году начал работать профессором в Киевском государственном университете им. Т.Г. Шевченко, в котором с 1966 года заведовал кафедрой теоретической кибернетики и был одним из организаторов факультета кибернетики; создал кафедру и киевский филиал Московского физико-технического института, преподавал в МФТИ. Лекции Глушкова с огромным интересом слушали сотни человек. За большой вклад в развитие науки и техники и применении этих достижений в народном хозяйстве Глушков удостоен звания Героя Социалистического труда, награжден тремя орденами Ленина, орденом Октябрьской революции и другими наградами. Удостоен Ленинской и двух Государственных премий СССР, премии Совета Министров СССР и др. Международная организация IEEE Computer Society в 1996 году посмертно удостоила В.М. Глушкова медали «Computer Pioneer» с надписью на ней «Digital Automation of Computer Architecture». Виктор Михайлович Глушков был обаятельным, веселым, общительным и энциклопедически образованным человеком, свободно владел английским и немецким языками, прекрасно знал и любил русскую и зарубежную поэзию, классическую и народную музыку, философию, физику, химию, астрономию.

#### VII. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В.М. Глушков как мыслитель отличался широтой и глубиной научного видения, своими работами он предвосхитил то, что сейчас только появляется в современном информационном обществе. Его имя заслуженно стоит в одном ряду с именами ведущих мировых учёных в области разработки компьютерной техники и информационных технологий. Он воспитал целую плеяду учеников и

последователей, которые с успехом продолжили его дело. Многие идеи В.М. Глушкова еще ждут своей реализации.

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Данное исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности Министерства науки и высшего образования РФ на тему «Модели, методы и алгоритмы искусственного интеллекта в задачах экономики для анализа и стилизации многомерных данных, прогнозирования временных рядов и проектирования рекомендательных систем», номер проекта FSSW-2023-0004.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малиновский Б.Н. Академик В.М. Глушков. Страницы жизни и творчества. Киев: Кит, 2003. 142 с.
2. Глушков В.М. Синтез цифровых автоматов. М.: ФИЗМАТГИЗ, 1962. 476 с.
3. Глушков В.М., Цейтлин Г.Е., Ющенко Е.Л. Алгебра, языки, программирование. Киев: Наукова думка, 1978. 328 с.
4. Глушков В.М., Капитонова Ю.В., Летичевский А.А. Автоматизация проектирования вычислительных машин. Киев: Наукова думка, 1975. 231 с.
5. Малиновский Б.Н. История вычислительной техники в лицах. Киев: КИТ, 1995. 382 с.
6. Умный МИР. Computerworld Россия, № 4, 2000: <https://www.osp.ru/cw/2000/04/2871>
7. Глушков В.М. Введение в АСУ. Киев: Техника, 1972. 308 с.
8. Глушков В.М. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС. М.: Статистика, 1975. 160 с.
9. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. Наука, М., 1982. 552 с.
10. Глушков В.М. Введение в кибернетику. Киев: Издательство АН УССР, 1964. 324 с.

## К ИСТОРИИ ИТМиВТ АН СССР: ЛАВРЕНТЬЕВ VS БРУЕВИЧ (1948-1953)

**Ирина Александровна Крайнева**

*Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск, Российская Федерация,  
Krayneva55@gmail.com*

**Аннотация** – В статье представлены два документа из Российского государственного архива социально-политической истории (РГАСПИ), характеризующие непростой путь, который прошел коллектив Института точной математики и вычислительной техники АН СССР (ИТМиВТ) в период его становления.

**Ключевые слова** – ИТМиВТ, Н.Г. Бруевич, М.А. Лаврентьев, ЭВМ, кампания по борьбе с космополитизмом.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

История создания отечественной вычислительной техники, людей и организаций, причастных этому научно-техническому прорыву, имеет солидную историографию [1]. Возникает впечатление, что исследование завершено, и все точки над «и» расставлены. Однако знакомство с архивными документами, в частности с документами ИТМиВТ АН СССР, показывает, что о завершении истории говорить рано. Порой исследования опирались не на документы, а на воспоминания участников событий; свидетельства приводятся без ссылок на источник [2]. Назначение академика М.А. Лаврентьева директором ИТМ в 1950 г. трактовалось как «неожиданное» [3]. Слабо учтены некоторые факторы, внешние по отношению к науке, но оказавшие существенное влияние на ее развитие. Один из них – идеологическая кампания по борьбе с космополитизмом второй половины 1940-х – начала 1950-х с ее многоцелевым характером [4, 5]. К этому сюжету практически вплотную подошел С.П. Прохоров, но он малообоснованно связал судьбу первого директора ИТМиВТ Н.Г. Бруевича с «Ленинградским делом» 1950 г. [6].

Документы показывают влияние кампании по борьбе с космополитизмом и низкопоклонством перед Западом (1947-1953) на формирование коллектива и деятельность ИТМиВТ АН СССР. Одним из важных направлений научно-технического развития тогда стало создание новейших образцов вычислительной техники, в том числе электронно-вычислительных машин (ЭВМ), для чего в 1948 г. и был создан специальный институт под руководством генерала-лейтенанта инженерной службы академика Н.Г. Бруевича. Отдавая приоритет созданию аналоговых машин, Н.Г. Бруевич не спешил приступать к разработке цифровой. Это стало одной из причин недовольства им в руководстве Академией и в Правительстве. Как свидетельствуют документы, проверка работы ИТМиВТ была инициирована министром госбезопасности Абакумовым.<sup>1</sup> Претензии органов госбезопасности по поводу «засоренности кадров института» и подозрение в сборе секретных данных стали дополнительной подоплекой снятия Бруевича с позиции директора. Как было ими установлено, в ИТМиВТ работал ряд лиц с «сомнительными» биографиями.<sup>2</sup> Частично это были сотрудники еврейской национальности, некоторым пришлось покинуть институт. По счастью для этого времени, они не пострадали физически, но понесли моральный и материальный урон, покинув Москву. Не пострадал и сам Н.Г. Бруевич, которого пытались

<sup>1</sup> Абакумов Виктор Семенович (1898-1954) – советский государственный деятель, генерал-полковник, министр государственной безопасности СССР (1946-1951). С 1946 по 1951 годы входил в секретную комиссию Политбюро ЦК ВКП(б) по судебным делам. В июне 1951 г. арестован по обвинению в государственной измене, сионистском заговоре в МГБ, в попытках воспрепятствовать разработке «Дела врачей».

<sup>2</sup> Ранее стала доступна Докладная записка Агитпропа ЦК М.А. Сулову «О подборе и расстановке кадров в Академии наук» 23.10.1950 (<http://www.ihst.ru/projects/sohist/books/cosmopolit/238.htm>), в которой повторялись имена сотрудников ИТМиВТ с некоторыми «компрометирующими» подробностями биографий: «... заместитель директора института доктор технических наук Кобринский Н.Е., еврей, из торговцев, в 1933–1939 гг. был связан с рядом немецких специалистов, подозревавшихся в шпионаже в пользу Италии; заведующий отделом приближенных вычислений член-корреспондент АН СССР Люстерник Л.А., еврей, б/п., в прошлом анархист, в 1939-1940 гг. высказывал антисоветские настроения; заведующий экспериментально-счетной лабораторией Акушский И.Я., еврей, из семьи раввина. Отец жены – Дербер являлся одним из руководителей эсеровской организации в Сибири, в 1938 г. был приговорен к ВМН как шпион японской и французской разведок...».

обвинить в неконтролируемой работе с военными<sup>3</sup>. М.А. Лаврентьев, который в Украине поддерживал С.А. Лебедева, создателя одной из первых советских ЭВМ, воспользовался ситуацией. При поддержке М.В. Келдыша, главного вычислителя Советского атомного проекта, он стал директором ИТМиВТ, а затем передал институт С.А. Лебедеву [7].

Известно, что разработчики ЭВМ из ИТМиВТ впоследствии столкнулись с жесткой конкуренцией со стороны Министерства машиностроения и приборостроения СССР [8], и им пришлось задержать выход в свет ЭВМ БЭСМ с запланированной мощностью. Таким образом создание первых советских ЭВМ проходило не только в жесткой конкурентной борьбе между Академией наук и профильным министерством. Внутри Академии оно было осложнено политико-идеологическими кампаниями, вызванными стремлением властей взять под строгий контроль жизнь в СССР в послевоенный период. В условиях идеологического давления одни боролись за выживание, а другие считали, видимо, что в борьбе за благую цель хороши все средства. Новые документы позволили ответить на волновавшие нас вопросы, в частности, прояснить не только институциональные, но и персональные истории, связанные с научно-техническим направлением по созданию ЭВМ. Документы публикуются впервые, они снабжены комментариями.

II. ДОКУМЕНТ 1 (РГАСПИ. Ф. 17. Оп. 118. Д. 758. Лл. 29-32)

АКАДЕМИЯ НАУК  
СОЮЗА СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

Москва, Б. Калужская, 14  
Коммутатор: В 2-00-00  
Канцелярия Президиума:  
В 2-49-83

18/19 ноября 1949 г.  
№ УК-1302 сс (оп)

(архивная нумерация) Л. 29

СЕКРЕТАРЮ ЦК ВКП/б/

Товарищу Г.М. МАЛЕНКОВУ

Докладываем Вам, что в связи с задержкой выполнения Институтом точной механики и вычислительной техники Академии Наук СССР правительственных заданий и поступивших сигналов о неудовлетворительном подборе руководящих научных работников института, Отделением технических наук было проведено обследование его деятельности. Комиссия проводила свою работу с 10 мая по 15 июня 1949 года.

В состав ее входили члены ВКП/б/ академик М.В. Келдыш (Математический институт им. В.А. Стеклова АН СССР), член-корреспондент АН СССР А.А. Ильюшин (Институт механики АН СССР), член-корреспондент АН СССР И.А. Одинг (Институт машиноведения СН СССР), доктор физико-математических наук Д.Ю. Панов (1 Моск. Гос. Университет им. М.В. Ломоносова) и кандидат технических наук Ф.Ф. Богданов (инспектор Управления кадров АН СССР). Комиссия, в результате обследования, выявила, наряду с некоторыми достижениями, крупные недостатки в руководстве институтом, в направлении исследований и подборе кадров. Материалы и выводы комиссии были представлены в Бюро отделения технических наук АН СССР и обсуждены на заседании бюро 6 июля с.г. с участием ученых, математиков и механиков, работающих в этой области и представителей Министерства машиностроения и приборостроения СССР. Бюро отделения технических наук в своем решении подтвердило выводы комиссии и предложило и.о. директора института академику Н.Г. Бруевичу провести ряд мероприятий, направленных на коренное улучшение работы института. Протокол решения комиссии прилагается<sup>4</sup>.

Несмотря на продолжительное время, прошедшее после решения Бюро отделения технических наук, в работе и подборе кадров нет серьезных сдвигов в сторону улучшения.

Л. 30

Институт точной механики и вычислительной техники, организованный по постановлению Совета Министров СССР в июне 1948 г. на базе Отдела точной механики Института машиноведения, Отдела приближенных вычислений Математического института и лаборатории электро моделирования

<sup>3</sup> Публикуемый ниже документ 2. РГАСПИ. Ф. 17. Оп. 118. Д. 758. Л. 22-23.

<sup>4</sup> Выписка из протокола № 25 заседания Бюро ОТН АН СССР от 06.07.1949. РГАСПИ. Ф. 17. Оп. 118. Д. 758. Лл. 33-35.

Энергетического института, призван обеспечить развитие проблем вычислительной техники на основе современных математических машин.

Перечисленные отделы и лаборатории были переданы в институт с оборудованием, а Министерство машиностроения и приборостроения СССР выделило площадь на Госчасовом заводе для размещения лабораторий института.

Институт за сравнительно короткий срок освоил предоставленное помещение. Также значительно продвинулось строительство здания института. В настоящее время кладка в основном закончена и в ближайшее время будет приступлено к сооружению крыши и монтажа отопления. Из научно-исследовательских работ необходимо отметить работы института по применению бесконтактных реле к импульсным счетно-аналитическим машинам, которые продвинуты в части создания первичных элементов и представляют перспективное направление в развитии счетно-аналитических машин. В институте создана работоспособная машиносчетная станция, имеющая хороший подбор трофейных и существующих отечественных счетно-аналитических машин и способная по своему техническому состоянию выполнять серьезные задания.

Вместе с тем институт концентрирует свои силы на научных вопросах второстепенного значения для народного хозяйства (механические интеграторы, вопросы точности механизмов), планирует их выполнение в течение примерно 4-5 лет, и уклонялся до недавнего времени от разработки электронной счетной машины, без которой сильно затрудняется проведение огромных вычислительных работ, связанных с развитием новейшей техники.

Заграницей (так в документе – *И.К.*) такие машины являются основной базой при проведении вычислительных работ по проблемам атомной энергии и реактивной техники.

Основной причиной уклонения руководства упомянутого института от создания такой машины было то, что институт не располагает научными кадрами необходимых специалистов.

Л. 31.

Так, например, и.о. зам. директора института доктор технических наук Н.Е. Кобринский<sup>5</sup> не является специалистом в области вычислительной техники. Все его научные работы относятся к теории машин и механизмов.

Зав. экспериментально-счетной лабораторией Акушский И.Я.<sup>6</sup> является кандидатом физико-математических наук. Его немногочисленные работы охватывают узкий круг математических задач.

Руководство института подбирает руководящих работников не по деловым и политическим признакам, а основывается на личных связях.

Бюро Отделения технических наук АН СССР по докладу академика М.В. Келдыша и содокладу и.о. директора института академика Н.Г. Бруевича вынесло решение в июле 1949 г., в котором указывалось на необходимость создания в институте специального отдела электронных счетно-аналитических машин, для руководства которым пригласить высококвалифицированных специалистов.<sup>7</sup> Там же указывалось на необходимость замены некоторых руководителей отделов и лабораторий, неудовлетворяющих по своей

---

<sup>5</sup> Кобринский Натан Ефимович (1910-1985) – после увольнения из ИТМиВТ преподавал теорию машин и механизмов в Пензенском индустриальном институте вместе с Б.А. Трахтенбротом (который был вынужден покинуть Киев, практически в то же время), в соавторстве с ним написана монография «Введение в теорию конечных автоматов» (М.: Физматгиз, 1962; английский перевод 1965, немецкий и чешский переводы 1967). В 1959 вернулся в Москву, зав. кафедрой электронно-вычислительной техники в Московский инженерно-экономический институт (ныне Государственный университет управления), преподавал на кафедре экономической кибернетики. Заместитель начальника Главного вычислительного центра Госплана СССР, осенью 1963 года руководил первой рабочей комиссией по разработке концепции Единой государственной сети вычислительных центров (ЕГСВЦ).

<sup>6</sup> Акушский Израиль Яковлевич (1911-1992) – математик, ученик Л.А. Люстерника, с 1939 г. руководил группой, которая рассчитывала таблицы стрельб для артиллерийских орудий, навигационные таблицы для военной авиации, таблицы для радиолокационных систем ВМФ и др. В 1941-1945 гг. начальник ВЦ генштаба ВВС, организатор системы расчета штурманских таблиц. В 1951-1953 главный инженер проекта Государственного института «Стальпроект» Министерства черной металлургии СССР, в 1953-1956 зав. лабораторией машинной и вычислительной математики при президиуме АН КазССР, занимал ряд постов руководителя среднего звена, в 1969-1974 и.о. заместителя директора по научной работе Специализированного вычислительного центра. В 1966-1974 гг. зав. кафедрой вычислительной математики, которую организовал в МИЭТ.

<sup>7</sup> 2 сентября 1949 г. в ИТМиВТ был издан приказ о создании группы для проведения предварительных работ по быстродействующим цифровым математическим машинам в составе: к.т.н. М.Л. Быховского, к.ф.-м.н. В.И. Шестакова, инженера К.С. Неслуховского, м.н.с. П.П. Головистикова. Временное руководство группой возложено было на М.Л. Быховского [8, с. 125].

квалификации, занимаемым должностям (Н.Е. Кобринский, И.Я. Акушский), путем привлечения в институт крупных специалистов в области математики, механики и электроники.

Однако, в этом отношении руководством института ничего не сделано. Это тормозит выполнение весьма нужных для страны научно-исследовательских работ и мешает развитию института несмотря на весьма большую помощь, оказываемую институту Министерством машиностроения и приборостроения.

Так, из 35 научных сотрудников института (считая и руководителей отделов) имеется всего 3 старших научных сотрудника и 27 младших научных сотрудников. Крайне малое число старших научных сотрудников не позволяет широко развернуть научные исследования в институте<sup>8</sup>.

Несмотря на указания Президиума и Бюро Отделения технических наук руководство института не принимает мер по привлечению к работе института крупных специалистов, работающих в области вычислительной техники и математики, которые изъявили желание работать в институте (академик М.А. Лаврентьев, действительный член АН УССР С.А. Лебедев, доктор

Л. 32

физико-математических наук профессор Краснушкин (МГУ), доктор математических наук П.С. Новиков (Институт математики АН СССР).

Докладывая Вам о состоянии работы и подбора кадров в Институте точной механики и вычислительной техники, просим рассмотреть вопрос о возможности назначения директором упомянутого института академика М.А. Лаврентьева.

Академик М.А. Лаврентьев – доктор математических и технических наук, действительный член Академии Наук УССР и Академии Артиллерийских наук. За свои научные работы, по теории струй и работы по приложениям гидродинамики, дважды удостоен Сталинской премии первой степени. Он является крупнейшим специалистом в области теории функций и ее разнообразных приложений, а также в механике.

В последние годы он руководил проведением большого количества вычислений, работая в контакте с рядом отраслевых институтов оборонного характера.

ПРЕЗИДЕНТ Академии Наук СССР академик (подпись от руки) (С.И. Вавилов)

Главный ученый секретарь

Президиума Академии Наук СССР академик (подпись от руки) (А.В. Топчиев)

III. ДОКУМЕНТ 2 (РГАСПИ. Ф. 17. Оп. 118. Д. 758. Лл. 22-24)

(архивная нумерация) Л. 22.

СЕКРЕТАРЮ ЦК ВКП(б) тов. МАЛЕНКОВУ Г.М.

В соответствии с постановлением Секретариата ЦК ВКП(б) по записке т. Абакумова о неудовлетворительной работе Института точной механики и вычислительной техники АН СССР президиум Академии наук СССР представил на Ваше имя докладную записку по этому вопросу.<sup>9</sup>

Проведенная по поручению президиума Академии наук проверка работы Института точной механики и вычислительной техники вскрыла крупные недостатки в руководстве институтом, направлении его научной деятельности и подборе кадров. Институт концентрирует свои силы на решении задач второстепенного значения (механические интеграторы, вопросы точности механизмов), причем планирует их выполнение на 4-5 лет, не разрабатывает важных народнохозяйственных задач, связанных с развитием новейшей вычислительной техники (разработка электронных счетных машин).

Институт не располагает необходимыми научными кадрами. Из 35 научных сотрудников института, включая и руководителей отделов, 27 человек являются младшими научными сотрудниками и только 3 человека имеют звание старшего научного сотрудника. Руководство института не принимает должных мер к укреплению института квалифицированными научными кадрами, подбирает руководящих работников института не по деловым и политическим качествам, а, основываясь на личных знакомствах. В результате этого в институте работает ряд лиц, на которых имеются серьезные компрометирующие

<sup>8</sup> Согласно отчету о наполнении ИТМиВТ выпускниками вузов, в 1951 г. сюда было направлено 17 молодых специалистов с высшим образованием. Один был направлен в аспирантуру, остальные зачислены в штат: 10 на должности старших инженеров, 5 инженеров-конструкторов, один – младшим научным сотрудником [РГАСПИ. Ф.17. Оп. 133. Д. 168. Лл.185-186]. Quod licet Jovi, non licet bovi!

<sup>9</sup> На письмо Абакумова, которое предположительно относится к концу 1948 – началу 1949 г., есть ссылка и в письме главного ученого секретаря президиума АН СССР А.В. Топчиева секретарю ЦК ВКП (б) Г.М. Маленкову от 05.02.1950 [РГАСПИ. Ф.17. Оп. 118 Д. 758. Л. 27]. Авторы указывают на справедливость критики Абакумовой работы ИТМиВТ и его и.о. директора Н.Г. Бруевича.

материалы (Кобринский, Акушский, Бирюкова, Герлах, Неслуховский<sup>10</sup> и другие). Несмотря на указания президиума Академии наук, руководство института не привлекает к работе в институте крупных ученых и специалистов в области вычислительной техники и математики.

В институте практикуются частные подряды на вычислительные работы (лаборатория Гутенмахера<sup>11</sup>), в результате чего в институт стекается в виде технических условий и других сведений информация из различных военных учреждений о советской бомбардировочной

Л. 23.

авиации, бомбардировочных прицелах и их точности, типах бомб, ракетах дальнего действия и т.п. Руководство института, под видом оказания технической помощи некоторым промышленным министерствам, в выполнении опытных работ по бесконтактным системам автоматики и телемеханики, установило связь с большим числом других организаций и учреждений, ведущих совершенно секретную работу<sup>12</sup>.

Отдел пропаганды считает, что перечисленные выше недостатки в работе Института точной механики и вычислительной техники явились следствием того, что президиум Академии наук совершенно не контролировал деятельность и.о. директора института акад. Бруевича Н.Г.

Акад. Бруевич не направил коллектив института на создание наиболее современных вычислительных машин (типа электронных преобразователей), ограничиваясь разработкой уже устаревших счетно-решающих контактных механизмов. Как сообщает сам акад. Бруевич в письме на Ваше имя<sup>13</sup>, изучение электронных цифровых математических машин было начато в институте только в 1949 году, причем до настоящего времени построены только макеты основных элементов этих машин.

В связи с тем, что акад. Бруевич не сможет в дальнейшем обеспечить необходимое научное руководство институтом, а также учитывая, что акад. Бруевич как и.о. директора, засорил научные кадры института политически сомнительными лицами, президиум Академии наук внес предложение освободить акад. Бруевича от работы в институте. Президиум Академии наук предлагает также освободить от работы в институте и.о. зам. директора Кобринского, зав. отделом Люстерника, и.о. зав. лабораторией Акушского, и.о. ученого секретаря Шахсуарова.

Президиум Академии наук просит рассмотреть вопрос о возможности назначения директором Института точной механики и вычислительной техники академика Лаврентьева М.А.

Л. 24.

Академик Лаврентьев 1900 года рождения, русский, беспартийный, действительный член Украинской Академии наук, зав. отделом Математического института им. Стеклова Академии наук СССР. Ему принадлежит около 80 научных работ в области теории функций комплексного переменного и гидромеханики. Теоретические работы академика Лаврентьева имеют важное значение для решения дифференциальных уравнений, задач газовой динамики, теории струй и т.п.

Академик Лаврентьев имеет опыт научно-организационной работы. В течение 15 лет заведует отделом Математического института им. Стеклова А.Н. и в продолжении последних трех лет был вице-президентом Украинской Академии наук. В настоящее время Совет Министров СССР поручил академику Лаврентьеву руководство по созданию электронной вычислительной машины<sup>14</sup>.

Научные заслуги академика Лаврентьева были высоко отмечены правительством, наградившим его двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом Отечественной войны II степени и присвоившим ему дважды звание лауреата Сталинской премии I степени. Академик Лаврентьев депутат Верховного Совета Украинской ССР.

Отдел пропаганды поддерживает предложение президиума Академии наук об утверждении академика Лаврентьева М.А. директором Института точной механики и вычислительной техники Академии наук СССР. Академик Лаврентьев дал согласие работать директором указанного института.

<sup>10</sup> Неслуховский Кирилл Сергеевич – сын Сергея Константиновича Неслуховского (1893-1973), одного из инициаторов механизации статистики, сотрудника ЦСУ. Происходил их дворян польских корней, а его отец был генерал-майором царской армии [9].

<sup>11</sup> Гутенмахер Лев Израилевич (1908-1981) – математик, кибернетик, специалист в области электрического моделирования, один из пионеров развития электронно-вычислительной технологии в СССР. Доктор технических наук (1940). В 1948-1956 гг. возглавлял лабораторию электро моделирования в ИТМиВТ, которая в 1957 г. вошла в состав Всесоюзного института научной и технической информации АН СССР (ВИНИТИ), а в 1962 г. – в состав Всесоюзного научно-исследовательского института природных газов (ныне ООО «Газпром ВНИИГАЗ»).

<sup>12</sup> Гутенмахер, как и Бруевич, занимались проблематикой бомбометания в годы войны, а в условиях нарождающихся реалий холодной войны, очевидно, продолжали сотрудничество с военными на условиях подряда.

<sup>13</sup> Письмо. Бруевич Н.Г. – Маленков Г.М. 14.01.1950. РГАСПИ. Ф.17. Оп. 118 Д. 758. Лл. 36-38.

<sup>14</sup> На данный момент соответствующий документ нам не известен.

Академик Бруевич Н.Г., исполняющий ныне обязанности директора института, решением ЦК ВКП(б) не утверждался.

Проект постановления ЦК ВКП(б) прилагается.

В соответствии с Вашим поручением т.т. Вавилов, Топчиев и Жданов провели беседу с академиком Бруевичем по вопросам, поднятым в настоящей записке.

Подпись. (В. Кружков)

Подпись. (Ю. Жданов)

8.III-50 г.<sup>15</sup>

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, создание организаций, формирование коллективов-пионеров отечественной цифровой вычислительной техники в СССР имеют свою историю с элементами драматизма, поскольку это касается людских судеб, судеб конкретных ученых. Конкурентная борьба за приоритет проектов по созданию дискретной вычислительной техники осложнялась не только их новизной, сложностью и даже торможением, что часто сопутствовало новациям. В начале 1950-х гг. борьба за новации здесь проходила в условиях неблагоприятного общественно-политического климата, который формировало преследование «космополитов». Научно-техническая конкуренция сопровождалась идеологическим давлением на противников, которым пользовались не только власти. В итоге, помимо решения научно-технических задач, одни боролись за выживание, а другие считали, видимо, что для благой цели хороши все средства. Так что на данном этапе фактически ни одна из групп в Академии не выиграла. В работе 2016 г. [8] нами были освещены факты проявления межведомственной конкуренции Академии наук и Министерства машиностроения и приборостроения СССР, которая если и не была отягощена идеологией, то позволила академическим коллективам ощутить на себе действие методов, доступных министру ММиП СССР П.И. Паршину. Лаврентьев с Лебедевым, получив в свое распоряжение институт, столкнулись с теми же проблемами, что и их предшественники: нехваткой квалифицированных кадров, материалов и оборудования, производственных мощностей, что сдерживало не только создание, но и промышленное освоение новой вычислительной техники.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виртуальный компьютерный музей. <https://www.computer-museum.ru/>
2. Малиновский Б.М. История вычислительной техники в лицах. Киев: «КИТ», 1995. 384 с.
3. Карпов Л.Е., Карпова В.Б. Три первых директора ИТМиВТ АН СССР // Труды SoRuCom-2011. Великий Новгород, 2011. С. 131-133.
4. Генина Е.С. Кампания по борьбе с космополитизмом в Сибири (1949-1953 гг.). Кемерово: Кемеровский гос. ун-т. 2009. 254 с.
5. Костырченко Г.В. Тайная политика Сталина. Власть и антисемитизм (Новая версия). В 2-х ч. Ч. II. На фоне холодной войны. М.: Международные отношения. 2015. 672 с.
6. Прохоров С.П. След «Ленинградского дела» в истории создания первых советских ЭВМ // Материалы Международной конференции Российского национального комитета по истории и философии науки и техники РАН, посвященной 90-летию ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН. М., 2022. С. 401-403.
7. Лаврентьев М.А. Первые годы развития советской вычислительной техники (Беседа А.П. Ершова с М.А. Лаврентьевым 26.10.1967) // Электронный архив академика А.П. Ершова. <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/782516>
8. Крайнева И.А., Пивоваров Н.Ю., Шилов В.В. Становление советской научно-технической политики в области вычислительной техники (конец 1940-х – середина 1950-х гг.) // Идеи и идеалы. 2016. Т. 1. № 3 (29). С. 118-135.
9. Сергей Константинович Неслуховский (1893-1973). [http://www.kmay.ru/sample\\_pers.phtml?n=2215](http://www.kmay.ru/sample_pers.phtml?n=2215)

---

<sup>15</sup> Подписи и дата – от руки.

## О НЕСКОЛЬКИХ ПОКОЛЕНИЯХ БОЛЬШИХ ЭВМ В СССР И РФ В КОНЦЕ ПРОШЛОГО ВЕКА: С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Михаил Борисович Кузьминский

ИОХ им. Н.Д. Зелинского РАН, Москва, Россия, kus@free.net

**Аннотация** – Анализируются большие ЭВМ, разрабатываемые и производимые с 70-х по 90-е годы прошлого века в СССР и странах СЭВ, в основном в период активного применения БЭСМ-6 и ЕС ЭВМ. Приводятся данные об их применении, производительности и надежности в сопоставлении с альтернативными ЭВМ зарубежного производства. Кратко рассмотрен переходный период завершения развития линий БЭСМ и ЕС ЭВМ с переходом на применение зарубежной вычислительной техники.

**Ключевые слова** – ЕС ЭВМ, БЭСМ, надежность, производительность.

### I. ВВЕДЕНИЕ

Разработчики и производители средств вычислительной техники во всем мире всегда стараются говорить прежде всего о преимуществах и умалчивать/нивелировать недостатки своей новой продукции. История чаще предполагает определенную широту изложения, а не углубленный анализ узкой области, и историческая оценка может оказываться неточной или даже ошибочной. В отечественных СМИ (имеются в виду сайты) очень часто появляются содержащие ошибки публикации об истории развития вычислительной техники в СССР.

Здесь важно и определенное сопоставление с ЭВМ, производимых и доступных в соответствующие времена в США, Японии и Западной Европе. Кроме того, важны не только знания и ощущения разработчиков, но и актуальность и оценка качества используемых ими средств вычислительной техники (они нужны именно потребителям). Строго говоря, это требует аккуратной статистической оценки, что в РФ стало реально возможным скорее только в нынешнем тысячелетии.

Наконец, важно отслеживать, как из прошлого порождается современность, и использовать знания истории для решения задач современности – например, чтобы не повторять ошибки прошлого. Ярким проявлением в историческом плане развития производства ЭВМ в СССР стала раздуваемая в СМИ в виде публикаций на сайтах «борьба» между БЭСМ и ЕС ЭВМ, что для СМИ естественно из-за потенциального внимания читателей. Но решение о начале производства ЕС ЭВМ действительно было очень не простым, и дало реальные поводы для публикаций на сайтах.

### II. КРАТКАЯ СОПОСТАВИТЕЛЬНАЯ ИСТОРИЯ БОЛЬШИХ ЭВМ СССР, СТРАН СЭВ И ЗАРУБЕЖНЫХ ЭВМ КОНЦА ПРОШЛОГО ВЕКА

История ЕС ЭВМ и БЭСМ-6 достаточно широко рассматривается (см., например, [1, 2]). С точки зрения автора, наиболее интересными, взвешенными и подробными в оценках ЕС ЭВМ и их операционных систем можно считать работы [3] и [4] (близкая история про НИЦЭВТ имеется в [5]). Но все равно некоторые важные вещи остаются малоизвестными.

Теперь необходимо вкратце сказать собственно о БЭСМ-6 и ЕС ЭВМ. БЭСМ-6 сопоставляется нередко с CDC 1604 и 3600 фирмы *Control Data* (см., например, [6-8]), но имела собственную аппаратную и программную реализацию. ЕС ЭВМ базировались на *IBM System 360/System 370*, ставшей в 70-е годы фактически неким международным стандартом архитектуры [9]. ЕС ЭВМ также имела собственную аппаратную и программную реализацию, но ОС ЕС ЭВМ были функционально идентичны соответствующим ОС IBM.

В [3] указано на отсутствие поддержки со стороны ИТМиВТ АН СССР планов проектирования линии ЭВМ «Ряд» (будущих ЕС ЭВМ) на соответствующий запрос правительства. С точки зрения автора это выглядит вполне объяснимым, поскольку будущие ЕС ЭВМ первоначально уступали по производительности уже действующей БЭСМ-6 и не ориентировались на применение именно в научных расчетах. Например, старшая модель семейства ЕС ЭВМ-1, ЕС-1052 (1978 года выпуска) имела производительность 700 тысяч операций в секунду [3].

На заседании Государственной комиссии (руководитель – ак. А.А. Дородницын) в августе-сентябре 1969 г. было предложение и о другой ориентации – на компьютеры другой архитектуры английской

фирмы *ICL* [3]. А.А. Дородницын в конце 1969 года выступал против решения о копировании *IBM S/360* [10]. Но потом, после принятого решения о развертывании ЕС ЭВМ, нужно было достигать прогресса в этой области, и он возглавлял межведомственные комиссии по приемке ЕС ЭВМ [10].

Хотя *S/360* было далеко не единственным семейством ЭВМ, производимых разными фирмами, и обеспечивающим в том числе различные диапазоны производительности, ориентация на программную совместимость с мейнфреймами *IBM* соответствовала целям применения в самых разных областях, а не только в научных расчетах.

Базирование на поддержку *ISA* от *IBM* использовалось и другими известными фирмами – например, американской *Amdahl* (серии 470 и 580) [11]. В качестве европейских аналогов можно указать разработки *ICL* [12] (история этой фирмы представлена, например, в [13]) и *Siemens*, мейнфреймы которой активно использовались в Европе (см., например, [14]), и в которых применялась операционная система *BS2000* с единым пользовательским и программным интерфейсом для пакетной и интерактивной обработки. Правда, заключить лицензионное соглашение с *IBM* насчет ее ОС советским предприятиям в 1967 г. не удалось – хотя это сделали позднее *Amdahl*, *Fujitsu* и *Hitachi* [3].

В интервью знаменитый нидерландский ученый в области информационных технологий Дейкстра (*Edsger W. Dijkstra*) [15] заявил, что на конференции НАТО по программному обеспечению в 1969 году [16] он отметил, что копирование в СССР *IBM 360* было великой победой США в холодной войне. Конечно, к этому надо относиться с учетом определенной предвзятости, характерной для ученого – по мнению автора, точнее было бы сказать, что замедление или остановка развития по линии БЭСМ принесла в СССР определенный существенный недостаток для научных расчетов, возможно, и в аэрокосмической отрасли (некоторое обоснование этого в смысле производительности имеется далее в обсуждении БЭСМ-6). А в СМИ появляются, естественно, публикации, где высказывание Дейкстры сочетается с другими необоснованными выводами [17].

С учетом сказанного выше, далее следует рассмотреть, что получилось благодаря появлению ЕС ЭВМ, сопоставляя это и с БЭСМ-6, включая производительность и надежность. ЕС ЭВМ в СССР отличались долгое время пониженной надежностью, в том числе по отношению к более старым *M222*, выпущенной в 1970 году (среднее время между сбоями для нее указано в [18] 500 часов); обычно так считается и по сравнению с БЭСМ-6 тоже [10].

Что касается надежности БЭСМ-6, нужно указать на оригинальную особенность работы этой ЭВМ с ОС *Диспак*, дающей возможность восстановления (продолжения) вычислений выполнявшейся программы после временного останова работы ЭВМ. Этим пользовались в ВЦ АН СССР при выполнении заданий, требующих несколько суток расчета. Через определенное время БЭСМ-6 можно было остановить для выполнения регламентной работы с аппаратурой, а потом продолжить расчет.

Но нужно иметь в виду, что количество выпускаемых ЭВМ разных моделей ЕС ЭВМ было кардинально больше, чем у ЭВМ их «предшественников», а сами модели выпускались в разных местах СССР и разных странах, и соответственно имели разную надежность. Причина пониженной надежности ЕС ЭВМ указана в [3] как относящаяся к изготовлению некачественной пластмассы для герметизации содержащих микросхемы корпусов (внешние накопители здесь не обсуждаются). Учитывая повышенные требования к проектируемым ЭВМ со стороны министерства обороны [3], жалко, что разработчики ЕС ЭВМ не смогли достаточно «надавить» на химических производителей путем задействования министерства обороны. Что касается производительности, укажем на [19], где представлены данные о сравнении производительности БЭСМ-6 и ЕС-1050. Модели от ЕС-1060 [3] и старше по производительности превзошли базовую БЭСМ-6.

Самая старшая модель ЕС-1068 для научно-технических задач имела производительность (смесь *Gibson-3*) 10 миллионов операций в секунду и включала два процессора с емкостью памяти по 16 МБ в каждом [20]. Планы по выпуску ЕС-1081 и далее уже не реализовались, так как в 1990-е годы развитие ЕС ЭВМ остановилось.

Важным расширением для НРС в ЕС ЭВМ могли служить матричные процессоры (МП) для ЕС ЭВМ, обеспечивающие выполнение векторных команд «умножить-и-сложить», работающие параллельно с ЦП. Это – ЕС-2345 (для ЕС-1045, производился в Ереване), ЕС-2335 (для ЕС-1035, НРБ), ЕС-2655 (интегрирован с ЦП в ЕС-1055, ГДР) [21]. Недостатком МП можно считать возможность работы только с одной моделью ЕС ЭВМ, а у некоторых МП – отсутствие работы с двойной точностью.

Наиболее интересным оказался более поздний МП ЕС-2706 (НРБ) [22]. Им пользовались, например, совместно с ЕС-1061 в ОИЯИ (Дубна), с ЕС-1068 в ВЦ СО АН СССР (с 8 ЕС-2706), а в ИКИ АН СССР к ЕС-1037 были подключены десять ЕС-2706 с общей пиковой производительностью 120 MFLOPS. В направлении векторизации тогда начали развиваться суперкомпьютеры [23], в том числе в Китае сделали

*Galaxy YH-1* (определенный аналог *Cray-1* [23]). *IBM* выпускала мэйнфреймы *3090/VF* с векторными расширениями [23], но для ЕС ЭВМ были собственные разработки – например, ЕС-2706 можно считать аналогом *FPS AP-190L*. В отличие от «линии БЭСМ-6», в работе над созданием ЕС ЭВМ в соответствии с их широкой ориентацией академические научные организации так активно не участвовали, что видно из [3-5]. Но для работы с ЕС ЭВМ было разработано много оригинального программного обеспечения, из которых автору самым распространенным кажется телемонитор *PRIMUS*. Но для ЕС ЭВМ был еще получен уникальный опыт совместных разработок целым рядом стран.

Использование семейства ЕС ЭВМ в СССР не исключительно в научной области принесло огромные плюсы – как в областях «ненаучного плана» (массово – например, расчет зарплат), так и благодаря возможности использования созданного в разных странах продвинутого программного обеспечения, работающего на *IBM S/360* в самых разных областях применения. Учитывая, что производство ЕС ЭВМ охватило страны СЭВ [3], оптимальным автору представлялось бы (в те времена) продолжение работ по обоим направлениям; вопросы финансовых возможностей здесь не обсуждаются.

Как бы то ни было, старшие (и более поздние по времени выпуска) модели ЕС ЭВМ превосходили по производительности БЭСМ-6, а ставшая старшей модель ЕС-1066 достигла среднего времени безотказной работы 500 часов [24]. Но надо также отметить, что, например, *IBM 4381-R14* (мэйнфрейм *IBM*), используемый в ИОХ АН СССР в 90-е годы (приобретен как б/у), за весь период эксплуатации вообще не дал ни одного сбоя. В отличие от семейства ЕС ЭВМ, БЭСМ-6 отличалась полной оригинальностью в аппаратном и программном плане. Что касается аппаратных средств, в БЭСМ-6 от *CDC 3600* [25] отличалась даже разрядность слова.

Над операционными системами и компиляторами БЭСМ-6 работали сотрудники разных научных институтов, в том числе ИПМ АН СССР, ОИЯИ (Дубна) и МГУ (разработанных операционных систем было несколько *3 e b u* – см., например, [26]). В этом участвовал и ВЦ АН СССР [27] (где ранее использовались БЭСМ-3 и БЭСМ-4). Это иллюстрирует широкое участие научных организаций СССР в данном процессе, а также и некоторых других стран (см. [26]). Кроме того, некоторые внешние устройства ЕС ЭВМ могли подключаться к БЭСМ-6 (см., например, [28]).

Складывается впечатление, что в начальный период после создания в 1967 году БЭСМ-6 с одним миллионом инструкций в секунду (*MIPS*) в СССР было небольшое отставание от соответствующих высокопроизводительных ЭВМ в США. Например, *CDC 6600*, с нацеленной при разработке производительностью 1 млн. инструкций в секунду [30] была создана в 1964 году (реально достигла большего). Интересно, что в современной *Wikipedia* о производительности в форме *MIPS* [31] не упоминается БЭСМ-6, но показано сильное отставание по *MIPS IBM System 370/158* в 1972 году от созданной 8 лет ранее *CDC 6600*.

В *google*-книге [32, р. 458, *Figure 3*] с изложением позиций США и НАТО о поставках ЭВМ американского производства приведены сравнительные данные о производительности ЭВМ в СССР и США от 1950-х до предположений США на 1970-е годы, и показано, что производительность БЭСМ-6 превышала производительность *CDC 3600* (а предположения США насчет производительности будущей, реально не созданной модели БЭСМ показывали близость с *CDC 7600* и усиление отставания производительности советских ЭВМ от американских при переходе на «Ряд»).

Но линия БЭСМ оказалась в определенном смысле прекратившей свое развитие на БЭСМ-6. Последующая история неоднократно освещалась, и здесь не рассматривается. После смерти ак. С.А. Лебедева в ИТМиВТ в 70-е годы образовалось несколько направлений. К однозначным потомкам можно отнести появившиеся Эльбрус-1К2 и Эльбрус-Б, являющегося расширением БЭСМ-6 и обеспечивающим режим совместимости с БЭСМ-6, а также АС-6 (см. [33] и на сайте [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)).

В другом направлении в ИТМиВТ работали над новыми архитектурами процессоров. В многопроцессорных системах Эльбрус-1 и Эльбрус-2 [34], разработкой которых руководил ак. В.С. Бурцев, сменялась также технология производства, сильно повысилась производительность. Но этих моделей после БЭСМ-6 было выпущено совсем мало. Позднее в ИТМиВТ под руководством чл.-корр. Б.А. Бабаяна проектировался Эльбрус-3 с *VLIW*-архитектурой, а затем путем определенного слияния образовался также МЦСТ (Московский центр *SPARC*-технологий).

*VLIW* представлялся крайне перспективным направлением архитектуры, поддержанной *Intel* в *Itanium 2* [35], и *AMD* в *GPU* [36]. Небольшая история *VLIW*-процессоров имеется в [37]. Но большие трудности написания оптимизирующих компиляторов для *VLIW* остаются и до сегодняшнего дня; линия *Itanium 2* закрыта, а *AMD* сменила архитектуру своих *GPU* на *GCN* (без *VLIW*) [36]. В настоящее время применение *VLIW* в мире остается, в первую очередь, как возможный эффективный путь к работе во встроенных (*embedded*) системах (см., например, [38]), в первую очередь для цифровой обработки сигналов (*DSP*), в т.ч. изображений [37]. В РФ доступны современные процессоры архитектуры Эльбрус

и вычислительные системы на их базе (см. на сайте <http://www.mcst.ru/>).

Нужно также сказать, что за весь рассматриваемый в статье период средства вычислительной техники в СССР и СЭВ уступали разработанным и использованным в США. Однако до начала производства ЕС ЭВМ та же линия разработки БЭСМ для Европы была достаточно передовой; фактически в Европе можно было указать только одну знаменитую английскую фирму-разработчика *ICL* (в *Siemens* компьютерами занималась небольшая часть фирмы). Складывается впечатление, что основные проблемы для развития ЭВМ в СССР были технологические.

Что касается использования в начале 1990-х годов ЭВМ, произведенных не в СССР или странах СЭВ, то такой информации крайне мало. В качестве доступной информации можно указать на данные <https://en.topwar.ru/191202-rozhdenie-sovetskoj-pro-jel-berrouz.html>, где приведены по большей части данные об использовании в СССР ЭВМ от *Burroughs*. Но эта информация требует проверки, без которой доверять данным этого сайта, ориентированного на военные обзоры, нельзя.

Для поставок американских ЭВМ в СССР действовали ограничения СОСОМ, и из-за опасения применения этих ЭВМ в военных целях США такие поставки обычно не разрешали [32]. Ограничимся примерами из научных учреждений: в Дубне в ОИЯИ использовалась CDC 6500 [39]. В ВЦ РАН уже в двухтысячные годы применялся кластер с *Intel Itanium 2* в узлах. Насколько известно автору, эта *VLIW*-архитектура не получила здесь широкой поддержки программистов, в т.ч. поскольку достигаемая производительность после компиляции была очень сильно ниже пиковой. В ИОХ РАН после мэйнфрейма с *IBM 4381 R14* применялись серверы от *SGI* с процессорами известной *RISC*-архитектуры *MIPS* (в т.ч. *SMP*-сервер *POWER Challenge* с *R8000*). Вообще в РФ *SGI* оказалась в определенном смысле достаточно популярной – про нее читалось и студентам на лекциях [40].

Авторы указывали здесь некоторые ссылки на Википедии – но только относительно общеизвестных ситуаций. В общем случае это некорректно и для истории, поскольку может быть источником ошибок. Например, в последней мартовской версии мирового списка компьютерных фирм [34] в РФ указана только Т-платформа.

### III. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе продемонстрированы преимущества и недостатки разработанных и применявшихся в СССР ЭВМ. Из изложенного следует, что в рассмотренный временной период в СССР было нужно развитие обоих направлений – ЕС ЭВМ и условной «линии БЭСМ», а в результате оба оказались закрытыми, и стала применяться в основном зарубежная вычислите

### БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарит Г.М. Михайлова, зав. отделом вычислительных систем и сетей ВЦ АН СССР, за предоставление информации об ЭВМ ВЦ АН СССР.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Страницы истории отечественных ИТ / Сост. Э.М. Пройдаков. М.: Альпина Паблишер, 2017. Т. 3. 240 с.
2. Страницы истории отечественных ИТ / Сост. Э.М. Пройдаков. М.: Альпина Паблишер, 2018. Т. 4. 234 с.
3. [https://www.computer-museum.ru/histussr/es\\_hist.htm](https://www.computer-museum.ru/histussr/es_hist.htm)
4. [https://www.computer-museum.ru/histsoft/oper\\_es.htm](https://www.computer-museum.ru/histsoft/oper_es.htm)
5. <http://www.nicevt.ru/istoriya/>
6. [https://hmong.ru/wiki/Computer\\_systems\\_in\\_the\\_Soviet\\_Union](https://hmong.ru/wiki/Computer_systems_in_the_Soviet_Union)
7. Мещеряков М.Г., Говорун Н.Н. Быстродействующие вычислительные машины в физических исследованиях // Вестник РАН. 1968. Т. 3. С. 14-23.
8. Ramanadham M., Sikka S. K., Chidambaram R. Structure determination of L s-threonine by neutron diffraction // Pramana. 1973. Vol. 1. Pp. 247-259.
9. <https://www.fujitsu.com/my/about/corporate/history/1970-1979/episode.html>
10. Дородницына В.В., Евтушенко Ю.Г., Шевченко В.В. А.А. Дородницын. Жизнь как время дерзновенное (к 105-летию со дня рождения): биография. М.: Галлея-Принт, 2015. 466 с.
11. O'Regan G. Amdahl 470 and 580 Computers // The Innovation in Computing Companion: A Compendium of Select, Pivotal Inventions. 2018. Pp. 19-21.
12. Campbell-Kelly M. ICL and the Evolution of the British Mainframe // The Computer Journal. 1995. Vol. 38. № 5. Pp. 400-412.

13. <https://archivesit.org.uk/contributions/icl/>
14. Butscher B., Bauerfeld W.L., Popescu-Zeletin R. A remote data access system in the HMI computer network // Datenbanken in Rechnernetzen mit Kleinrechnern: GI-Fachtagung mit Unterstützung durch das German Chapter der ACM, 11/12. April 1978, Kernforschungszentrum Karlsruhe. Springer Berlin Heidelberg, 1978. Pp. 185-196.
15. Edsger D., Misa T. J. An interview with Edsger W. Dijkstra // Communications of the ACM. 2010. Vol. 53. № 8. Pp. 41-47.
16. Randell B., Buxton J. N. Software Engineering Techniques: Report of a conference sponsored by the NATO Science Committee. Rome, Italy, 27th-31st October 1969. 1970.
17. <https://habr.com/ru/post/483264/>
18. <https://uic.vsu.ru/ccmuseum/comp/es1020/index.htm>
19. Усов С.А., Чайковский М.Г. Сравнение производительности БЭСМ-6 и ЕС-1050 на некоторых простых задачах. М., 1974. Препринт ИПИМ АН СССР № 42. 12 с.
20. <https://www.computer-museum.ru/histussr/es1068.htm>
21. Семерджян М.А., Налбандян Ж.С. Матричный процессор ЕС-2345. М.: Финансы и статистика, 1984. 132 с.
22. <https://www.zitbg.com/index.php/ru/node/148>
23. Dongarra J., Duff I.S. Advanced architecture computers // Supercomputing in Engineering Analysis. CRC Press, 2020. Pp. 19-62.
24. <https://www.computer-museum.ru/histussr/24.htm>
25. Cody W.J. Double-precision square root for the CDC-3600 // Communications of the ACM. 1964. Vol. 7. № 12. Pp. 715-718.
26. Мазный Г.Л., Программирование на БЭСМ-6 в системе «Дубна». М.: Наука, 1978. 272 с.
27. Курочкин В.М. и др. Транслятор АЛГОЛ-БЭСМ-6 // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1969. Т. 9. № 5. С. 1221-1222.
28. Аниховский В.Е. и др. Общие принципы подключения и использования накопителей на магнитной ленте ЕС-5012 на ЭВМ БЭСМ-6, ОИЯИ, 11-8427, Дубна, 1974. 15 с.
29. Программное обеспечение ЭВМ БЭСМ-6. Библиографический указатель литературы за 1964-1976 гг. БЕН АН СССР, 1960. 60 с.
30. Thornton J.E. The CDC 6600 project // Annals of the History of Computing. 1980. Vol. 2. № 4. Pp. 338-348.
31. [https://en.wikipedia.org/wiki/Instructions\\_per\\_second](https://en.wikipedia.org/wiki/Instructions_per_second)
32. Commission on the Organization of the Government FOR the conduct of FOREIGN POLICE June, 1975 Volume 4. Appendix K: Adequacy of Current Organization: Defense and Arms Control [https://books.google.ru/books/about/Commission\\_on\\_the\\_Organization\\_of\\_the\\_Go.html?id=RZKGAAAAIAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.ru/books/about/Commission_on_the_Organization_of_the_Go.html?id=RZKGAAAAIAAJ&redir_esc=y)
33. <https://monoreel.ru/БЭСМ-6>
34. [http://elbrus.ru/elbrus\\_arch](http://elbrus.ru/elbrus_arch)
35. Huck J. et al. Introducing the IA-64 architecture // IEEE micro. 2000. Vol. 20. № 5. Pp. 12-23.
36. Mantor M. AMD Radeon™ HD 7970 with graphics core next (GCN) architecture // 2012 IEEE Hot Chips 24 Symposium (HCS). IEEE, 2012. Pp. 1-35.
37. Wolfe A. VLIW Architecture Emerges as Embedded Alternative (2001) <https://www.embedded.com/vliw-architecture-emerges-as-embedded-alternative/>
38. Karthihaa A. et al. Design and implementation of VLIW DSP processors for high ended embedded based systems // AIP Conference Proceedings. AIP Publishing LLC, 2021. 2378, 020002.
39. <https://lit.jinr.ru/ru/About/History>
40. <https://intuit.ru/studies/courses/45/45/lecture/1362>

## ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ: ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ КОЛЛИЗИИ 1990-х гг.

Наталья Александровна Куперштох

*Институт истории СО РАН, Новосибирск, Российская Федерация, nataly.kuper@gmail.com*

**Аннотация** – Выявлены основные тенденции научно-технической политики по созданию НИУ в области математики и информатики в Сибирском регионе. Изучались институциональные коллизии в истории академической науки Омского научного центра РАН. Установлены причины организации Института информационных технологий и прикладной математики в 1990 г. и его реорганизации в филиал Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН в 1997 г. Подчеркнута роль отдельных ученых-лидеров в становлении академической науки Омска.

**Ключевые слова** – Сибирское отделение РАН, Омский научный центр, Институт информационных технологий и прикладной математики, Омский филиал Института математики им. С.В. Соболева СО РАН.

### I. ВВЕДЕНИЕ

Организаторы академического центра на востоке страны в 1957 г. – Сибирского отделения АН СССР – с самого начала взяли курс на развитие современных междисциплинарных исследований. Применение математических методов в физике, геофизике, геологии, химии, биологии, экономике широко распространилось с начала 1960-х гг. не только в самом крупном научном центре СО АН СССР в Новосибирске, но и за его пределами. Перед институтами Сибирского отделения ставились задачи комплексного развития фундаментальных и прикладных исследований. Потенциал в области математического моделирования, вычислительной математики, вычислительной техники и их практических приложений стал основанием для институционального оформления институтов математического профиля и вычислительных центров в Новосибирске, Красноярске и Иркутске.

Во второй половине 1970-х гг. стратегия Сибирского отделения АН СССР при академике Г.И. Марчуке предусматривала дальнейший курс на создание подобных НИИ математического профиля, а также вычислительных центров в крупных промышленных городах Сибири. Одним из таких городов являлся Омск. Однако если в Новосибирске, Красноярске и Иркутске эта стратегия реализовалась успешно, то в Омске неожиданно дала сбой. Как и почему это произошло, попытаемся ответить на основе проведенного исследования об организационных коллизиях Института информационных технологий и прикладной математики СО АН СССР/РАН в Омске.

### II. ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ АКАДЕМИЧЕСКИХ НИУ В ОМСКЕ

В середине XX столетия Омск являлся одним из динамично развивающихся промышленных городов страны и крупным индустриальным центром, в котором действовали предприятия нефтехимии и химии, машиностроения и приборостроения. Все они нуждались в современных кадрах, а также в необходимости развития передовых технологий. К проблемам формирования научно-образовательного потенциала в Омске местные власти и руководители СО АН СССР обратились в 1970-е годы, когда основное внимание стало уделяться расширению географии сети университетов и академических НИУ в связи с необходимостью более активного развития экономики отдельных регионов.

Базой для формирования академической науки стал Омский государственный университет (ОмГУ), который открылся в 1974 г. Появление университета в Омске отвечало стратегии социально-экономического и культурного развития региона, а сама идея его создания получила общественную и государственную поддержку. Еще в начале 1970-х годов на областном совещании в Омске с участием секретаря ЦК КПСС М.А. Сулова омская общественность высказала предложение о необходимости организации современного университета. Московская комиссия, вскоре прибывшая в Омск, сделала вывод о наличии необходимых условий для его появления. В апреле 1973 г. было принято постановление Совета министров СССР об организации Омского государственного университета (ОмГУ) [1, с. 10].

Профессорско-преподавательский состав ОмГУ формировался в основном за счет специалистов из Новосибирска, Томска, Иркутска, других городов. Так, в сентябре 1973 г. группе математиков – выпускников аспирантуры Новосибирского государственного университета (НГУ) было предложено поехать в Омск. Инициатива исходила от крупного новосибирского математика М.И. Каргаполова. Ректор НГУ С.Т. Беляев, заручившись поддержкой Министерства высшего и среднего специального

образования РСФСР, принял решение направить молодых специалистов на работу в ОмГУ, и первоначально преподавательские кадры математических кафедр состояли преимущественно из выпускников НГУ. В развитие дальнейшего сотрудничества НГУ заключил договор с ОмГУ о подготовке научно-педагогических кадров, направлении ученых Новосибирска для ведения спецкурсов, помощи в организации учебного процесса и научно-исследовательской работы [2, с. 76].

Наличие университета в Омске позволило выстраивать стратегию по наращиванию академического потенциала в регионе. Ускорение процессу придало постановление ЦК КПСС 1977 г. «О деятельности Сибирского отделения Академии наук СССР...», в котором говорилось о необходимости сконцентрировать усилия СО АН на важнейших направлениях науки, связанных с ускорением научно-технического прогресса [3, с. 418-424]. В 1978 г. на совместном заседании комиссии президиума Сибирского отделения АН СССР и Омского областного комитета КПСС принято решение создать в Омске научные подразделения в первую очередь математического и химического профиля [4, с. 17]. Кадровую проблему новых НИУ предполагалось на первом этапе решить с помощью «научных десантов» – перемещения групп научных сотрудников из профильных новосибирских институтов – Института катализа, Института математики, Вычислительного центра и др. В том же 1978 г. постановление бюро Омского обкома КПСС «О создании в г. Омске научных подразделений Сибирского отделения АН СССР» определило алгоритм взаимодействия местных властей и вновь организуемых академических структур. Омские власти гарантировали предоставление рабочих помещений и квартир для сотрудников новых НИУ, а также обязали предприятия города оказать необходимую помощь в оснащении этих НИУ приборами и оборудованием [5, Ф. 17. Оп. 1а. Д. 2802. Л. 84-85].

### III. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ИНСТИТУТА

Первое НИУ математического профиля появилось в Омске в 1978 г. Это был Омский комплексный отдел (ОКО) новосибирского Института математики СО АН СССР в составе двух лабораторий: алгебры (заведующий – д-р физ.-мат. наук В.Н. Ремесленников) и кибернетики (заведующий – канд. техн. наук Р.М. Ларин). Первыми сотрудниками отдела стали выпускники НГУ А. Колоколов, В. Топчий, Г. Носков, А. Задорин, А. Боровик, А. Мясников и др., а заведующим ОКО был назначен В.Н. Ремесленников. Научные направления отдела были сформулированы следующим образом: исследования в области алгебры и математического анализа; теоретическая и прикладная кибернетика.

В последующие два года молодой отдел получил подкрепление в виде двух лабораторий новосибирского Вычислительного центра СО АН: численных методов механики сплошной среды (заведующий – канд. физ.-мат. наук В.Н. Игнатъев) и вычислительной техники и проблем автоматизации проектирования (заведующий – канд. физ.-мат. наук В.А. Шапцев) [5, Ф. 17. Оп. 1а. Д. 3275. Л. 45]. Поделился лабораторией крыльевых движителей во главе с д-ром техн. наук. Д.Н. Гореловым новосибирский Институт гидродинамики. В 1983 г. по решению президиума СО АН СССР Омский комплексный отдел перешел в ведение новосибирского Вычислительного центра и его возглавил д-р физ.-мат. наук Б.А. Рогозин. Постепенно кадровый состав ОКО стали пополнять не только выпускники НГУ, но также профильных факультетов ОмГУ.

Через несколько лет сотрудники Омского комплексного отдела докладывали о результатах, полученных в изучении конструктивных проблем алгебры, теории вероятностей, численных методов механики сплошной среды, теоретической и прикладной кибернетики. Помимо теоретических изысканий, результаты лабораторий ОКО находили применение в сфере технологий, разрабатываемых НПО им. П.И. Баранова, Омским приборостроительным заводом им. Н.Г. Козицкого, конструкторскими бюро и отраслевыми НИИ. В Омске была создана технологическая база исследований в виде комплекса ЭВМ ЕС-1033 и ЕС-1020, ресурсами которой пользовались более десяти предприятий и организаций [5, Ф. 17. Оп. 121. Д. 20. Л. 232].

По инициативе СО АН СССР, поддержанной Омским обкомом КПСС, было решено разработать программу создания ВЦ коллективного пользования и реализовать в 1982–1985 гг. работы по созданию экспериментального варианта академического ВЦ [5, Ф. 17. Оп. 121. Д. 20. Л. 234]. Эта программа предусматривала создание двух базовых вычислительных комплексов из современных ЭВМ, сети периферийных центров обработки информации на базе мини-ЭВМ, сети передачи данных, установку терминалов на кафедрах вузов, в академических лабораториях и НИИ г. Омска. В марте 1984 г. Омский обком КПСС обратился к председателю Госплана СССР Н.К. Байбакову с просьбой о выделении Сибирскому отделению АН СССР дополнительных ассигнований на приобретение современной вычислительной техники – ЕС-1061 и нескольких мини-ЭВМ СМ-4 [5, Ф. 17. Оп. 125. Д. 186. Л. 6-7].

Было отправлено также обращение академику Г.И. Марчуку уже как главе Госкомитета СССР по науке и технике при Совете министров СССР с ходатайством выделить Сибирскому отделению АН

СССР 80 дополнительных ставок для академических подразделений Омска, нуждающихся в дальнейшем развитии [5, Ф. 17. Оп. 125. Д. 20. Л. 2-3]. В октябре 1985 г. Омский обком КПСС, одобряя инициативу директора новосибирского ВЦ академика А.С. Алексеева создать в Омске на базе ОКО Институт прикладной математики и машиностроительной информатики, обратился к председателю Сибирского отделения АН СССР академику В.А. Коптюгу с просьбой поддержать эту инициативу. Омичи просили предусмотреть в 12-й пятилетке строительство здания института в Омске и укрепление его опытно-лабораторной базы «с целью усиления и дальнейшего развития фундаментальных и прикладных исследований в области математического моделирования, автоматизации проектирования в машиностроении и приборостроении» [5, Ф. 17. Оп. 126. Д. 168. Л. 187. Л. 29-30].

Целому ряду предложений омских властей по развитию научно-технологического потенциала региона так и не суждено было воплотиться в жизнь по ряду как объективных, так и субъективных причин. Это касалось, в том числе, создания в Омске института математического профиля с мощной вычислительной базой. В конце 1980-х гг. партийные органы Омской области инициировали подготовку серии аналитических записок в республиканские и союзные инстанции, сетуя, что «президиум СО АН СССР уделял внимание развитию научных центров в Иркутске, Красноярске, Томске, Улан-Удэ, Якутске, в то время как расположенные в Омске НИУ не получили должного развития» [5, Ф. 17. Оп. 137. Д. 33. Л. 28]. В «Записке о состоянии развития академической науки в области и необходимости создания Омского научного центра СО АН СССР», подготовленную Омским обкомом КПСС в мае 1989 г., не только сообщалось о готовности местных властей всячески способствовать развитию академического потенциала, но и предлагался конкретный перечень институтов, которые необходимо создать в ближайшее время. Так, фундаментальные исследования в области информационных технологий и информатики, моделирование и математическое обеспечение задач в машиностроении и приборостроении должен был обеспечить Институт информационных технологий [5, Ф. 17. Оп. 137. Д. 35. Л. 7-8].

Аналитические записки сыграли определенную положительную роль в ускорении принятия решения об организации Омского научного центра (ОНЦ) СО АН СССР. Постановление президиума СО АН от 30 октября 1990 г. определило задачи нового центра – развитие фундаментальных исследований и усиление роли науки в социально-экономическом развитии Западно-Сибирского региона. Среди намечаемых к организации институтов ОНЦ числился Институт информационных технологий и прикладной математики (ИИТПМ), который планировалось создать на базе существующего ОКО. Его задачи были определены как развитие фундаментальных и прикладных исследований в области информационных технологий, содействие научно-техническому прогрессу в отраслях машиностроительного и приборостроительного комплекса Омской области.

Институт в Омске создавался при активной поддержке новосибирских академиков А.С. Алексеева, Ю.Л. Ершова, М.М. Лаврентьева, Ю.И. Шокина. Его проектная численность была определена в 350 чел., директором был назначен канд. техн. наук В.А. Шапцев, вскоре защитивший докторскую диссертацию. Выпускник Томского государственного университета (1963) приехал в Омск и продолжительное время работал в отраслевом НИИ приборостроения, прежде чем перешел в ОКО в качестве заведующего лабораторией (1979). Как директор ИИТПМ, В.А. Шапцев провел структурные преобразования, открыл новые отделы и лаборатории. Лидеры научных направлений Д.Н. Горелов (механика крыльевых движителей), В.Н. Ремесленников (алгебра и прикладная логика), Б.А. Рогозин (пределные теоремы теории вероятностей), В.А. Шапцев (иерархическое моделирование телекоммуникационных систем) и др. скорректировали исследования в сторону фундаментальной составляющей, хотя значительную долю работ по-прежнему составляло выполнение хозяйственных тем.

Научные направления ИИТПМ включали: исследования по стохастическим и алгебраическим моделям и дискретной оптимизации; математическое моделирование в механике и машиностроении; компьютерное моделирование систем передачи информации; автоматизацию исследований, проектирование и диагностику технических систем. То есть наряду с традиционными математическими направлениями и продолжавшимися хозяйственными работами институт занялся развитием телекоммуникационных и информационных технологий. В то же время молодой коллектив института не забывал и о нуждах города. ИИТПМ стал головным исполнителем регионального интегрированного проекта «Компьютерная сеть образования, науки и культуры Омска».

Активные действия дирекции по привлечению молодых специалистов позволили нарастить кадровый потенциал ИИТПМ. По данным Управления кадров СО РАН, в 1991 г. в нем трудились 112 чел., в том числе 54 научных сотрудника, однако темпы роста кадрового потенциала отставали от намеченных показателей. В 1996 г. институт при активной помощи председателя СО РАН академика В.А. Коптюга получил собственные площади в здании, построенном совместно с Омским государственным институтом сервиса. Тем не менее, нарастающую тенденцию оттока кадров

предотвратить не удалось. В 1990-е годы кадровая проблема даже в сформировавшихся в советский период академических институтах была неустойчивой, молодые же институты оказались в критической ситуации. Из-за нестабильного государственного финансирования, фактического прекращения хозяйственных работ некоторые доктора наук уехали за рубеж, часть сотрудников перешла в вузы, коммерческие структуры и банки. Особым спросом стали пользоваться квалифицированные программисты, которые без труда нашли более оплачиваемую работу в различных сферах деятельности. По мнению некоторых экспертов, причиной реорганизации ИИТПМ являлось также то обстоятельство, что институт не сумел вовремя переключиться с хозяйственных тем, выполняемых для предприятий ВПК, на открытую тематику НИР [2, с. 82].

#### IV. РЕОРГАНИЗАЦИЯ ИНСТИТУТА В ФИЛИАЛ

Снизившаяся до критической отметки численность персонала (70 человек) и научных кадров (33 человек) стала одной из причин реорганизации ИИТПМ в Омский филиал (ОФ) Института математики им. С.А. Соболева СО РАН (1997). Его основными научными направлениями были определены следующие: алгебра, теория чисел и математическая логика; геометрия и топология; теория вероятностей и математическая статистика; дискретная оптимизация; вычислительная математика; математическое моделирование и методы прикладной математики. Реорганизация института в филиал породила ряд проблем не только организационного характера, но также болезненно сказалась на самочувствии сотрудников. Попытки вернуться к обсуждению вопроса на заседаниях президиума СО РАН о возможном изменении статуса филиала не раз имели место, однако ни к чему не привели.

В 2001 г. Омский филиал Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН возглавил почти на два десятилетия д-р физ.-мат. наук В.А. Топчий. Выпускник механико-математического факультета НГУ, он вырос в крупного специалиста в области теории вероятностей, математической статистики и их приложений, руководил лабораториями и отделом в ИИТПМ, выполнял обязанности зам. директора института по экономическим вопросам. С 2020 г. филиалом руководит д-р физ.-мат. наук А.В. Еремеев. Современную структуру ОФ ИМ СО РАН образуют административно-управленческий персонал, четыре научных лаборатории, аспирантура, Информационно-вычислительный центр (ИВЦ) и вспомогательные подразделения [6].

История появления ИВЦ уходит своими корнями в 1980-е годы, когда в результате совместных усилий властей Омской области и руководства Сибирского отделения АН СССР были заложены базовые основы планируемого академического ВЦ. В настоящее время, являясь основным звеном информационной и вычислительной систем как Омского филиала Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН, так и Омского научного центра СО РАН, ИВЦ имеет современную аппаратуру для обеспечения интернетом научных подразделений. Среди его задач – предоставление высокоскоростного доступа к локальным, региональным и мировым информационным ресурсам; развитие и совершенствование специализированных систем мониторинга и статистики работы сети; разработка и создание перспективной телекоммуникационной инфраструктуры науки и высшей школы г. Омска [7].

В настоящее время научный коллектив Омского филиала ИМ СО РАН играет заметную роль в научно-образовательном пространстве города. Наряду с профильными фундаментальными исследованиями его ведущие сотрудники руководят кафедрами и читают лекции в вузах Омска. Традиционно сильные интеграционные связи существуют с ОмГУ, техническим и педагогическим университетами. В лабораториях филиала проводятся специализированные семинары для студентов. Сформировался потенциал международного сотрудничества в виде проведения совместных конференций, участия в различных симпозиумах и др.

#### V. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Причина реорганизации ИИТПМ и ряда других институтов СО РАН кроется, на наш взгляд, не только в «лихих» 90-х, но и в более глубинных основаниях и подходах, определяющих институционализацию того или иного научного направления. Очевидно, что для укрепления конкретного института, наращивания масштабов его деятельности не сложились объективные условия.

Во-первых, на периферии отсутствовали академические традиции и научные школы, которые выращивали кадры и задавали вектор институционализации того или иного научного направления в таких научных центрах, как Москва, Санкт-Петербург, Казань, Новосибирск.

Во-вторых, имелась некоторая рассогласованность в действиях по развитию научного потенциала на периферии (в данном случае – в Омской области) на областном, республиканском, союзном уровнях.

В-третьих, проявлялись определенные противоречия между властями региона и руководством Сибирского отделения АН СССР/РАН по вопросу приоритетности развития конкретных направлений науки и технологий.

В-четвертых, наблюдалась некоторая рассогласованность в отношении стратегии развития омских институтов, включая ИИТПМ, со стороны крупных профильных институтов Новосибирского научного центра, которая усилилась с отъездом председателя Сибирского отделения АН СССР академика Г.И. Марчука в Москву (1980).

Все эти факторы, которые нуждаются в дополнительном изучении, лишь в определенной степени способны ответить на вопрос, почему несколько институтов СО РАН, и в их числе Институт информационных технологий и прикладной математики в Омске, были преобразованы в 1990-е годы в филиалы более крупных и известных институтов.

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Доклад подготовлен по теме государственного задания Министерства науки и образования РФ «Динамика экономического и социального развития Азиатской России в контексте геостратегических вызовов конца XIX – начала XXI вв.» (проект № 0261-2021-0003).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лавров Е.И. Как это было // Вестник Омского университета. 1999. Вып. 3 (13). С. 10-13.
2. Куперштох Н.А. Физико-математические институты Омска: история становления и развития // Философия науки. 2003. № 2 (17). С. 74-89.
3. КПСС в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК. Изд. 8-е, доп. и испр. Под ред. П.Н. Федосеева, К.У. Черненко. Т. 12. М.: Политиздат, 1978. 606 с.
4. Омский научный центр. 30 лет / отв. ред. В.В. Карпов. Омск: ООО ИЦ «Омский научный вестник», 2020. 182 с.
5. Центр документации новейшей истории Омской области (ЦДННАО).
6. ОФ ИМ СО РАН. URL: <http://www.ofim.oscsbras.ru/> Дата обращения – 23.05.2023.
7. Александрова Ю. Ориентир – фундаментальная математика // Наука в Сибири. 2011. 24 февраля.

## ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ МЕМОРИАЛЬНОЙ БИБЛИОТЕКИ АКАДЕМИКА АНДРЕЯ ПЕТРОВИЧА ЕРШОВА

Галина Владиленовна Курляндчик<sup>1</sup>, Наталья Ариановна Черемных<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Независимый исследователь, Санта-Клара, Калифорния, США, galina.kurlyandchik@gmail.com

<sup>2</sup>Виртуальный компьютерный музей, Москва, Российская Федерация, chergeneral@gmail.com

**Аннотация** – Академик А.П. Ершов со студенческих лет оказался у истоков программирования – нового вида деятельности, связанного с разработкой программ для только что появившихся электронных вычислительных машин. Всю свою дальнейшую жизнь он посвятил программированию и не только стал его лидером, но и внес существенный вклад в информационное обеспечение этого нового вида человеческой деятельности. Благодаря личным контактам с ведущими зарубежными организациями и коллегами-программистами, которые присылали ему свои публикации, он собрал уникальную библиотеку по программированию и смежным дисциплинам. По инициативе Андрея Петровича для работы с этим массивом книг, журналов, препринтов и других материалов была создана одна из первых в стране информационно-поисковых систем на ЭВМ БЭСМ-6. Первую классификацию, использовавшуюся в системе, Андрей Петрович разработал сам. Этой специализированной библиотекой по программированию пользовались не только ученые Новосибирска, но и программисты из разных городов Советского Союза.

**Ключевые слова** – Академик А.П. Ершов, мемориальная библиотека, программирование, информационное обеспечение, информационно-поисковая система

### I. ВВЕДЕНИЕ

Пятьдесят лет назад началась автоматизация библиотеки академика Андрея Петровича Ершова, была создана одна из первых информационно-поисковых систем в СССР. Трудно переоценить значение этого проекта, так как его реализация внесла огромный вклад в информационное обеспечение сообщества программистов нашей страны. Андрей Петрович рано ушел из жизни, но уникальная библиотека его имени продолжает работать на благо специалистов по программированию, поэтому мы решили сегодня рассказать о ней.

### II. ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ БИБЛИОТЕКИ

С самого начала своей научной деятельности академик А.П. Ершов очень много внимания уделял проблемам информационного обеспечения ученых. Уже в начале 60-х годов, принимая участие в международных конференциях и выезжая за рубеж в первые научные командировки, он начал собирать литературу по программированию и смежным вопросам [1]. Бывая в ведущих научных центрах Европы и США, он договаривался об обмене информацией. Самые известные в мире специалисты в области программирования дарили А.П. Ершову свои книги, отчеты, препринты. Как член Американской ассоциации по вычислительной технике (ACM) и выдающийся член (Distinguished Fellow) Британского вычислительного общества (BCS), он получал по подписке основные журналы, издаваемые этими организациями.

За 30 лет активной научной деятельности А.П. Ершов собрал в своей личной библиотеке научные отчеты из таких всемирно известных центров, как Массачусетский технологический институт, Стэнфордский университет, Университет Северной Каролины (США), Национальная физическая лаборатория и Оксфордский университет (Великобритания), ИНРИА и Гренобльский университет (Франция), Технический университет Мюнхена (Германия), Университет Торонто (Канада), университеты Швеции, Дании, Австралии и многие другие. Как член редколлегии или редактор, он получал такие международные журналы, как Theoretical Computer Science, Acta Informatica, Information Processing Letters, Computers and Education.

В знак уважения к А.П. Ершову как ученому и автору нескольких монографий, опубликованных в Springer Verlag, это издательство бесплатно посылало ему свою известную серию Lecture Notes in Computer Science.

В библиотеке А.П. Ершова хранилось более 30 тысяч книг, журналов, трудов конференций, препринтов и отдельных оттисков статей практически на всех европейских языках. Но что самое главное, это богатство не лежало мертвым грузом, доступ к нему имели, без преувеличения, все программисты Академгородка и других научных центров страны. В те годы, когда научно-техническая периодика, монографии и, тем более, отчеты из-за рубежа с трудом попадали в страну, библиотека

А.П. Ершова была настоящим Клондайком – очень часто, однажды оказавшись в Академгородке и познакомившись с библиотекой, люди приезжали сюда снова и снова, чтобы в ней поработать. Еще в начале 70-х годов библиотека была автоматизирована силами сотрудников Вычислительного центра СО АН и Новосибирского филиала Института точной механики и вычислительной техники АН СССР.

После безвременной смерти академика А.П. Ершова его наследники передали библиотеку в Институт систем информатики, который к тому времени выделился из Вычислительного центра.

Интересные подробности вспоминает Лидия Васильевна Городняя [2], сотрудница Отдела программирования ВЦ, где Андрей Петрович проработал всю жизнь и где, собственно, хранилась библиотека, сначала в одном-двух шкафах его кабинета, а теперь она размещается в нескольких больших комнатах и занимает гигабайты памяти на институтских серверах:

«Всю жизнь Андрей Петрович собирал книги. Часть библиотеки, расположенная в его кабинете, была доступна его сотрудникам и гостям. Для этого Андрей Петрович изобрёл поразительно оптимальную систему пользования библиотекой. В каждую книгу вкладывалось две перфокарты с ее названием. Можно было в любое время зайти в кабинет, взять книгу, на перфокартах записать дату и свою фамилию, одну перфокарту оставить на месте книги, а вторую положить в коробочку за указателем на свою фамилию. Эту механику дополняла созданная специально тематическая классификация книжного фонда, а заодно и рубрикация тематики новой науки, для которой стандартные рубрикаторы были неудобны».

### III. АВТОМАТИЗАЦИЯ БИБЛИОТЕКИ

В феврале 1972 года Г.В. Курляндчик начала работать в Отделе программирования ВЦ СО АН СССР: «Буквально с первых дней моей работы Андрей Петрович поручил мне заниматься организацией его библиотеки по программированию, которая помещалась в его кабинете, в пяти книжных шкафах, забитых книгами, отчетами, журналами.

Сегодня вспоминается эпизод из жизни Отделения информатики Вычислительного центра СО АН, который послужил толчком к автоматизации библиотеки. Андрей Петрович отправил в командировку в Москву, в НИЦЭВТ, своего сотрудника Андрея Александровича Берса и аспиранта Якова Марковича Курляндчика. Они должны были привезти для работы по проекту БЕТА документацию по Операционной системе IBM OS/360. Новосибирцы были очень удивлены, когда им сказали, что эта документация уже у Ершова. Кое-какие материалы для проекта они всё же в НИЦЭВТе получили, а заодно попали на выставку компьютеров фирмы Voughts. Вернувшись в Академгородок, Андрей Александрович и Яков перерыли всю литературу, хранившуюся в кабинете Андрея Петровича, и с большим трудом отыскали нужные документы. Именно этот случай послужил толчком к немедленным действиям по приведению в порядок значительного массива литературы, накопленного Ершовым, т. е. по организации библиотеки. Необходимость такого шага Андрей Петрович осознавал лучше всех, он инициировал этот процесс и был его головой, «спонсором», говоря сегодняшним языком и, конечно, душой» [3].

Библиотека со всеми затратами на ее комплектование, техническое оборудование и обслуживание, никогда не была подразделением ВЦ СО АН СССР. Ни один регулирующий документ не предусматривал возможности организации научной библиотеки в отделах институтов Академии наук. Существовали только общепитетутские научные библиотеки и ГПНТБ. Андрей Петрович приходилось тратить свои деньги на комплектование библиотеки, не всегда это встречало понимание со стороны власть предержащих.

В этой связи хочется рассказать историю со словарем Вебстера (Webster's Dictionary – «Американский толковый словарь английского языка») [4]. По существовавшим в то время правилам человек, получавший за границей деньги – плату за публичные выступления, чтение лекций и прочее, должен был сдавать основную часть этих средств в казну. Ершов на свой гонорар купил этот уникальный и очень дорогой словарь, тем самым нарушил закон и, чтобы избежать серьезного наказания, по возвращении был вынужден сдать его в библиотеку Вычислительного центра СО АН. На книгу поставили соответствующий штамп, но заведующая библиотекой пошла на некое нарушение и разрешила хранить словарь в рабочем кабинете академика. Этим словарем постоянно пользовались сотрудники, студенты, гости – все, кто стремился, по примеру самого Андрея Петровича, овладеть английским языком. По сию пору словарь Вебстера лежит в Мемориальной библиотеке Ершова и «работает» на общее благо.

В начале 70-х годов из очередной командировки в США Ершов привез более 400 различных препринтов, отчетов, отдельных оттисков статей. В этом массиве информации уже трудно было ориентироваться, возникла проблема его организации.

В то время в СССР не существовало библиотечных систем (ББК или УДК)) с исчерпывающими разделами по вычислительной технике и программированию, первую классификацию для библиотеки разработал сам Андрей Петрович, взяв за основу систему, используемую Американской ассоциацией по вычислительной технике (АСМ). В дальнейшем эта классификация дорабатывалась силами сотрудников Новосибирского филиала Института точной механики и вычислительной техники АН СССР под его руководством.

Одновременно встала задача автоматизации библиотеки. Первая информационно-поисковая система «ВЕГА» на базе библиотеки Ершова была создана силами сотрудников Новосибирского филиала Института точной механики и вычислительной техники АН СССР под руководством А.В. Замулина. Эта система, реализованная в 1975 г. на БЭСМ-6, обеспечивала поиск информации в массиве многих тысяч документов. Был разработан тезаурус, позволявший вести поиск по ключевым словам. Все единицы хранения, т. е. книги, препринты, отдельные статьи из журналов, сборников, трудов конференций были переведены в машинную форму, но параллельно сохранился и каталог. Очень трудоемкая работа по составлению специальных карточек – описаний документов – была проделана группой сотрудников НФ ИТМ и ВТ, главным организатором и исполнителем всей этой работы была Г.В. Курляндчик.

«Ни в одном вузе, ни на каких курсах тогда не учили тому, как автоматизировать деятельность библиотеки, – вспоминает Галина Владиленовна Курляндчик. – Сейчас я понимаю, что благодаря своей работе у Андрея Петровича Ершова я оказалась на переднем крае нового направления – внедрению баз данных, то есть автоматизации библиотеки [5]. Ершов направил меня в лабораторию № 5, которую возглавлял Александр Васильевич Замулин. Вместе с программистами этой лаборатории Борисом Николаевичем Пищиком и Валентиной Гавриловной Котельниковой работали специалист по применению теории графов в программировании Владимир Анатольевич Евстигнеев, библиограф Владимир Николаевич Киселев, лингвисты Наталья Ариановна Черемных и Ольга Анатольевна Логинова. Этот проект был новым для всех его участников, было много трудностей, да и просто рутинной работы по вводу информации, требовавшей много времени и внимания. Но мы почувствовали удовлетворение от проделанной работы, когда стали получать распечатки каталогов, списки новых поступлений в библиотеку и рассылать информацию нашим пользователям системы ИРИ в разные города Советского Союза.

В базы данных библиотеки вводились не только единицы хранения, то есть отдельные книги, отчеты, препринты, диссертации и т. д., но и все статьи из тематических журналов, сборников научных трудов и конференций (рис. 1). Нам сейчас трудно представить, как ученые раньше пользовались только «ручными» каталогами, сколько времени уходило на поиск необходимой информации! Однажды на семинаре научных библиотек Сибирского отделения АН СССР в Иркутске в начале 80-х годов я набралась смелости и выступила в дискуссии с инициативой организовать для нас, библиотекарей, курсы по работе с компьютерами, то есть некий «кликбез», который приблизил бы нас к новому уровню работы с информацией. Я-то в силу специфики своей работы и так была близка к такому знанию и поэтому чувствовала свои пробелы, но основная часть библиотекарей даже не поняла, к чему, собственно, я их призываю и зачем им это нужно».

#### IV. ШИРОКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИБЛИОТЕКИ

Система ИРИ (избирательное распространение информации по индивидуальным запросам специалистов), реализованная на ИПС ВЕГА, обслуживала абонентов из Вычислительного центра, Новосибирского филиала Института точной механики и вычислительной техники, Института математики и Института автоматики в Академгородке, а также ученых из многих городов страны, включая Москву и Ленинград, где работали сильные коллективы программистов. Дело в уникальности библиотеки А.П. Ершова, куда поступали материалы, отсутствовавшие в книгохранилищах этих городов.

Списки новых поступлений в библиотеку ежемесячно рассылались по институтам, а впоследствии – и в ГПНТБ, главную библиотеку Сибирского отделения Академии наук. Получив свежую информацию, люди заказывали журналы и книги по каналам МБА, многие приезжали в Академгородок специально для работы в библиотеке Ершова, копировали и увозили материалы с собой.

Безвременная кончина Андрея Петровича Ершова в декабре 1988 года практически совпала с наступлением новой эпохи. Наследники передали библиотеку в Институт систем информатики, который к тому времени выделился из Вычислительного центра. Руководство ИСИ приложило все силы к тому, чтобы сохранить библиотеку не только в знак памяти выдающегося ученого, но и как необходимую составляющую всей научно-образовательной деятельности Института. Стараниями новых руководителей ИСИ удалось на многие годы сохранить и даже расширить контакты с зарубежными коллегами,

продолжался обмен информацией, поступали по подписке новые журналы, по-прежнему Springer присылал в Академгородок свою серию LNCS (рис. 2).



Рис. 1. Библиотекарь Л.Л. Змиевская вводит информацию в электронный каталог. 2000-е гг.

Очень скоро исчезла БЭСМ-6 и, к сожалению, не сохранились базы данных библиотеки, поэтому только благодаря старому ручному каталогу (рис. 3) можно найти теперь уже раритетные издания конца 50-х. В начале 90-х годов в библиотеке, благодаря гранту Фонда Сороса, появился персональный компьютер. Я.М. Курляндчик, бывший в свое время аспирантом Ершова, разработал и реализовал на IBM PC информационно-поисковую систему «Библиотека». С ее помощью удалось автоматизировать основные библиотечные процессы: она позволяет вести поиск информации по запросам, регистрировать читателей и фиксировать выдачу книг. Поддержка системы стала семейным делом, в связи с «проблемой 2000 года» она была модернизирована сыном Я.М. – Владимиром Курляндчиком, в то время – сотрудником ИСИ [6]. Система работает до сих пор, сама по себе является уникальным программным продуктом. По порядку, заведенному еще Андреем Петровичем, ежемесячно выпускаются списки новых поступлений в библиотеку, сейчас они размещаются на сайте института <http://www.iis.nsk.su/library/lib.shtml>. С середины 90-х годов Мемориальной библиотекой им. А.П. Ершова руководит Ирина Юрьевна Павловская.

Библиотека развивается, реализуются новые современные функции. В 2018 году Сергей Трошков, сотрудник ИСИ, перенес её на платформу Drupal. Библиотека Ершова стала веб-приложением, теперь доступ к фондам Мемориальной библиотеки А.П. Ершова получил широкий круг пользователей Интернета по адресу <http://lib.iis.nsk.su/>.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черемных Н.А., Курляндчик Г.В. Библиотека и архив академика Ершова // Становление Новосибирской школы программирования: Мозаика воспоминаний. Под ред. проф. И.В. Поттосина. Новосибирск, 2001.
2. Городняя Л.В. Перспективно-стратегические парадигмы программирования академика Андрея Петровича Ершова // SoRuCom-2020: Пятая Международная конференция «Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР». М., 2020. С. 87-101.
3. Замулин А.В., Богданова Г.С., Бородин О.В., Котельников В.Г. и др. Архитектура информационно-поисковой системы общего назначения ВЕГА // Управляющие системы и машины. 1975. № 6. С. 17-24.
4. Курляндчик Г.В. Светлые годы // Андрей Петрович – ученый и человек / Отв. редактор А.Г. Марчук. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2006. С. 269-281. (Наука Сибири в лицах.)
5. Крайнева И.А., Черемных Н.А. Путь программиста. Новосибирск: Нонпарель, 2011. 222 с.
6. Курляндчик Г.В. Мой мессия // Перспективы систем информатики: Седьмая Международная конференция памяти акад. А.П. Ершова. Новосибирск, 2009. С. 57-60. (Семинар «История информатики в Сибири».)

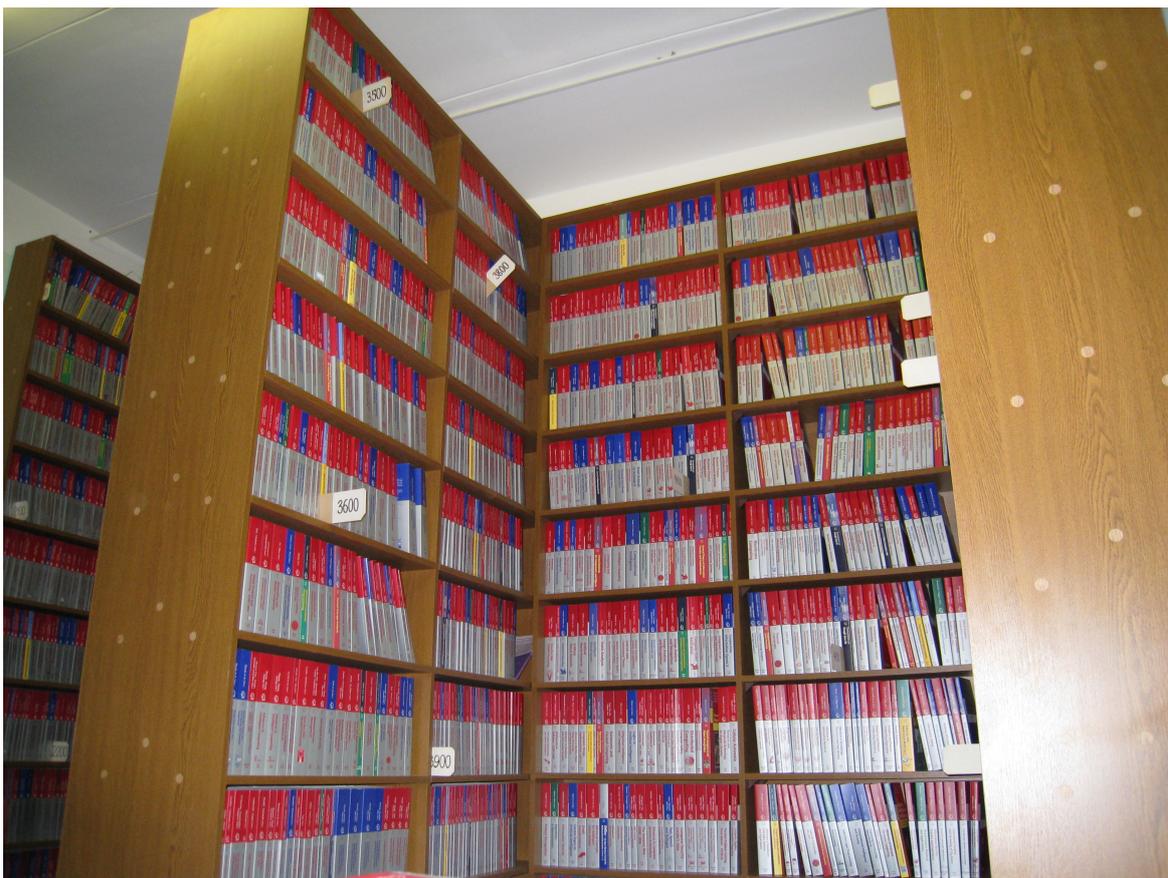


Рис. 2. Библиотека. На полках тома Lecture Notes in Computer Science

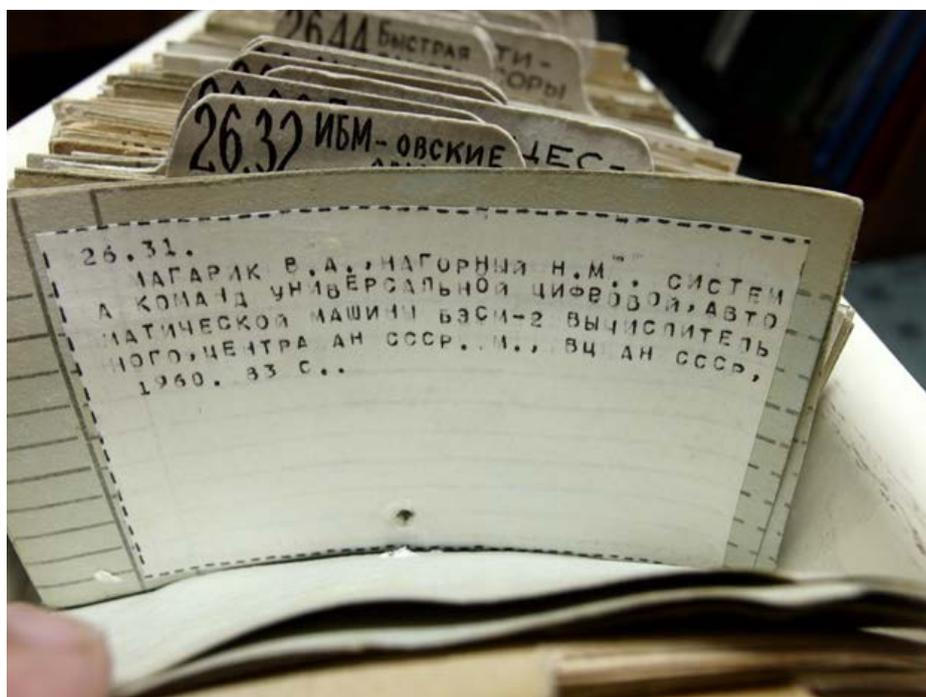


Рис. 3. Карточный каталог, впоследствии реализованный на БЭСМ-6

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ – ШКОЛА Н.Я. МАТЮХИНА (ВЗГЛЯД ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ)

Владимир Анатольевич Луцекин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация,  
lva735@gmail.com

**Аннотация** – В докладе рассматривается история первого использования системы автоматизации проектирования (АСП-1), созданной под руководством Н.Я. Матюхина. Рассказ ведётся не от лица программиста или разработчика системы автоматизированного проектирования, а от лица разработчика цифровой аппаратуры специального назначения, одного из первых пользователей различных компонентов системы. Рассказывается об опыте последовательного использования автоматизированной системы проектирования практически на всех этапах создания «изделия».

**Ключевые слова** – ТЭЗ, АСП, САПР, функциональное и логическое моделирование.

Посвящается памяти  
Александра Борисовича Залкинда

– Дело в том, что я лично присутствовал при всём этом...  
М.А. Булгаков. *Мастер и Маргарита*

### I. ВВЕДЕНИЕ

В середине – конце 60-х годов прошлого столетия во многих организациях – НИИ, академических институтах, вузах – проводились работы по созданию программных средств автоматизации проектирования. Появились первые публикации. Одна из первых «монографий» по теме автоматизации проектирования была издана в 1968 году [1]. Большинство публикаций, конференций, диссертационных работ по автоматизации проектирования описывали алгоритмы, процессы разработки с точки зрения собственно разработчиков программных средств автоматизации проектирования. Но эти средства, как правило, создавались не как некоторая самоцель, а как инструмент разработки технических средств, и, в первую очередь, цифровой техники. Пионерами в разработке АСП можно смело назвать подразделения, которые были созданы и которыми руководил Н.Я. Матюхин в одном из НИИ Министерства радиопромышленности. А подразделением, которое в том же НИИ «с колёс» использовало средства АСП, руководил А.Б. Залкинд.

В воспоминаниях [2] А.Б. Залкинд рассказывает о том, как он отказался от предложения Н.Я. Матюхина возглавить отдел автоматизации. Начальником этого отдела стал Е.И. Гурвич. К тому времени Е.И. Гурвич был хорошо известен специалистам по электронной технике как соавтор работы [3]. Публикаций со стороны пользователей средств АСП (САПР) было совсем немного. В настоящем сообщении делается попытка осветить некоторые моменты практического внедрения средств АСП. В этом рассказе будет мало фамилий разработчиков программных средств САПР. Практически все эти разработчики являлись авторами в сборниках [1, 4].

### II. КОНСТРУКТОРСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

В НИИ, где работал коллектив Н.Я. Матюхина и А.Б. Залкинда [1, 6], первыми были внедрены некоторые программы конструкторского проектирования, такие как программы трассировки, компоновки и размещения. Именно внедрены, хотя параллельно с разработкой программ конструкторского проектирования велись активные работы по функциональному, логическому проектированию и по автоматизированному выпуску текстовой конструкторской документации. Казалось, что в этих работах в первую очередь должны были быть заинтересованы конструкторские подразделения. Но многие конструктора, как рядовые сотрудники, так и руководители, на первых этапах развития автоматизации воспринимали внедрение подобных работ в штыки. Говорили о неэффективности, затратности (шесть солдат заменяют один экскаватор) и т.д.

Почему на первых порах конструкторами (и не только ими) автоматизация воспринималась негативно – не совсем понятно. Возможно, боялись конкуренции и проявления собственной некомпетентности, возможно, боялись сокращений, а, скорее всего, просто не хватало знаний и кругозора, чтобы понять выгоды от автоматизации. Что касается возможного сокращения числа сотрудников, в частности конструкторов, то об этом в то время было много разговоров. Наиболее оптимистично настроенные (или просто из желания продвинуть свои идеи и методы) говорили о сокращении сроков

разработки и количества работников различных специальностей и различного уровня в 2-3 раза. Были специалисты, в основном из числа разработчиков аппаратуры, которые утверждали, что сокращение сроков составит 20%-30%, а численность персонала вообще может и не сократиться (при том уровне методов автоматизации и мощности средств вычислительной техники). Одной из тех, кто придерживался подобного мнения, была Г.Е. Водарская.

Первым ТЭЗ (Типовой Элемент Замены), прошедшим полный цикл логического и конструкторского проектирования с выпуском СхЭ (Схема Электрическая Принципиальная) был ТЭЗ итогового сумматора для канала обмена данными с магнитным барабаном. Сама история разработки этого устройства (узла) примечательна. Следует отметить, что создаваемая в то время ЭВМ [6] проектировалась по принципам построения IBM 360. Основным источником знаний по IBM 360 была книга В. Штаркмана [5]. Штаркман не был автором книги, а редактором перевода, но все называли её «книга Штаркмана». Как говорил Е.Г Сталин эта книга для нас – Библия. В разрабатываемой ЭВМ впервые использовался подход (принцип) «канального обмена с внешними устройствами».

Одним из таких устройств был магнитный барабан, в то время одно из самых быстрых и объёмных устройств внешней памяти. Разработкой канала обмена с магнитным барабаном занималась группа В.П. Бирюкова. Среди других разработчиков была молодой специалист (не по статусу, а по возрасту) М.К. Костюк. Но вернусь к ТЭЗ итогового сумматора. При передаче данных на магнитный барабан и обратно, контроль должен был вестись на основе подсчёта суммы значений переданных байтов. Необходимо было разработать итоговый накапливающий сумматор. Г.Е. Водарская и разработала такой сумматор. Г.Е. Водарская применила оригинальный для того времени приём. В решении проблемы были использованы две идеи.

Первая – вертикальная «нарезка» разрядного оборудования, метод, который применялся нами с Галиной Ефимовной при разработке канала связи с центральным запоминающим устройством – канал ЦЗУ. При таком подходе резко сокращалась номенклатура используемых ТЭЗов, но требовалась разработка специализированных ТЭЗов, а не использование стандартных, разработанных отделом В.П. Гурнина. Вторая идея более специфичная.

Так как во многих элементных базах в основе лежала схема И-НЕ (штрих Шеффера – отрицание конъюнкции), то при сложении в прямых кодах в цепочке переноса в старший разряд приходилось ставить инвертор, что замедляло время выполнения операции сложения и увеличивало объём оборудования. Водарская предложила подавать на вход сумматора разряды данных, чередуя через разряд прямой и инверсный коды. Таким образом сократилось количество микросхем, увеличилась скорость получения контрольной суммы, что повлекло за собой и увеличение скорости обмена с магнитным барабаном.

Кроме автоматизированного выпуска различных схем, ТО, инструкций, было необходимо автоматизировать выпуск спецификаций: на основе перечня элементов отдельных узлов (ТЭЗ, блоки, колонки...) составлялись ведомости комплектующих и ведомости покупных. Традиционно эту работу выполняли в конструкторских подразделениях на основе «первичных» перечней элементов и ведомственных или союзных классификаторов. В.Ш. Туйсиным [7] был предложен безклассификаторный метод составления различных ведомостей. Если иметь в виду, что в те времена не было ни текстовых редакторов (процессоров), ни электронных таблиц, можно смело сказать, что работы Туйсина были пионерскими.

### III. ЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Разработка конструкторской документации на ТЭЗ итогового сумматора (не логической, а принципиальной схемы) была проведена полностью по циклу системы автоматизированного проектирования. Было сделано Описание Логических Связей (ОЛС): соединение логических элементов до их компоновки в конкретные микросхемы (в условных контактах). Было создано Описание Временных Диаграмм (ОВД) и проведено Логическое моделирование ТЭЗ – итоговый сумматор. Основным партнёром разработчиков в проведении моделирования была Т.П. Куликовская. Разработчики работали с ней в самом тесном контакте долгое время. Через несколько лет, когда разработка система АСП-1 (Автоматизированная Система Проектирования) уже была закончена, группа разработчиков была удостоена Премии Ленинского Комсомола.

В получении Премии, а не в работах по автоматизации проектирования, принял активное участие А.Н. Гуничев, о котором А.Б. Залкинд нелестно отозвался в своей книге [1]. У Гуничева брат работал в ЦК ВЛКСМ, и через него удалось включить разработчиков в список на соискание, а, возможно, и получить премию. Гуничев за содействие был включен в список лауреатов. На встрече в НИИ,

посвящённой 50-летию института, Куликовская рассказывая, как Гуничев ей жаловался, что потерял лауреатский значок, заметила, что хоть какая-то справедливость восторжествовала.

Как-то Куликовская сказала, что, если ещё раз будет разработка системы моделирования, она не сдаст её в эксплуатацию, пока не апробирует на ТЭЗах разработки Водарской. Действительно, ТЭЗы разработанные для канала КЦ (Канал связи с Центральным ЗУ) были одними из самых сложных и насыщенных. А тесты – ОВД – были наиболее полными и объёмными. Комплект документов на этот ТЭЗ, впрочем, как и на другие, разработанные в отделении Н.Я. Матюхина и прошедшие цикл (даже неполный) автоматизированного проектирования, был выпущен машинным способом. Другие ТЭЗы ещё долго выпускались вручную, и документация на них была «рисованная», а не распечатанная.

Правда, с распечаткой документации с использованием ЭВМ случались различные коллизии. Так, согласно ЕСКД, знак инверсии в СхЭ должен был изображаться на выходе логического элемента маленьким кружочком, вроде такого: «<sup>o</sup>». Это не ноль и не «о». В наборе символов печатающих устройств, таких как АЦПУ-128, такого символа не было. На нашем предприятии через СТП (Стандарт Предприятия) был утверждён в качестве знака инверсии знак «больше» (>). Для того, чтобы добиться использования такого символа, пришлось выдержать крупные «бои» с Отделом нормализации и стандартов (ОНС). Только поддержка «высокого руководства» позволила включить в СТП символы, не включённые в ЕСКД.

Вообще, вид документа напечатанного на АЦПУ, а не нарисованного тушью на кальке или не напечатанного на пишущей машинке, приводил ОНС почти в истерику. Здесь, наверное, имеет смысл сделать ещё одно отступление, имеющее непосредственное отношение к вопросам автоматизации. Объём конструкторской документации, которая должна была храниться в нескольких экземплярах, рос очень быстро. В места эксплуатации также поставлялась эксплуатационная документация. Необходимо было сокращать объёмы хранения. Было принято решение о микрофильмировании документации, т.е. документацию фотографировали и хранили плёнки или «микрофиши». И всё было бы хорошо, если бы не выяснилось, что требования к шрифтам при микрофильмировании не соответствуют стандарту символов АЦПУ. Таким образом, работы по автоматизации выпуска текстовой документации оказались напрасной тратой сил и времени. Первый выпущенный комплект документов на ТЭЗ итогового сумматора торжественно свернули в трубочку, обвязали красной лентой и отнесли демонстрировать тогда ещё не академику В.С. Семенихину. Ещё несколько слов о логическом моделировании, создании теста для устройств и контроле готовых изделий. Как уже упоминалось, имеется несколько подходов к составлению временных диаграмм для моделирования и контроля изделий. Можно составить тест (временную диаграмму) по уже готовой схеме и провести моделирование. При этом не проверяется правильность реализации схемы, её соответствие заданию.

Другой подход подразумевает создание временной диаграммы для моделирования и контроля готового изделия на основании идеи или ТЗ на разрабатываемое устройство. При таком подходе проверяется соответствие реализации самой идеи разработки, но возникает масса различных трудностей. Не говоря уже о том, что многим разработчикам была непонятна сама идея такого подхода, трудно выработать алгоритм создания такого теста и определить критерии полноты. Если при проведении моделирования и создании теста на основе принципиальной схемы можно было определить типы выявляемых ошибок (наличие неисправности типа одиночной константы «нуля» или «единицы»), то при «функциональном» подходе такие критерии установить сложно. Для обеспечения полноты контроля необходимо было бы провести проверку на всём наборе возможных (а не только допустимых) значений входных переменных. Г.Е. Водарская была сторонницей и проводником идеи «функционального» подхода. Такой подход был встречен жесткой оппозицией Е.И. Гурвича. Кроме чисто технических и теоретических возражений, он использовал и административные и конъюнктурные методы. Е.И. очень боялся, что подход Водарской создаст конкуренцию работам, которые проводились в его подразделении. Е.И. Гурвич как-то сказал автору примерно следующее: «Володя, неужели Вы считаете, что Галя сможет составить конкуренцию моим ребятам? И вообще, ей не хватит теоретических знаний...»

#### IV. ПРОИЗВОДСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Вопросы, связанные с автоматизацией производства являлись одним из звеньев в цепи цикла разработки, производства и эксплуатации изделий. Поэтому в подразделениях Матюхина-Залкинда разрабатывались методы и средства автоматизированного контроля и диагностики технических средств, а также технологической подготовки и самого производства.

Эксплуатацию можно рассматривать как продолжение производства. Особенно всё, что связано с восстановлением работоспособности. Методы и средства контроля и диагностики должны

соответствовать таким же методам и средствам, которые используются при выходном контроле на предприятии-изготовителе. Можно перечислить некоторые из таких средств:

- комплекс программных и аппаратных средств прошивки ДЗУ и их контроля и диагностики;
- устройство подмены команд в ДЗУ для отладки программ;
- стенды контроля ТЭЗ и блоков.

#### V. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

При формализации описания функционирования изделий использовался язык функционального моделирования МОДИС-В. Первое формальное описание цифровых устройств на языке МОДИС было использовано при составлении технических описаний ТО на ЭВМ «предпоследней» разработки коллектива А.Б. Залкинда [6]. Представитель заказчика называл этот язык «птичьим» [1]. На местах эксплуатации такие описания были восприняты крайне негативно. Хотя формальные описания использовали в ИТМ ВТ для БЭСМ-6. Работа с языком МОДИС-В для нас началась с попыток моделирования канала КЦ. Дело в том, что согласно плану работ, мы должны были передать конструкторскую документацию на завод-изготовитель где-то до конца мая 1970 г. К этому времени разработка ещё не была завершена. И на завод-изготовитель зачастую передавались «пустышки» СхЭ, спецификаций и монтажных схем (СхМ). Мы точно знали, что до осени будет вестись технологическая подготовка производства, создание оснастки, составление маршрутно-технологических схем, приобретение комплектующих, не под конкретные устройства, а общего назначения. И мы рассчитывали к осени завершить разработку, провести изменения в документации и передать на завод-изготовитель.

Цикл подготовки производства, запуска изготовления первых блоков в то время составлял несколько месяцев, и у нас было «свободное» время. И было принято решение попробовать провести функциональное моделирование канала КЦ. Что такое функциональное моделирование, разработчики тогда понимали плохо. Основным разработчиком системы функционального моделирования был А.М. Енгальчев. В моделировании нашего блока приняли участие все разработчики: Г.Е. Водарская, Е.А. Овчинникова (Е.А. Анно) и автор при поддержке и консультациях А.М. Енгальчева.

На первых этапах нам было совершенно непонятно, как вносить изменения в описание модели при обнаружении ошибок. Енгальчев объяснял примерно так: «Вы нашли неправильную связь. Что вы делаете при настройке блока? Вы отпаиваете проводник от контакта, и припаиваете его на другое место. Так и тут: вы в описании схемы удаляете описание связи или выражение, описывающее функционирование этой части схемы и делаете другое описание». Неподготовленность в вопросах моделирования вылилась в то, что разработчики взяли очень короткий временной такт моделирования, меньше длительности такта работы устройства микропрограммного управления. Из-за этого резко возрастало время моделирования одного такта микропрограммы, т.е., практически, пытались проводить не функциональное моделирование, а что-то среднее между логическим моделированием и «физическим» – на уровне не логики, а сигналов. Свою ошибку мы быстро поняли, но время ушло.

Описание модели и временных диаграмм моделирования подготавливалось на специальных бланках, которые передавались в отдел подготовки данных, там они переводились на перфокарты, выдавались «распечатки» этих перфокарт – описание модели, которые надо было сверить с бланками. В случае обнаружения ошибок отдавались необходимые данные для перебивки. Никакого терминального доступа в то время ещё не было, и цикл подготовки данных занимал значительное время – дни. Когда данные были подготовлены, заказывалось машинное время на ВЦ предприятия на ЭВМ типа М-220. Машинное время выделялось нерегулярно и недостаточно. Машины работали неустойчиво. Данные переносились на магнитные носители – магнитные ленты. На магнитных лентах же находилась и система моделирования, которую каждый раз необходимо было загружать в память ЭВМ. Загрузить систему и данные с первого раз не всегда удавалось, а если учесть, что и система ещё не была отработана, и отработка, по существу, проходила на блоке канала КЦ, можно представить, сколько моральных, физических и временных затрат это всё потребовало.

Чтобы не погружаться в технические подробности, коротко можно сказать следующее: из 256 микрокоманд было промоделировано порядка 8. И это дало грандиозный эффект: когда поступили под настройку каналный блок, разработчики канала КЦ не стали включать свой блок под напряжение: уже было ясно, что надо менять в принципиальной схеме и в микропрограмме. Функциональное моделирование позволило резко сократить период настройки и, наверное, первыми завершить автономную настройку каналного блока. В дальнейшем функциональным моделированием на МОДИС занималась группа, которую возглавил В.М. Соболев, а основным помощником был М. Александрович. Они проводили работы по моделированию не для какого-то конкретного устройства, а для подразделения А.Б. Залкинда в целом.

## VI. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

При НИИ существовала базовая кафедра МИРЭА. На кафедре преподавали профессор Н.Я. Матюхин, доцент А.Б. Залкинд, ассистент Г.Е. Водарская, автор – старший преподаватель В.А. Лушекин и ещё несколько сотрудников из подразделений Матюхина-Залкинда. По предложению Г.Е. Водарской в рамках курса ЭВМ и вычислительных систем был разработан цикл лабораторных работ по использованию средств автоматизации проектирования. Вся работа по внедрению этих лабораторных работ проводили сотрудники группы Г.Е. Водарской – Е.А. Анно и В.А. Лушекин. Техническое сопровождение вели Г. Газумян и Е.В. Климова (Омурбаева). Для проведения работ был разработан стенд с десятью попарно сдублированными разъёмами для установки ТЭЗ. Один разъём пары был предназначен для установки ТЭЗ. Дублирующие разъёмы были предназначены для коммутации. Коммутация осуществлялась при помощи специально разработанных шнуров–соединителей.

Студентам выдавалось задание на разработку простейшего цифрового устройства (регистр сдвига, реверсивный регистр, шифратор, дешифратор, сумматор...). Предоставлялся набор ТЭЗов. Необходимо было составить формальное описание устройства на языке МОДИС-В, составить функциональную схему и реализовать её при помощи имеющегося набора ТЭЗов. Собрать устройство. Создать тест для проверки функционирования устройства. В распоряжение базовой кафедры был предоставлен стенд контроля на базе ЭВМ «Наири-М», а позже АСК АМЕРИСТ-1. Разработанное студентами устройство для АСК представляло собой ТЭЭ (по количеству входов/выходов и по типу разъёма). Далее проходила стандартная отладка, как теста, так и самого устройства. После завершения отладки, преподаватель мог внести константную неисправность (разорвать цепь – логическая единица или подать ноль питания – логический ноль), т.е. проводилась проверка на условную полноту теста. Такие лабораторные работы наряду с теоретическим курсом, готовили студентов к практической работе при разработке технических средств в НИИ.

## VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отдел Автоматизации проектирования перевели в отделение Главного технолога (В.Г. Журавский), после ухода из НИИ Е.И. Гурвича. Отдел возглавил В.В. Гольдин. Г.Е. Водарская создала Комплексную Систему Автоматизации Разработки – КОСАР, успешно внедрённой в Отделении А.Б. Залкинда и на заводе–изготовителе. Летом 1977 года Галина Ефимовна успешно защитила диссертацию на ученую степень к.т.н., но вручение диплома не состоялось – в октябре того же года Галины Ефимовны не стало... Также давно с нами нет большинства разработчиков, как аппаратуры, так и первых вариантов Автоматизированной Системы Проектирования... На заводе–изготовителе систем, разработанных в НИИ, были внедрены методы автоматизации технологической подготовки производства, самого производства и контроля готовой продукции. На местах эксплуатации систем были внедрены автоматизированные системы контроля и диагностики технических средств, что помогло значительно увеличить Коэффициент готовности систем в целом. За последние 55 лет в автоматизации проектирования изменилось практически всё. И сейчас, наверное, современным специалистам, студентам соответствующих специальностей трудно даже представить, что так приходилось работать. Можно вспомнить слова А.М. Горюхицкого из песни, посвящённой памяти Юрия Визбора:

«Нас не вспомнят в избранном – мы писали плохо,  
Нет печальной участи первых петухов...»

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Применение вычислительных машин для проектирования цифровых устройств. Под ред. Матюхина Н.Я. М.: Советское радио, 1968.
2. Залкинд А.Б. Маленькие истории о больших и средних ЭВМ. М.: ТЭСИС, 1998.
3. Гурвич Е.И., Щукин Л.Б. Ферротранзисторные элементы и их применение в цифровых автоматических устройствах. М.: Госэнергоиздат, 1963. 153 с.
4. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Курейчик В.М. Применение графов для проектирования дискретных устройств. М.: Наука, 1974. 304 с.
5. Вычислительная система IBM/360: Принципы работы. Под ред. В.С. Штаркмана. М.: Советское радио, 1969. 440 с.
6. Малиновский Б.Н. История вычислительной техники в лицах. К.: фирма «КИТ», ПТОО «А.С.К.», 1995. 384 с.
7. История создания и развития кафедры ЭВМ в Казанском авиационном институте // <https://www.computer-museum.ru/articles/materialy-mezhdunarodnoy-konferentsii-sorucum-2014/668/>

## ДВЕ ОШИБКИ НА ЗАРЕ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

**Борис Михайлович Малашевич**

*Ветеран микроэлектроники, Зеленоград, Москва, Российская Федерация, boris@malashevich.ru*

**Аннотация** – Кратко рассмотрен первый в стране сравнительный анализ состояния развития микроэлектроники в СССР и за рубежом по состоянию на начало 1965 г., выполненный в НИИФП зеленоградского Центра микроэлектроники. Особое внимание обращено на два его фрагмента: о прогнозе магистральных направлений развития микроэлектроники и об источнике заблуждения о 10-летнем отставании советской микроэлектроники.

**Ключевые слова** – анализ, микроэлектроника, интегральная схема (ИС), технология, производство.

### I. ВВЕДЕНИЕ

В архиве первого директора и основателя зеленоградского Центра микроэлектроники (ЦМ) Фёдора Викторовича Лукина, переданном мне его сыном Владимиром Фёдоровичем, сохранился аналитический документ: «Сравнение достижений микроэлектроники в СССР и за рубежом», подводящий итоги первого этапа создания отечественной микроэлектроники к началу 1965 г. Подготовлен он был где-то до марта 1965 г. аналитиками предприятия п/я 2014 (НИИ Физических проблем – НИИФП), созданным в январе 1964 г. Это следует и из задач НИИФП, и из штампа в верхнем левом углу первой страницы, свидетельствующего, что документ 9 апреля 1965 г. разослан предприятием п/я 2014.

Это около двух лет существования (с момента подписания приказов о создании предприятий, включая начальные организационные хлопоты) НИИТМ и НИИМП, около полутора лет – НИИТТ и НИИМВ, около года – НИИМЭ и НИИФП. Следовательно, это сравнительный анализ развития зарубежной и отечественной микроэлектроники после самых первых её шагов. Очевидно, это первый зеленоградский сравнительный анализ состояния отечественной и зарубежной микроэлектроники на этот период.

В анализе достаточно широко и глубоко проанализировано сделанное и поставлены задачи на будущее, а также выделены два главных, на мой взгляд, момента:

- сравнение с мировым уровнем, поскольку ситуация в мире требовала создания в стране передовой микроэлектроники,
- выделение технологических аспектов, поскольку развитие микроэлектроники определяется в первую очередь технологией производства и самих ИС, и всего того, что для этого требуется.

В анализе немало интересного для современных историков отечественной микроэлектроники, поэтому прилагаю его факсимильную копию в приложении 1 к статье. Я же остановлюсь на двух его аспектах.

### II. О НАПРАВЛЕНИЯХ РАЗВИТИЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

В первых же строках анализа нашло яркое отражение весьма ещё приближённое в мире представление о путях развития микроэлектроники. В этих строках объявлены два магистральных направления её развития: «Микроэлектроника твёрдых схем» – полупроводниковые интегральные схемы (ИС), в которых все элементы выполнены методами полупроводниковых технологий на основе сложных и дорогих процессов, основные из которых диффузия (вторжении специальных примесей в кристаллическую решётку полупроводника) и эпитаксия (наращивание одного кристаллического материала на другом). Это основная масса ИС.

«Микроэлектроника тонкоплёночных схем» – ИС, в которых все пассивные и активные элементы выполняются на поверхности диэлектрической подложки методами тонкоплёночной многослойной технологии последовательным избирательным нанесением тонких плёнок соответствующих материалов. Без применения сложных и дорогих процессов диффузии и эпитаксии.

Тогда в мире преобладало мнение, что тонкоплёночная технология, как принципиально более простая, разовьётся быстрее полупроводниковой. В анализе говорится, что произойдёт это «через 2-3 года», т.е. к 1967-68 годам. Эту позицию поддерживали и ряд отечественных специалистов. В ЦМ наиболее активно созданием тонкоплёночных ИС занималось КБ-2 Староса – ленинградский филиал ЦМ. Они даже пытались сделать на её основе бортовую ЭВМ УМ-3, но неудачно (хотя некоторые его специалисты считали, что тонкоплёночный транзистор они создали). Вот как об этом

пишет участник работ М.С. Лурье: «Плёночные транзисторы мы сделали. Придумали для этого совершенно новый метод вакуумного осаждения многокомпонентных соединений, который до сих пор применяется для разных целей. Обогнали даже по характеристикам американцев. На коллегии министерства демонстрировали плёночный усилитель. Но вся плёночная эпопея в мире уступила место твёрдотельным микросхемам. Микроэлектроника, как и всё новое, развивалась методом проб и ошибок в поисках оптимального пути. Из плёночных технологий в том виде, как их понимали тогда, живут до сих пор практически только гибридные сборки» [1].

Но это поздние ностальгические воспоминания, а вот что написано в сохранившемся в архиве Лукина документе «Справка об итогах работы ЦМ по результатам 1963 и задачах на 1964 г» (Приложение 2, стр. 4): «КБ-2 разработан также эскизный проект и изготовлен лабораторный макет электронной вычислительной машины УМ-3 на плёночных логических микросхемах. Однако в ходе работы выяснилось, что для создания машин подобного класса требуется дальнейшее совершенствование технологии изготовления плёночных многослойных микросхем. Работы в этом направлении ведутся силами организаций Центра микроэлектроники». Упоминания о работах над плёночными ИС ещё несколько лет встречались в документах из архива Лукина, но информации об успехах в них не было. А затем они исчезли.

Так или иначе, надежды и прогнозы нигде в мире не оправдались – серийноспособных надёжных тонкоплёночных диодов и транзисторов, а значит и ИС, не получилось. Прогноз о перспективах их развития не оправдался и ныне практически забыт. Как забыт и пессимизм относительно темпов развития полупроводниковых ИС, которые развивались существенно быстрее предсказаний. Тем не менее, результаты работ по тонкоплёночным пассивным элементам нашли широкое применение в тонкоплёночных гибридных ИС (ГИС) и микросборках.

### III. О ДЕСЯТИЛЕТНЕМ ОТСТАВАНИИ

В анализе имеются два фрагмента, согласиться с которыми невозможно:

Фрагмент 1: «Первые работы по микроэлектронике за рубежом начаты в 50-х годах, 15 лет тому назад».

15 лет назад – значит, в 1950 году. В 1950 г. в мире был только точечный транзистор Бардина и Браттейна. Точечный транзистор – это две подпружиненные иголки, упирающиеся в поверхность полупроводника в непосредственной близости друг от друга. Конструкция собиралась из дискретных элементов: две иголки, кристалл полупроводника и объединяющие их детали. Все элементы были сделаны из разных материалов и по разным технологиям – вариант, принципиально не пригодный для микроэлектроники. Точечные транзисторы работали, но крайне ненадёжно и быстро были вытеснены плоскостными транзисторами. Значит, говорить именно о микроэлектронике «15 лет тому назад», т.е. в 1950 г., не приходится. Это утверждение ошибочно.

Первый промышленный образец плоскостного транзистора Шокли появился в 1951 г. А в 1952 г. Даммер впервые в мире выдвинул умозрительную идею интегрального устройства. Далее и за рубежом, и в СССР было сформулировано несколько предложений её реализации, даже с патентами, но все они не были реализованы, не нашли развития. Утверждение, что это «первые работы по микроэлектронике», равноценно возможному утверждению, что первые работы по вертолётам начал Леонардо да-Винчи. Ведь его чертежи сохранились. Значит, учитывать эти предложения в рассматриваемом анализе нельзя.

О том, что о микроэлектронике в 1950-е годы за рубежом всерьёз не думали, свидетельствует история начала работы Килби и Нойса – общепризнанных изобретателей интегральной схемы [2]. Первым был Килби из фирмы *Texas Instruments*. Он вспомнил об идее Даммера и нашёл способ её реализации: «Моя заслуга в том, что, взяв эту идею, я превратил её в реальность» [3], сказал Дж. Килби позже в своей нобелевской речи. Но занялся проблемой он в 1958 г., и его реализация оказалась не серийноспособной. Понимал это и сам Килби: «Когда шведский физик, представлявший Килби на церемонии вручения премии<sup>1</sup>, сказал, что его открытие стало началом глобальной цифровой революции, Килби скромно, с грустью ответил: «Когда я слышу нечто подобное, я вспоминаю, что бобёр сказал кролику, когда они стояли у подножия плотины Гувера: “Нет, я не сам её построил, но она основана на моей идее”» [4].

Нойс занялся проблемой, узнав о результатах Килби. Он нашёл способ решения проблемы внутренних межсоединений, с которой Килби не справился. И создал планарно-эпитаксиальную технологию, по которой до сих пор микроэлектроника развивается. Значит, первые реальные работы по микроэлектронике за рубежом начаты 24 июля 1958 года, когда Килби сформулировал в лабораторном

<sup>1</sup> Нобелевской премии.

журнале концепцию «Идея монолита» (*Monolithic Idea*). Значит за рубежом работы по микроэлектронике были начаты не за 15, а за 7 лет до написания анализа.

Фрагмент 2: «В СССР первые лабораторные работы по микроэлектронике начались в 1959-1960 году, т.е. на 10 лет позже, чем за рубежом».

Это утверждение также ошибочно. Вот примеры. Весной 1958 года в Таганрогском РТИ заведующий кафедрой конструирования и производства РЭА Л.Н. Колесов подготовил Проект направления исследовательских работ, содержащий формулировку целей, постановку задачи и конкретных тем по микроэлектронике. А в 1961 году в ТРТИ была создана функционирующая ИС на германии. Осенью 1962 года ТРТИ утвердили головным институтом в системе вузов по направлению «Создание микроэлектронной аппаратуры высокой надёжности и автоматизация её производства». Одновременно Минвузом был создан совет по координации работ в этой области во главе с Л.Н. Колесовым. Таким образом, ТРТИ внёс свой немалый вклад в распространение в стране идеи микроэлектроники и в подготовку соответствующих инженерных кадров в вузах страны [2].

В 1959 г. А.А. Колосов из ведущего тогда в радиоэлектронике страны КБ-1 (позже НПО «Алмаз») по поручению Лукина, тогда главного инженера КБ-1, приступил к изучению подходов к микроминиатюризации электронной аппаратуры по иностранным и отечественным источникам. Результаты этой работы были изданы 26.09.1960 г. в 132-х страничной монографии Колосова «Вопросы молекулярной электроники» [5]. Ознакомившись с ней, Л.И. Реймеров из ленинградского НИИРЭ предложил однокристалльную реализацию универсальной логической функции «НЕ-ИЛИ», разработанную в НИИРЭ. Эта схема под названием Р12-2 (серия 102) производилась на Рижском ЗПП до 1995 г. [2].

Таким образом, первые работы по микроэлектронике в СССР были начаты в 1958 г., т.е. за семь лет до написания документа, и практически одновременно с США. Значит, фрагмент 2 в анализе правильное было бы сформулировать так: «В СССР первые лабораторные работы по микроэлектронике начались в 1958 году, одновременно с зарубежными, конкретно – с США». Как показано в [2], серийное производство микросхем СССР и США начали одновременно, в 1962 г. Значит, и в начале работ, и в создании ИС, и в начале их серийного производства, и в практическом промышленном применении в аппаратуре СССР и США развивались одновременно. Но заметим, что «Гном», для построения которого в НИИРЭ разрабатывали ИС Р12-2 [2], был первым в мире авиационным бортовым компьютером, что не столь важно, но приятно.

Однако ликовать всё же не приходится, поскольку планарно-эпитаксиальная технология Нойса оказалась значительно лучше нашей, и мир, в том числе и мы, развивался и развивается поныне по его технологии. В этом мы от США, точнее от Нойса, отстали, как и другие фирмы США, и весь остальной мир. Встаёт вопрос – насколько отстали?

Серийное производство планарно-эпитаксиальных ИС фирма *Fairchild* Нойса начала в 1962 г., а наш «Микрон» – в 1965 г. Значит, реально в начале производства ИС в целом СССР от США не отставал, а даже незначительно опережал [2], а в планарно-эпитаксиальных ИС отстал на 3 года. Но Р12-2 и модули «Квант» на основе своей технологии эти три года уже серийно производились и широко применялись. Таким образом, вывод автора анализа о десятилетнем отставании от США был ошибочным. Объясняется эта ошибка, на мой взгляд, низким уровнем экспертизы – информации было крайне мало, готовых специалистов в стране не было. А свои специалисты ещё не выросли, ведь реально НИИФП только формировался. Вот что об этом написано в Приложении 2, напомним, написанного в начале 1964 г.: «7. В 1964 году начал создаваться институт теоретических основ, задачей которого является разработка вопросов, определяющих новые пути развития микроэлектроники. До окончания строительства корпуса завода машиностроения, этот институт будет иметь мало площадей (2-3 комнаты). В течение 3-4 месяцев его главной задачей будет являться подбор руководителей подразделений, способных творчески развивать теорию». Так что следует удивляться, как в таких условиях эксперты смогли написать высококачественный анализ. Как свидетельствует канцелярский штампик, анализ был разослан по предприятиям Центра микроэлектроники, а, весьма вероятно, ещё шире. Воспринимался он как официальный документ и принимался на веру. Так эта ошибка распространилась, закрепились в сознании людей и до сих пор воспроизводится во многих публикациях. Впрочем, это единственная заметная ошибка в анализе.

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В анализе ещё отражена распространённая тогда в мире надежда на успехи создания в течении 2-3 лет тонкоплёночных диодов и транзисторов, а значит и ИС, отличающихся от полупроводниковых простыми конструкцией и технологией – а, следовательно, более высокой надёжностью и низкой

себестоимостью. Но эти надежды не оправдались, серийноспособных тонкоплёночных диодов и транзисторов нигде в мире создать не удалось.

Авторы анализа допустили радикальную ошибку в оценке сроков начала работ по созданию микроэлектроники в СССР и США, приписав нам 10-летнее отставание. Впоследствии широко распространившуюся. В результате мы сами оказались источником дезинформации, дискредитирующей страну, отрасль и её специалистов. В целом же анализ выполнен на высоком научном уровне и содержит интересную ныне информацию.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лурье М.С. О тонкоплёночном транзисторе // Файл «1.9. Stenogramma soveshchaniya.pdf» на диске, приложенном к книге М.П. Гальперина «Прыжок кита» (СПб.: Политехника-сервис, 2010. 352 с.).
2. Малашевич Б.М. Начала микроэлектроники // В настоящем сборнике.
3. Первые полупроводниковые ИС в США // МегаЛекции (megalektsii.ru)
4. Защита открытий // Защита открытий. Инноваторы. Как несколько гениев, хакеров и гиков совершили цифровую революцию (wikireading.ru).
5. Колосов А.А. Вопросы молекулярной электроники. М., КБ-1, Отдел научно-технической информации, 1960. 132 с. [http://www.computer-museum.ru/books/voprosi\\_molekulyarhoi\\_kolosov.pdf](http://www.computer-museum.ru/books/voprosi_molekulyarhoi_kolosov.pdf)

## Приложение 1.

ПРЕДПРИЯТИЕ п/я 2014
ИСХОД. № 3/197 9. VII 1965 Подпись: <i>Бекба</i>

5

СРАВНЕНИЕ ДОСТИЖЕНИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ  
В СССР И ЗА РУБЕЖОМ.

В современной микроэлектронике развиваются, в основном, два направления:

- а) микроэлектроника твердых схем;
- б) микроэлектроника пленочных схем.

Развитие микроэлектроники требует решения целого ряда научно-технических задач, важнейшими из которых являются разработки новой технологии, разработка и изготовление нового оборудования и приборов, создание новых материалов, разработка принципиально новых схемотехнических и конструктивных решений аппаратуры и подготовка кадров.

Развитие и достижения в области микроэлектронной техники за рубежом и у нас в стране целиком определяются успехами в решении перечисленных выше задач.

Основным производителем продукции микроэлектроники за рубежом являются США. Ряд крупнейших американских полупроводниковых фирм как Файрчайлд, Тексас Инструментс, Моторола, Транзитрон и др. имеют во многих странах Европы и Америки свои филиалы, которые в настоящее время организуют микроэлектронное производство.

Первые работы по микроэлектронике за рубежом начаты в 50-х годах, 15 лет тому назад.

- 2 -

Микроэлектроника твердых схем развивалась на базе освоения т.н. планарной технологии создания транзисторов. Планарная технология в зарубежной полупроводниковой промышленности освоена почти семь лет тому назад.

За последние 2-3 года десятки полупроводниковых фирм, производивших планарные транзисторы, перевели свое производство на выпуск твердых схем без особого его перевооружения, полностью используя комплекты оборудования, опыт и знания, накопленные ранее в производстве планарных транзисторов.

Сегодня в Америке около 90 фирм выпускают микроэлектронную продукцию. Выпускается около 160 типов микросхем стоимостью от 20 до 60 долларов за штуку. Объемы производства твердых схем иллюстрируются следующими примерами:

фирмы Файрчайлд и Тексас Инструментс выпускают 20+60 тыс. микросхем в неделю, фирма Моторола - 8+12 тыс. микросхем в неделю. Полезный выход микросхем не превышает 2+5%. Вся выпускаемая микроэлектронная продукция направляется в фирмы, производящие аппаратуру, иногда по цене ниже себестоимости из-за конкуренции. В настоящее время в разработке находятся около 54 управляющих вычислительных бортовых устройств, радионавигационные системы, устройства бортовой автоматки. Однако серийный выпуск устройств с применением микроэлектроники еще не начат. Объем затрат на разработки и организацию производства твердых схем в США достигает 10+15 млн. долларов в год. Объемы производства пленочных микросхем за рубежом меньше объемов производства твердых схем

- 8 -

по ряду причин, важнейшими из которых являются следующие:

а) пленочная микроэлектроника развивается на базе технологии, существенно отличной от технологии твердых схем. Освоение новой технологии требует создания совершенно новых типов вакуумного оборудования и разработки новых технологических принципов;

б) в настоящее время еще не разработаны пленочные транзисторы. Поэтому техника пленочных микросхем развивается по линии гибридизации, совмещения в одной схеме пассивной пленочной части и навесных транзисторов и диодов, диодных и транзисторных матриц, выполненных по технологии твердых схем.

В Англии и США примерно 20 фирм разрабатывают пленочные гибридные микросхемы. По оценке зарубежных специалистов, с созданием через 2 - 3 года пленочных активных элементов пленочная микроэлектроника будет успешно конкурировать с микроэлектронными твердыми схемами.

Зарубежная промышленность обладает большим опытом создания необходимого прецизионного технологического оборудования, сверхчистых материалов и химических реактивов специально для электроники. Во многих зарубежных странах имеются крупные специализированные фирмы с мировой известностью, производящие технологическое оборудование и материалы (Кулик и Софа, Ройс, Бальзерс, Эдвардс Кодак и др.).

В СССР первые лабораторные работы по микроэлектронике начались в 1959-1960 году, т.е. на 10 лет позже, чем за рубежом.

- 4 -

В 1962 году было принято Постановление ЦК КПСС и Совета Министров о начале работ по созданию микроэлектронной промышленности. В соответствии с Постановлением были начаты разработки основных комплектов технологического оборудования, разработка и освоение технологии, научно-исследовательские работы и подготовка кадров.

Первые образцы оборудования разрабатывались в НИИ-35; к этим работам присоединились предприятия Центра микроэлектроники.

Организованный в Центре институт молекулярной электроники только начал работу и сможет освоить коммерческий выпуск твердых схем не ранее, чем через 2 - 3 года.

Мы ожидаем, что в 1966 году будут окончательно отработаны промышленные комплексы оборудования.

К разработке твердых схем в СССР приступили следующие предприятия и организации: п/я 281, п/я 2021, п/я 2603, Рижский завод полупроводниковых приборов.

В качестве специальной организации, которая предназначается для разработки и выпуска твердых схем, можно назвать только п/я 2021, для которого строится здание с производственной площадью  $5 \text{ тыс. м}^2$  с предполагаемым выпуском 12 тыс. микросхем в неделю.

На предприятии п/я 281 создана линия твердых схем, занимающая  $1,5 \text{ тыс. м}^2$ , производительность которой 4 тыс. микросхем в неделю.

- 5 -

Годовые затраты на разработку твердых схем составляют в стране около 1 + 2 млн. рублей. К 1970 году ожидается стоимость одной микросхемы порядка 50 + 150 руб.

По пленочной микроэлектронике работы в стране развиваются также только два года. Сейчас освоены основы пленочной технологии, созданы опытные линейки полупромышленного типа, налажено опытное производство материалов, проводятся исследования по физике тонких пленок, физике вакуума и др.

В Центре микроэлектроники освоено производство микроприемников на пленочных микросхемах.

В силу ряда специфических особенностей пленочная технология более проста и производительна, чем твердосхемная.

Создаваемые конвейерные вакуумные линии как за рубежом, так и у нас проектируются на выпуск 5 + 30 тыс. микросхем в смену.

#### П. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ И ПРОБЛЕМЫ, СТОЯЩИЕ ПЕРЕД МИКРОЭЛЕКТРОНИКОЙ

В настоящее время в СССР создан научно-технический задел, который позволяет поставить вопрос об организации производства микроэлектронных элементов и микроэлектронной аппаратуры. Микроэлектронная техника осваивается на опытном производстве предприятий п/я 2016, п/я 281, п/я 2021, однако в ближайшую пятилетку понадобится организовать серийный выпуск изделий микроэлектроники на 5-6 заводах.

- 6 -

В связи с этим будет необходимо разработать и произвести большое число комплектов технологического оборудования, которое в настоящее время производится в единичных экземплярах одной-двумя организациями. Кроме организации производства технологического оборудования на ряде заводов, необходимо закупить комплектные линии и специальное оборудование и приборы у зарубежных фирм. Аналогичным образом, будет необходимо форсировать производство сверхчистых материалов для потребностей микроэлектроники.

В настоящее время разработкой и поставками материалов для нужд микроэлектроники занимается только опытное производство предприятия п/я 2017.

Необходимо широкое участие в производстве сверхчистых материалов, реактивов, газов предприятий Государственного комитета по химии. Организация микроэлектронного производства потребует привлечения организаций целого ряда министерств и ведомств.

Для обеспечения широкого развития микроэлектронного производства уже в настоящее время необходимо вести разработки микроэлектронных элементов и устройств широкой номенклатуры. Опыт развития микроэлектроники за рубежом говорит о том, что наряду с созданием элементов необходимо параллельно создавать и испытывать и микроэлектронные устройства. В этом отношении организация Центра микроэлектроники как научно-производственного комплекса предприятий полностью отвечает этим требованиям и является уникальным достижением в деле организации научно-

- 7 -

технических работ в мировой практике.

Основным направлением разработок в микросхемотехнике должно явиться повышение надежности плотности упаковки элементов и создание устройств с возможно большей функциональной полнотой.

В целях обеспечения успешного развития микроэлектроники необходимо развернуть научно-исследовательские работы по целому ряду научных направлений, таких как физика твердого тела, физика пленок, физика вакуума, физика низких температур, химии, физика жидкоэлектронных и оптоэлектронных систем, теории создания ЭВМ с качественно новыми детерминированными и вероятностными принципами организации, теории создания устройств, использующих принципы построения биологических организмов. Для обеспечения широкого развития в стране микроэлектроники необходимо подготовка кадров новых специалистов.

Специалисты США прогнозируют, что к 1970 году будет осуществлен перевод 70% радиоэлектронной техники на микроэлектронные элементы.

Перед отечественной микроэлектроникой стоит аналогичная, огромной сложности задача. Одним из важнейших достижений микроэлектроники в ближайшие годы явится создание в больших системах, которые не могли быть реализованы на элементах обычной радиотехники в силу малой надежности, большого потребления энергии, больших весов и габаритов.

Основной задачей на ближайшие годы является перевооружение предприятий министерства радиоэлектронной промышленности.

## Справка об итогах работы ЦМ по результатам 1963 и задач на 1964 г.

1963

С П Р А В К А

I. Непрерывное усложнение требований, предъявляемых к радиоэлектронным системам управления военными и промышленными объектами, привело к тому, что системы стали громоздкими, содержат десятки тысяч элементов, сотни тысяч соединений и имеют недостаточную надежность.

Необходимость повышения надежности систем, уменьшения их веса, габарита и стоимости заставляет искать новые пути проектирования радиоаппаратуры.

Применение в конструкциях аппаратуры модулей, собранных из дискретных элементов, только частично решает проблему, поскольку общее количество деталей и соединений, их свойства и параметры схем, вообще говоря, остаются прежними.

В последние годы в мировой практике появилось новое направление в проектировании и изготовлении радиоэлектронных устройств. Это направление, называемое микроэлектроникой, основываясь на последних достижениях физики, химии и специального машиностроения, предусматривает создание принципиально новой физико-химической технологии и оборудования для механизированного изготовления функциональных схем в едином технологическом процессе, позволяющем значительно сократить количество внутренних соединений, гарантировать надежность этих соединений и уменьшить их размеры настолько, что габариты схем будут определяться только рассеиваемой мощностью.

Таким образом, микроэлектроника позволяет решить проблему создания малогабаритных, надежных систем управления, но для этого необходимо объединить усилия физиков, химиков, металлургов, радистов и механиков, разработать принципиально новую технологию, специальное оборудование и произвести техническое перевооружение значительной части радиоэлектронной промышленности.

2. В целях быстрого развития микроэлектроники ЦК и СМ 8 августа 1962 года приняли постановление о строительстве в городе Зеленограде центра микроэлектроники в составе 5-ти научно-исследовательских институтов, трех опытных заводов и вуза. Кроме того в соответствии с ранее вышедшими постановлениями в Зеленограде строятся институт молекулярной электроники, завод радиодеталей и СКБ ВИС.

Состояние работ по проектированию и строительству промышленных объектов, их финансирование и снабжение обеспечивают ввод в 1964 году института машиностроения, завода машиностроения и завода радиодеталей, имеющих общую площадь 79 тыс. кв. м. Кроме того, будет создан задел для ввода 70 тыс. кв. м. в 1965 году.

Чтобы своевременно подготовиться к освоению строящихся площадей, организовать набор и подготовку кадров, создать за-

- 2 -

дел по тематике и конструкторскую документацию для загрузки заводов, в 1963 году во временно приспособленных школьных зданиях была начата организация институтов: машиностроения, микросхемотехники, технологии, специальных материалов и СКБ ВИС. Кроме того, в настоящее время создаются институт теоретических основ и три опытных завода. Ядро института молекулярной электроники создается в НИИ-35.

Организованные в Зеленограде предприятия ГКЭТ имеют 14 тыс. кв. м. площадей, 2000 единиц оборудования и более 2500 работающих, в том числе: 3 доктора технических наук, 34 кандидата технических и физико-математических наук и около 800 дипломированных инженеров.

В соответствии с постановлением в Киеве, Риге, Минске и Вильнюсе на временных площадях начата организация конструкторских бюро (№№ 3,4,5,6) на правах филиалов институтов Центра микроэлектроники. В настоящее время численность каждого филиала составляет от 150 до 300 человек.

3. Учитывая, что выполнение исследовательских работ в области микроэлектроники и изготовление микросхем невозможно без специального технологического оборудования, которое у нас до сих пор не производилось. Было принято решение в первую очередь организовать институт и опытный завод специального машиностроения, которые должны создать образцы технологического оборудования для лабораторных исследований и производства микросхем.

За 1963 год численность института машиностроения доведена до 1100 человек. Тематический план института предусматривает выполнение научно-исследовательских работ по вопросам, связанным с методикой изготовления и исследования микросхем и опытно-конструкторских работ.

По разработке оборудования для механизированного изготовления микроприемников, логических элементов, подложек и кубов памяти, а также создание базовых конструкций вакуумно-напылительных установок, установок для получения эпитаксиальных пленок, оборудования для контактирования микроэлементов, систем управления термическими процессами и других специальных устройств.

В 1963 году институт закончил работы по 15 темам. План института на 1964 год содержит 5 научно-исследовательских и 37 опытно-конструкторских работ, в том числе: 15 тем, оканчивающихся в первом полугодии 1964 года.

Опытный завод машиностроения, первая очередь которого должна быть введена во втором квартале этого года, загружается собственными разработками института. Начато комплектование завода кадрами, нанято более 100 рабочих, приказом по институту назначен главный механик, главный энергетик, главный технолог и начальники цехов. Составлен график монтажа оборудования. На 1964 год определена номенклатура завода и начата подготовка производства.

4. Вторым, по принятой очередности организации, был институт микросхемотехники, который вместе со своими филиалами

- 3 -

должен разрабатывать конструкцию и принципиальную технологию функциональных микросхем, а также создавать образцы отдельных видов аппаратуры, на которых должны отрабатываться параметры микросхем и технология их промышленного изготовления. Численность института микросхемотехники в настоящее время составляет 590 человек. Важным вопросом является выбор тематики этого института, поскольку он определяет выходную продукцию Центра.

Учитывая необходимость быстрее развития промышленной базы микроэлектроники и то, что на разработку сложной системы даже в обычном исполнении крупные организации затрачивают по несколько лет, мы выбрали простые устройства, рассчитанные на широкий круг потребителей. Это позволит сравнительно быстро выполнить разработки и приступить к развитию технологической и промышленной базы для серийного выпуска унифицированных микросхем, что даст возможность большому числу организаций применять микросхемы в своих разработках. (Показать на плакатах схемы устройств и образцы указать сроки организации опытного производства).

5. Технология промышленного изготовления микросхем и микроаппаратуры будет разрабатываться технологическим институтом и проверяться на его опытном заводе, который будет оснащен механизированными поточными линиями, создаваемыми институтом машиностроения.

Для технологического института в феврале с.г. закончено переоборудование школьного здания площадью 3000 кв.м. Численность института составляет 250 человек. Начата организация опытного завода.

В 1964 году основной задачей института является организация опытного производства микроприемников и логических функциональных схем, а также отработка технологической документации для серийного изготовления этих изделий.

6. Институт специальных материалов должен обеспечивать разработки по микросхемотехнике высокочистыми металлами, сплавами, полупроводниками и специальными реактивами, а также отрабатывать технологию изготовления этих материалов на своем опытном заводе для передачи в промышленность.

В 1964 году тематический план института материалов предусматривает разработку 5 тем по технологии получения монооксида кремния; нодидов германия; сульфида, селенида и теллурида кадмия; монокристаллов кремния для подложек; кремниевых пленок с заданными свойствами.

В настоящее время для института оборудуются помещения, в школьном здании, площадью ----- кв.м. Численность института составляет 150 человек.

Дальнейшее расширение предусматривается при вводе производственного корпуса завода машиностроения в мае-июне с.г.

7. В 1964 году начал создаваться институт теоретических основ, задачей которого является разработка вопросов, опре-

- 4 -

деляющих новые пути развития микроэлектроники.

До окончания строительства корпуса завода машиностроения, этот институт будет иметь мало площадей (2-3 комнаты). В течение 3-4 месяцев его главной задачей будет являться подбор руководителей подразделений, способных творчески развивать теорию.

8. Структура утвержденного комитетом тематического плана институтов и филиалов Центра на 1964-1965 годы показана на плакате.

~~Было дано поручение о проведении опытной эксплуатации машины УМ-ИНХ, разработанной КБ-2, а также об организации изготовления и использовании этих машин.~~

9. В соответствии с Постановлением от 8 августа 1962 года опытная эксплуатация машины УМ-ИНХ проводится на Воронежском заводе синтетического каучука. Завершен I-й этап опытной эксплуатации машины в разомкнутом контуре в качестве советчика. Получено положительное заключение ОКБА Госкомитета по химии, в котором указывается, что машина проработала без отказов 12500 часов.

В 1963 году завод ЛЭМЗ изготовил и поставил заказчикам 7 вычислительных машин УМ-ИНХ. По плану 1964 г. завод ЛЭМЗ должен изготовить 30-35 машин.

В целях расширения возможностей использования машины УМ-ИНХ в КБ-2 разработан и передан на испытания блок ввода-вывода, допускающий гибкую компоновку управляющего комплекса. Техническая документация для серийного производства и опытный образец будут переданы в I квартале 1964г. на завод ЛЭМЗ. Разработанный КБ-2 образец машины УМ-2 в настоящее время проходит Государственные испытания. КБ-2 разработан также эскизный проект и изготовлен лабораторный макет электронной вычислительной машины УМ-3 на пленочных логических микросхемах. Однако в ходе работы выяснилось, что для создания машин подобного класса требуется дальнейшее совершенствование технологии изготовления пленочных многослойных микросхем. Работы в этом направлении ведутся силами организаций Центра микроэлектроники.

В 1964 году КБ-2 приступило к разработке, на базе машины УМ-2, бортовых машин по заказу т.Туполева и т.Королева.

10. Опытный завод НИИРТ-282, предназначенный для изготовления миниатюрных радиокомпонентов и микромодулей, должен быть введен в IУ кв. 1964 года. Площадь завода 19 тыс. кв.м.

Подготовку к вводу завода ведет пуско-наладочное подразделение, созданное в институте. Назначен директор завода (т. \_\_\_\_\_). В Зеленограде выделено временное помещение 200 кв.м.. Подобраны кандидатуры главного механика, главного энергетика, начальников 3 цехов и 12 ИТР.

- 5 -

Оформляется регистрация завода в финансовых органах. Начато обучение рабочих кадров.

В 1963 году приобретено оборудование на сумму 261 тыс.р. Планом предусматривается приобретение в 1964 г. на сумму 1300 тыс.р. и в 1965 г. на сумму 1500 тыс.р..

Специализированное нестандартное оборудование проектируется и изготавливается подразделениями института. К изготовлению оборудования по готовым чертежам привлекается завод п/я 200 (Горький).

В первую очередь будут организованы инструментальный, механический, трансформаторный цех, а также цех нестандартного оборудования. Для этих цехов в 1964 г. будет все необходимое оборудование.

II. Институт молекулярной электроники должен разрабатывать функциональные микросхемы и блоки, действие которых основано на использовании явлений, происходящих в твердых полупроводниковых материалах. Ввод института намечается во II кв. 1965 года.

Ядро института молекулярной электроники создается на базе отдела № II НИИ-35. В настоящее время этот отдел ведет разработку функциональных логических схем с использованием пленарной технологии на кремнии. При вводе площадей завода НИИРТ институту будут выделены временные площади в Зеленограде.

Специализированное технологическое оборудование для института молекулярной электроники разрабатывается НИИ-35 и ОКБМ-35 с привлечением ряда организаций ГКЭТ.

В настоящее время оформляется организация института.

## НАЧАЛА МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

**Борис Михайлович Малашевич**

*Ветеран микроэлектроники, Зеленоград, Москва, Российская Федерация, boris@malashevich.ru*

**Аннотация** – Рассмотрены причины, виды и краткая история создания первых в мире интегральных схем. Их конструктивные и технологические особенности. Основные авторы пионерских разработок. Доказано отсутствие отставания советской микроэлектроники в начале разработок, серийного производства и применения первых полупроводниковых ИС. Но в создании и развитии в планарно-эпитаксиальных ИС мы сначала отставали на 3 года. Отмечен разный стимул к началу работ по созданию интегральных схем: в США – от возможностей полупроводниковой техники и в СССР – от потребностей создателей электронных систем.

**Ключевые слова** – микроэлектроника, микроминиатюризация, интегральная схема (ИС), конструкция, технология, производство.

### I. ВВЕДЕНИЕ

К концу 1950-х годов в электронике сформировалось острое противоречие возможностей традиционной конструктивно-технологической основы электроники и всё возрастающих функциональных требований развивающихся электронных приборов и систем.

Конструкция и технология создания электронных приборов и систем из дискретных элементов (ДЭ): активных (электронных ламп, диодов, транзисторов) и пассивных (резисторов, конденсаторов, переключателей, индуктивностей и т.п.), имела принципиальное неразрешимое ограничение – физические размеры ДЭ и необходимость их межсоединений в процессе изготовления аппаратуры. Попытки уменьшения размеров корпусов ДЭ (в микромодулях) ослабляли проблему, но не решали её.

Требовалось создание принципиально новых микроминиатюрных многоэлементных комплекующих изделий электроники с защищёнными внутренними соединениями, выполненными на основе иных конструкций, технологий и материалов – интегральных<sup>1</sup> схем (ИС). Осталось лишь придумать, как это сделать. Именно «КАК»? Недаром с появлением ИС в мире популярным стало выражение «знаю как» (*know how*). Потому что со «знаю что» (*know what*) обычно всё ясно. Нужно было научиться то, что ранее делали на печатной плате и в блоке, сделать в виде ИС. Для этого требовались новые технологические и конструктивные решения, новые материалы, новое технологическое оборудование...

К началу 1960-х годов в СССР и США уже были промышленно освоены интегральные технологии производства полупроводниковых приборов – на одной полупроводниковой пластине в едином многоэтапном технологическом процессе делалось множество одинаковых диодов или транзисторов, которые затем разделялись на отдельные кристаллы, каждый из которых размещался в отдельный корпус. Нужно было научиться:

- на полупроводниковой пластине изготавливать необходимые пассивные элементы,
- соединять активные и пассивные элементы на пластине по определённой схеме.

Практическое решение в начале 1960-х годов этого комплекса проблем привело к рождению микроэлектроники (МЭ) и её продукции – интегральных схем (ИС, микросхем).

### II. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ

ИС – это многоэлементное неделимое герметизированное изделие, выполняющее определённую разной сложности комбинационную функцию, все элементы которого неразрывно связаны по определённой схеме и изготавливаются в едином технологическом многооперационном процессе с единым набором материалов.

ИС поставляются изготовителям электронной аппаратуры как самостоятельная товарная продукция, удовлетворяющая определённой системе стандартизованных требований. ИС относятся к неремонтируемым изделиям, при ремонте аппаратуры вышедшие из строя ИС заменяются.

---

<sup>1</sup> Сайт [dic.academic.ru](http://dic.academic.ru) определяет: *Интегральный* – неразрывно связанный, цельный, единый.

ИС разрабатываются и выпускаются промышленностью в виде серий, объединяющих ряд микросхем различного функционального назначения, предназначенных для совместного применения. ИС серии имеющих единую систему конструктивных, электрических и иных характеристик.

Изначально было принято два основных направления развития ИС:

- *Тонкоплёночные* – ИС, в которых все пассивные и активные элементы выполняются на поверхности диэлектрической подложки методами тонкоплёночной многослойной технологии с последовательным избирательным нанесением тонких плёнок соответствующих материалов. Считалось, что эта технология, как конструктивно и технологически принципиально более простая, разовьётся быстрее полупроводниковой. Что только к 1980-м годам полупроводниковая технология догонит тонкоплёночную. Но надежды и прогнозы нигде в мире не оправдались – серийноспособных надёжных тонкоплёночных диодов и транзисторов не получилось. Результаты развития тонкоплёночной технологии стали основой гибридной технологии.

- *Полупроводниковые* – ИС, в которых все элементы выполнены методами полупроводниковых технологий в объёме (операции термодиффузии) и на поверхности (операции эпитаксии) полупроводника. Это основная масса современных ИС.

Гибридные микросхемы, построенные на интегральных пассивных подложках, но с применением бескорпусных активных ДЭ и ИС, здесь не рассматриваются.

### III. ПЕРВЫЕ В МИРЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ИС

В разных странах, в том числе в СССР, были инициативные работы по созданию ИС, даже подтверждённые патентами, но они оказались тупиковыми, за ними не последовало серийное производство, и они не повлияли на дальнейшее развитие микроэлектроники.

Авторами первых в мире ИС, ставших основой развития микроэлектроники, были Джек Килби из *Texas Instruments* (TI, США), Роберт Нойс из *Fairchild* (США) и коллектив под руководством Евгения Михайловича Ляховича из НИИРЭ (НИИ-131, позже ставший основой НПО «Ленинец») в СССР.

#### *ИС Джека Килби – «Туре 502»*

24 июля 1958 г. Дж. Килби, недавно принятый на работу в фирму TI, сформулировал «идею монолита» (Monolithic Idea): «...элементы схемы, такие как резисторы, конденсаторы, распределённые конденсаторы и транзисторы, могут быть интегрированы в одну микросхему – при условии, что они будут выполнены из одного материала...». «Идея монолита» встретила критическое отношение с руководства TI, потребовавшего доказательств.

12 сентября 1958 г. Килби сделал генератор из двух кусочков германия и продемонстрировал руководству компании. Это был объёмный макет полупроводниковой ИС (рис. 1).

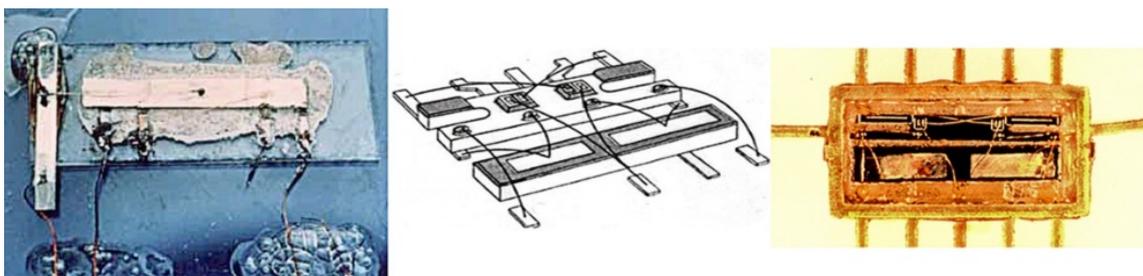


Рис. 1. ИС Дж. Килби, макет, рисунок и образец (без крышки)

Первой однокристалльной была ИС «Туре 502» (триггер). В ней были использованы транзисторы, объёмное сопротивление германия и ёмкость *p-n*-перехода. Её презентация состоялась в марте 1959 года.

ИС имела серьёзный недостаток – столбики меза-транзисторов соединялись друг с другом и с выводами тонкими золотыми проволочками. Для серийного производства конструкция была не пригодна, но идею монолита руководству TI доказала.

Результат Килби побудил руководство TI мобилизовать все силы на создание ИС на основе планарно-эпитаксиальной технологии. В октябре 1961 г. TI анонсировала создание серии ИС типа «SN-51», а в 1962 г., после создания соответствующей промышленной технологической линии, начала их серийное производство и поставки в интересах НАСА и Минобороны США.

### ИС Роберта Нойса. Серия ИС «Micrologic»

В 1959 году Роберт Нойс, президент фирмы *Fairchild*, прослышав про макет ИС Килби, решил попробовать создать интегральную схему, комбинируя процессы планарной технологии и изоляции «*n-p*» переходами, дополнив их избирательным напылением металла поверх изолированных двуокисью кремния полупроводниковых структур для соединения элементов. Так Нойс, освободившись от «волосатой» технологии Килби, получил действительно «монолитный» вариант ИС.

В марте 1961 г., после трёх экспериментов, *Fairchild* анонсировала первую опытную ИС серии «Micrologic» с опубликованием 10 марта 1961 г. её фотографии в журнале «Life» (рис. 2). Далее потребовалось время на отработку технологии и создание промышленной технологической линии. Ещё 5 ИС были анонсированы в октябре, а к концу года была запущена промышленная технологическая линия. С начала 1962 г. *Fairchild* развернула серийное производство ИС серии «Micrologic» и поставки их также в интересах НАСА и Минобороны США.

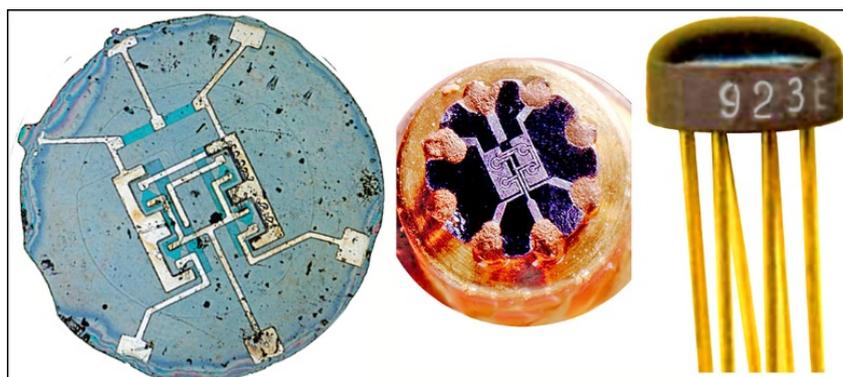


Рис. 2. Фотография первой ИС «Micrologic» в журнале *Life* и ИС в корпусе

Таким образом, у американской микросхемы оказалось два изобретателя:

- Дж. Килби и фирма *TI*, подавшие заявку на регистрацию изобретения в феврале 1959 года.
- Р. Нойс и фирма *Fairchild*, подавшие заявку в июле 1959 г.

Но обе заявки имели «недостатки», позволяющие их оспорить. В результате между *TI* и *Fairchild* началась длительная патентная война, закончившаяся мирным соглашением. Каждая из компаний подтвердила, что другая компания тоже обладает частью прав на интеллектуальную собственность, и согласилась на перекрёстное лицензирование всех имеющихся у каждой из компаний прав.

И Килби, и Нойс выступали со своими разработками ИС как представители полупроводниковой промышленности, исходя из её возможностей и не очень понимали значимость свершённого.

Об этом свидетельствует сам Килби через много лет, когда компания *TI* чествовала изобретателя: «Сам Килби ... поражён влиянием собственного изобретения. “Мы тогда и не подозревали, что интегральная схема способна уменьшить стоимость электронной обработки буквально в миллионы раз. Прежде ни одно изобретение не приводило к таким поистине революционным изменениям в жизни отрасли...”», – поясняет учёный» [1].

«Не подозревали» не только они.

Килби и Нойсу пришлось выслушать немало критических замечаний. Считалось, что практический выход годных ИС будет недопустимо низким. Логично полагать, что он должен быть ниже, чем у транзисторов (поскольку содержит несколько транзисторов), у которых он тогда был не выше 15%. Во-вторых, многие полагали, что в интегральных схемах используются неподходящие материалы. В-третьих, многим казалось кощунственным выбрасывать изделие, в котором вышел из строя только один из многих элементов. Все сомнения постепенно были отброшены.

### Советская ИС P12-2 (серии 102 и 116)

В СССР создание первой ИС имела более глубокую историю. Инициаторами выступили не полупроводниковые фирмы – потенциальные производители ИС, а аппаратустроители – потенциальные их потребители, повседневно ощущающие кризис электроники.

Первым выступило ведущее тогда в радиоэлектронике страны КБ-1 (позже НПО «Алмаз») под руководством его главного инженера Фёдора Викторовича Лукина и Андрея Александровича Колосова –

начальника СКБ-41<sup>2</sup> в КБ-1, обладателя звания Главного конструктора первой категории, которого в стране удостаивались: С. Королёв, А. Туполев, А. Микоян, П. Сухой, А. Расплетин и ещё несколько человек.

Колосов был высокопрофессиональным специалистом и свободно владел тремя иностранными [языками]. Поэтому Лукин попросил его досконально изучить подходы к микроминиатюризации электронной аппаратуры по иностранным и отечественным источникам.

Результаты этой работы были изданы 26.09.1960 г. в 132-страничной монографии Колосова «Вопросы молекулярной электроники» [2] (рис. 3). Это была первая в стране и мире монография о микроэлектронике.

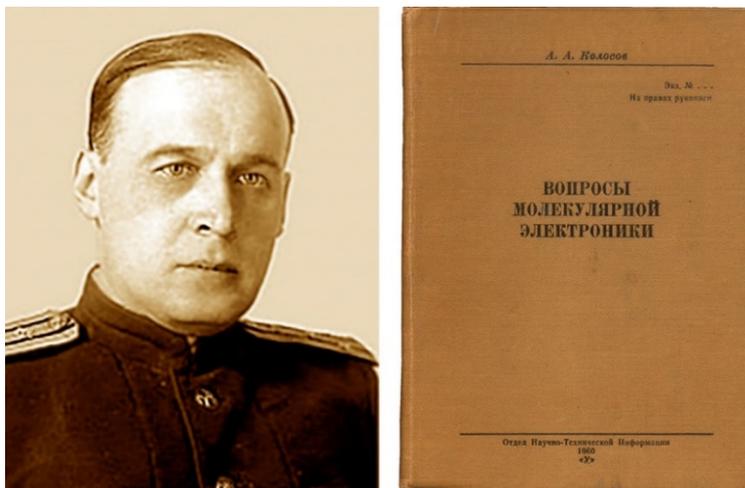


Рис. 3. А.А. Колосов и его книга, первая в мире монография по микроэлектронике

В ней «автор не только дал описание физических основ работы устройств молекулярной электроники, но и обосновал необходимость и своевременность начала широкомасштабных работ по исследованию проблем, связанных с созданием твёрдых схем, и изложил новые принципы создания радиоэлектронной аппаратуры» [3].

В монографии Колосова описаны и результаты работы Килби, правда, как и в других случаях, без указания имён авторов. О работах Нойса общественность узнала уже после написания монографии.

Колосов так оценивает перспективу микроэлектроники: «В настоящее время радиоэлектроника стоит на пороге такого переворота, который по своей значимости, возможно, будет превосходить скачок вперёд, сделанный в начале этого столетия при переходе от искровой и дуговой радиотехники к радиотехнике электронной лампы» [2].

Сравните эту оценку с вышеприведённым признанием Килби. Нобелевский лауреат изобрёл нечто от скуки (коллеги были в отпусках) и сам не понимал (как и его коллеги: «**Мы** тогда и не подозревали...») значения сделанного.

А наши специалисты целенаправленно вели поиск, понимая его цель и задачу.

Для стимулирования этого поиска монография Колосова была разослана в ведущие электронные фирмы страны и стала учебником для многих специалистов.

Поступила монография и в ленинградский НИИ-131 (НИИ радиоэлектроники, НИИРЭ, позже – НПО «Ленинец»), где привлекла внимание начальника лаборатории Е.М. Ляховича, начинавшего разработку бортового авиационного компьютера «Гном», и его сотрудника, молодого физика Л.И. Реймерова<sup>3</sup> (рис. 4). Они решили попробовать сделать многоэлементную Твёрдую схему (ТС,

<sup>2</sup> В КБ-1 в 1950-е годы все разработчики были объединены в три тематические специальные КБ: СКБ-30 – противоракетные системы, нач. Г.В. Кисунько; СКБ-31 – зенитные системы ПВО, нач. А.А. Расплетин; СКБ-41 – авиационные системы, нач. А.А. Колосов.

<sup>3</sup> Ранее, описывая историю этой ИС, я имел информацию только от рижан, «скромно» умолчавших о роли ленинградцев и представивших их только как заказчиков. Мои попытки получить тогда информацию в АО «Ленинец» остались без ответа. Но в 2019 г. Ляхович сам связался со мной. При встрече он рассказал, что моя версия истории возмутила его и сподвигла написание книги [4], которую он мне и вручил (рис. 5). Сожалею, что он не связался со мной сразу, ошибка была бы устранена раньше.

термина «ИС» ещё не было) «НЕ-ИЛИ», на основе которой можно построить устройства, выполняющие любые логические функции.



Рис. 4. Лев Иосифович Реймеров

В результате Реймеров предложил вариант построения однокристалльной ТС «2НЕ-ИЛИ». Тогда же Реймеров подал заявку на регистрацию изобретения и получил авторское свидетельство АС № 24864 от 8.03.1962 г. [4].

Идея была одобрена руководством предприятия. Её реализация в виде ТС была поручена лаборатории Ляховича, который был назначен главным конструктором (ГК) разработки.

Разработка велась с ориентацией на серийную технологию производства транзисторов П401–П403 на ленинградском заводе «Светлана».

В июне 1960 г. на «Светлане» была изготовлена небольшая партия ТС, получивших обозначение «ТС-233» (в серийном производстве – Р12-2).

В сентябре 1960 г. действующие образцы ТС-233 в составе специально собранных тестовых электронных узлов были продемонстрированы руководству НИИ, а затем председателю Госкомитета по радиоэлектронике (ГКРЭ) Д.К. Калмыкову и его заместителю А.И. Шокину.

Работа получила высочайшую оценку, в НИИ-131 был образован опытный участок с технологией производства транзисторов П401–П403, который уже в первом квартале 1961 г. начал изготовление ТС-233.

Позже производство было поручено Рижскому заводу полупроводниковых приборов (РЗПП), владеющему той же технологией. Для этого в КБ при заводе был создан отдел по внедрению ТС в серийное производство, его начальник Ю.В. Осокин (рис. 6) был назначен ГК ТС от завода.

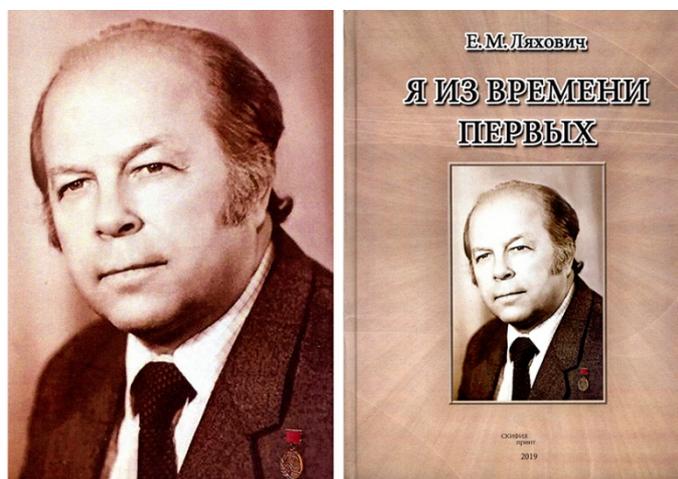


Рис. 5. Евгений Михайлович Ляхович и его книга

Я написал письмо в рижское АО «Альфа» и меня вывели на Осокина, тогда уже пенсионера. Он сообщил многое ранее мне неизвестное (я ему по телефону или электронной почте задавал вопросы, он писал ответы, сканировал их и сканы пересылал мне, далее фрагменты из них).



Рис. 6. Юрий Валентинович Осокин

Вот как привлечение РЗПП к созданию ИС Р12-2 описал мне Осокин в письме от 28.12.2007 г. (рис. 7):

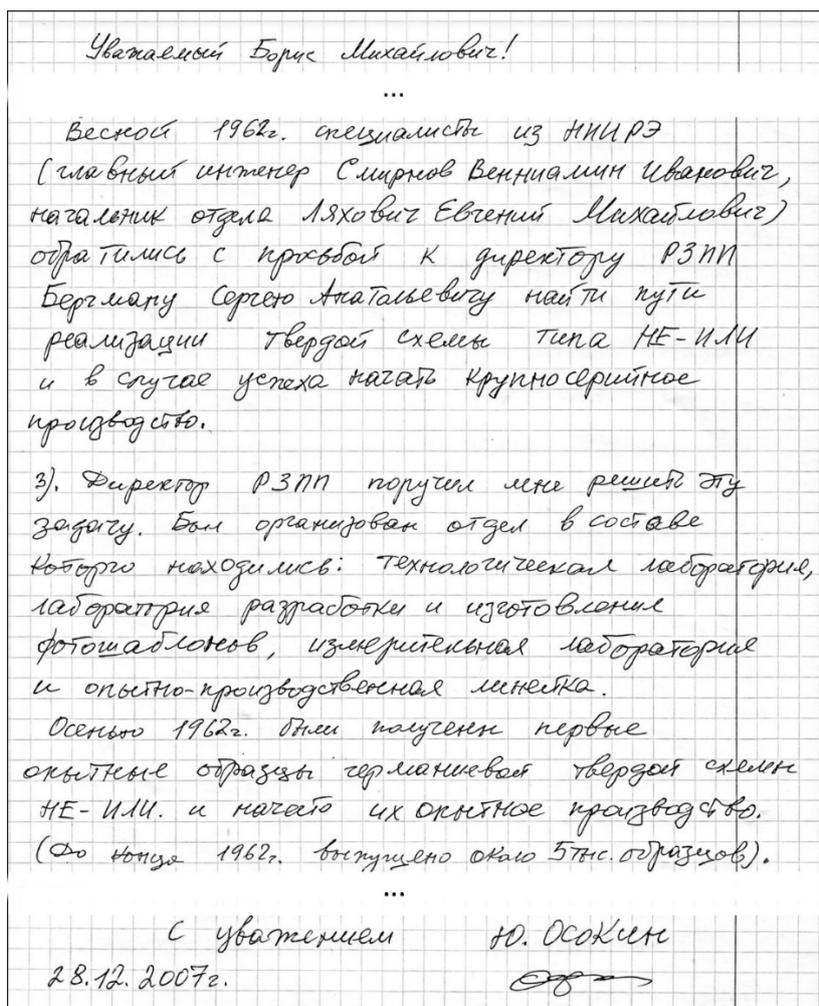


Рис. 7. Фрагмент из письма Ю.В. Осокина о начале работ

А вот как это же событие описывает Ляхович:

«...Мы (В.И. Смирнов (гл. инженер НИИ-131), Л.И. Реймеров и я) с изготовленными в НИИ-131 образцами ТС весной 1961 г. выехали в Ригу на рижский приборостроительный завод (Правильно «Рижский завод полупроводниковых приборов» – РЗПП)...

...В.И. Смирнов рассказал о нашем элементе – твёрдой схеме, что она является универсальным элементом и в будущем потребуется в огромных количествах. Вениамин Иванович нарисовал мелом на доске структуру твёрдой схемы, образцы которой мы привезли на эту встречу, и рассказал технологию, по которой они были изготовлены. ...

С этого момента началось наше «вторжение» на серийный завод с передачей «документации», нарисованной мелом на доске и изложением устно технологии. Электрические параметры и методики измерений были изложены на одной странице формата А4, но задача разбраковки и контроля параметров были за нами» [4].

Разница очевидна.

Конструктивно ТС Р12-2 (и последующая за ней Р12-5<sup>4</sup>) были выполнены в круглой металлической чашечке диаметром 3 мм и высотой 0,8 мм. В неё размещался кристалл ИС с выводами из золотой проволоки и заливался полимерным компаундом. Вес Р12-2 не превышал 25 мг (рис. 8). Многие годы это была самая миниатюрная и самая лёгкая в мире корпусированная ИС.

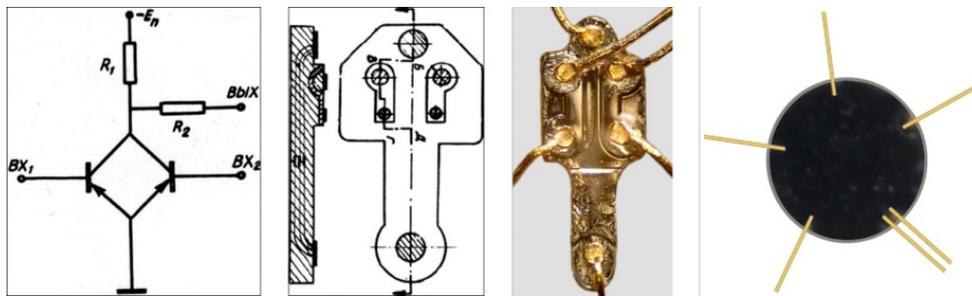


Рис. 8. ИС Р12-2 (1LB021) – схема электрическая, структура кристалла, фото кристалла, ТС в корпусе (здесь и далее в разных масштабах)

Монтировать такие ИС на печатные платы устройств было весьма проблематично, поэтому в НИИРЭ в 1961 г. разработали на основе Р12-2 и Р12-5 модули «Квант» серий 116 и 117 (гл. конструктор Е.М. Ляхович, ответственный исполнитель А.Н. Пелипенко), реализующие более сложные функции. А на их основе – бортовой авиационный компьютер «Гном» (гл. конструктор Е.М. Ляхович).

Модуль «Квант» размещался в металлической штампованной чашечке размером 21,6×6,6 мм и глубиной 3,1 мм. В неё вставили печатную микроплатку из тонкого стеклотекстолита с впрессованными выводами длиной 4 мм. В отверстия в платке разместили от двух до четырёх ТС, соединённых печатным монтажом микроплатки по схеме, реализующей определённый функциональный узел. Микроплатку в чашечке залили полимерным компаундом. В результате получилась гибридная ИС (ГИС). Это была первая в мире ГИС с двухуровневой интеграцией, в которой в качестве активных элементов были использованы не дискретные транзисторы и диоды, а полупроводниковые ИС (рис. 9).



Рис. 9. Модули «Квант», вскрытые и в сборе

<sup>4</sup> Р12-2 (серия 102) выполнена с диффузионным (слоистым) резистором, а Р12-5 (серия 103) с объёмным резистором на тонком диффузионном слое, что в 8 раз повышает быстродействие и до +70° С температурный диапазон.

ИС производились РЗПП до 1995 г. в объёмах до несколько миллионов в год. Модули «Квант» сначала производились в опытном производстве НИИРЭ, затем на Жигулёвском радиотехническом заводе, а с 1972 г. на РЗПП.

Первые их применения были в бортовом компьютере «Гном» разработки НИИРЭ и телефонной централи П-439 завода «ВЭФ», Рига (рис. 10, 11). «Гном» был первым в мире бортовым авиационным компьютером третьего поколения (на основе ИС). Он применялся в разрабатываемых в НИИРЭ радиоэлектронных комплексах «Купол» и «Пума», более 40 лет надёжно эксплуатируемых в большом парке самолётов, в частности в Ил-76.

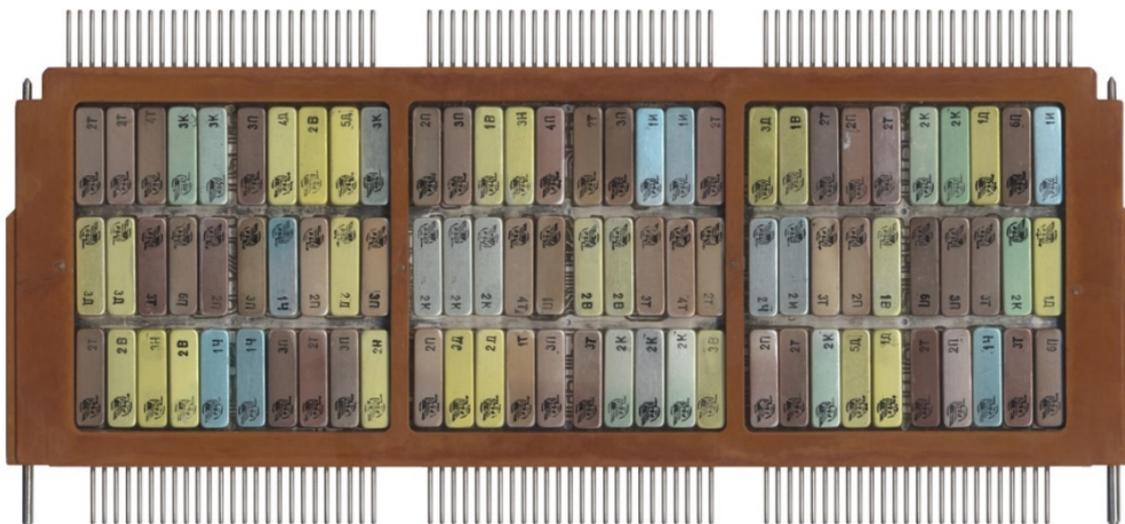


Рис. 10. Арифметическое устройство бортового компьютера «Гном»

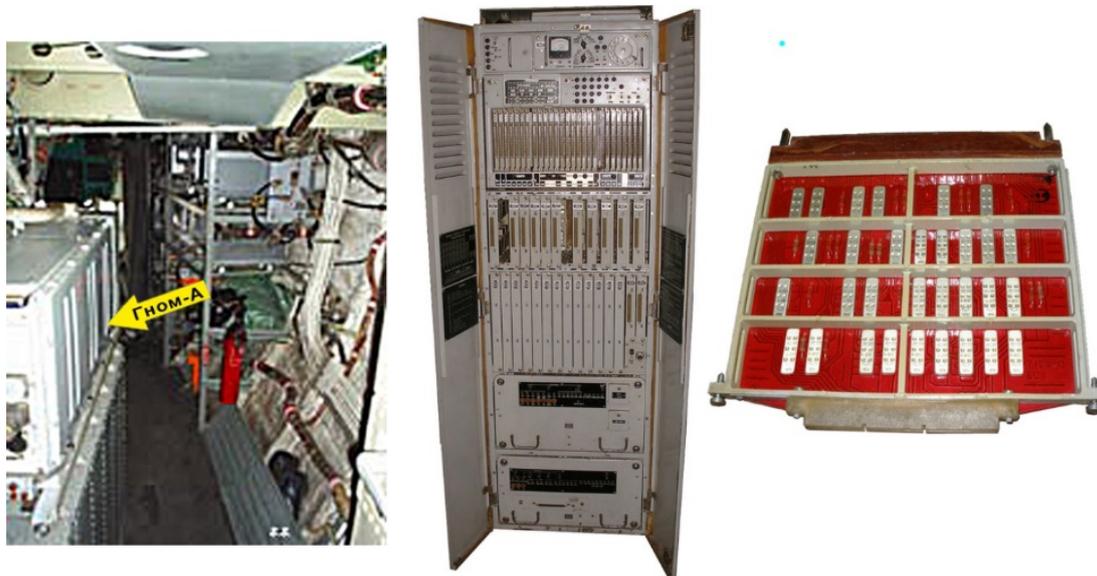


Рис. 11. БЦВМ «Гном-А» на Ил-76 (слева) и телефонная централь П-439 и её плата

Есть три источника, позволяющие оценить последующие объёмы производства ТС и модулей «Квант»:

- По оценке Ляховича, РЗПП было выпущено 500 ТС-233 в 1961 и 15000 ТС р12-2 в 1962 г.
- Цитата из тезисов выступления Лукина на заседании НТС ВПК<sup>5</sup> в 1965 г.: «Рижским заводом выпускаются германиевые твёрдые схемы «ИЛИ-НЕ» типа Р-12 (Р12-2). В 1966 г. таких схем будет выпущено 500 тыс. шт.».
- Письмо Осокина мне от 28.12.2007 г. (рис. 12): в 1975 г. ИС – 4,8 млн. шт., модулей – 1,195 млн. шт.

<sup>5</sup> ВПК – Военно-промышленная комиссия при Совете Министров СССР

5). Об объемах выпуска ИС серий 102 и 103. Сейчас трудно восстановить картину выпуска ИС по годам (фактически РЗПП в настоящее время превратился из завода в небольшое производство и многие архивные документы утеряны). Но с большой вероятностью полагаю, что выпуск ИС во второй половине 60<sup>х</sup> годов исчислялся многими сотнями тысяч в год, в 70<sup>х</sup> годах миллионами. В моих личных записях есть данные по выпуску в 1985 году:

- ИС сер. 102 - 4.100.000 шт., модулей сер. 116 - 1.020.000 шт.
- ИС сер. 103 - 700.000 шт., модулей сер. 117 - 175.000 шт.

В конце 1989 г. я как генеральный директор ПО "Алфа" вошел к руководству ВПК при СМ СССР с просьбой о снятии серий 102, 103, 116, 117 с производства в виду их относительной трудоемкости (за 25 лет техника микроэлектроники далеко ушла вперед и было от нее целесообразным искать или заменить), но получил категорический отказ. Зам. председателю ВПК г. Кобловский дал мне, что самолеты летают надежно, замена исключается.

После распада СССР ИС серий 102, 103, 116 и 117 выпускались еще до середины 90<sup>х</sup> годов, т.е. более 30 лет.

Рис. 12. Из письма Ю. Осокина от 28.12.2007 г. об объемах производства

Разбор приоритетов троицы авторов и фирм – создателей первых в мире ИС, – дело нудное, трудное и неблагодарное. Поэтому я на основе [4, 5] составил таблицу и предлагаю читателю самостоятельно извлечь всё ему интересное и сделать свои выводы (рис. 13).

Фирма	Texas Instruments, США			Fairchild, США		НИИРЭ, РЗП/РЗПП, СССР Р12-2, с. 102 и модули «Квант», с. 116 Р12-5, с. 103 и модули «Квант», с. 117				
	Изделе	Макет	Туре 502	SN-51	Макет	Micro-logic	ТС-233	Р12-2	Р12-5	«Квант»
Функция	1. Генератор, 2. Триггер	Триггер	Серия ИС	Триггер	Серия ИС	«2И-НЕ»				8 модулей
Идея	24.07.1958	-	-	29.1.1959	-	05.1960	-	1963	1961	
Автор идеи	Килбн			Нойс	-	Реймеров	-	Реймеров	?	
Гл. конструктор	-	-	-	Ласт	Норман	Ляхович	Ляхович Осокин	Ляхович	Ляхович	
Материал	1. кремний, 2. германий	Кремний		Кремний		Германий			Микроплата	
Макеты	1. 28.08.1958, 2. 19.09.1958	-	-	26.5.1960 и 08.1960	-	-	-	-	1961	
Образцы	-	03.1959	-	27.9.1960	-	06.1960* 03.1961**	-	Лето 1963	1962	
Анонс	6.03.1959	04.1960, п. \$450	10.1961	-	03.1961, 10.1961	10.1960 Калмыков и Шокин	-	-	-	
1-я партия	-	Лето 1961, п. \$450	1961	-	1961	1961***, 500 шт.	1962 г.***, 15 000 шт., 32 руб.	-	1962	
Серия	-	-	с 1962	-	с 1962	-	1962-1995		1963-1995	
Патент	Килбн № 3138743 от 06.1964 г. и др.		Патентная война 1962-1966 гг.	Нойс № 2981877 от 07.1959 г. и др.		Реймеров [6]: АС № 24861 от 8.03.1962 заявка 1960 Осокин и др. [7]: АС 248847 от 18.07.1969 заявка 1234531/26-9 от 12.04.1968			?	
* Изготовитель – ЛОЭП «Светлана»			** Изготовитель – НИИ РЭ			*** Изготовитель – РЗП				

Рис. 13. Сравнение первых ИС

Я же считаю, что эта тройца поделила первое место среди создателей мировой микроэлектроники.

#### IV. НАЧАЛО ПРОИЗВОДСТВА

Итак, в 1962 г. к серийному производству ИС приступили три первых в мире изготовителя: *Fairchild Semiconductor*, TI и РЗПП. Объёмы производства в 1962 г. были ещё небольшими и измерялись несколькими тысячами ИС у каждого изготовителя. Таким образом, 1962 год стал годом рождения микроэлектронной промышленности в США и СССР.

Далее индустрия ИС начала развиваться стремительными темпами. В США начался лавинообразный процесс возникновения предприятий, иногда регистрировались по десятку фирм в неделю.

А в СССР, с его жёстким централизованным планированием и «роли личности», новые капиталоемкие проекты «развиваться стремительными темпами» могли только по постановлению ЦК КПСС и СМ СССР, для организации выхода которого нужно было много потрудиться без гарантии на успех. Такое постановление по развитию микроэлектроники стараниями команды Шокина вышло 8 августа 1962 г. С этого момента работы по созданию отечественной микроэлектроники начали стремительное развитие и в СССР.

#### V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, мы установили, что серийное производство ИС СССР и США начали одновременно, в 1962 г.

Значит ни о каком отставании СССР от США в начале серийного производства полупроводниковых ИС речи быть не может.

Но поскольку планарно-эпитаксиальная технология Нойса оказалась значительно перспективнее нашей, весь мир, в том числе и СССР, развивался и развивается поныне по Нойсу.

В этом мы от Нойса отстали. Как и все другие фирмы США и мира.

Но на сколько?

Серийное производство ИС фирма *Fairchild* Нойса начала в 1962 г., а наш «Микрон» – в 1965 г.

Значит, в планарно-эпитаксиальных ИС мы сначала отставали на 3 года.

Но не в микроэлектронике в целом. ИС Р12-2 и модули «Квант» на её основе в течение этих трёх лет серийно производились и широко применялись.

Значит, продукция микроэлектроники в СССР, как и в США, поставлялись потребителю с 1962 г. Отставания в её применении не было. Проигрывали мы только в объёмах производства, но это другой аспект проблемы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Компания *Texas Instruments* чествует изобретателя, сделавшего своё открытие... в далёком 1958 году // *Computerworld Россия*. 1997. № 35 (<https://www.osp.ru/cw/1997/35/23631>)
2. Колосов А.А. Вопросы молекулярной электроники. М.: КБ-1, Отдел научно-технической информации, 1960. 132 с. ([http://www.computer-museum.ru/books/voprosi\\_molekulyarhoi\\_kolosov.pdf](http://www.computer-museum.ru/books/voprosi_molekulyarhoi_kolosov.pdf))
3. Гаряинов С.А. Они были первыми // *Электронная техника. Серия 3: Микроэлектроника*. 1998. Вып. 1 (152). С. 10-31.
4. Ляхович Е.М. Я из времени первых. СПб.: Скифия-принт, 2019. 312 с.
5. Изобретение интегральной схемы // [https://ru.wikipedia.org/wiki/Изобретение\\_интегральной\\_схемы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Изобретение_интегральной_схемы)
6. Реймеров Л.И. Твёрдые логические переключающие схемы «НЕ-ИЛИ» на монокристаллах полупроводника // Авторское свидетельство № 24864 от 8 марта 1962 г.
7. Осокин Ю.В. и др. Полупроводниковая твёрдая схема «НЕ-ИЛИ» // Авторское свидетельство № 248847 от 18 июля 1969 г., заявка 1234531/26-9 от 12.04.1968.

## СТАРТ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

**Борис Михайлович Малашевич**

*Ветеран микроэлектроники, Зеленоград, Москва, Российская Федерация, boris@malashevich.ru*

**Аннотация** – На основе подлинных конспектов директивных документов, написанных собственноручно первым директором зеленоградского Центра микроэлектроники (ЦМ) Фёдором Викторовичем Лукиным, кратко рассмотрен процесс организации отечественной микроэлектроники и её инновационного Центра в Зеленограде. Конспекты объяснили многие ранее неизвестные моменты истории создания отечественной микроэлектроники и её инновационного ЦМ в будущем Зеленограде.

**Ключевые слова** – микроэлектроника, Постановление, Центр микроэлектроники, концепция, филиалы, строительство.

### I. ВВЕДЕНИЕ

Первые шаги отечественная микроэлектроника сделала, когда научно-техническое развитие страны достигло соответствующего уровня. И сделала это одновременно с передовой страной того времени – США. Инициатива в обеих странах исходила снизу – от создателей полупроводников в США и от создателей компьютеров в СССР [1]. Но грандиозность проблемы требовало государственного решения, особенно у нас с централизованной плановой экономикой.

И такое решение в СССР было принято. Главным было Постановление ЦК КПСС и СМ СССР от 8 августа 1962 г., № 831-353, объявившее создание отечественной микроэлектроники в ранг задач национального значения и определяющие основные пути её решения. И поставившее задачу создания в строящемся с 1958 г. новом городе около станции Крюково (тогда – Спутник, с 1963 г. – Зеленоград) инновационного Центра отечественной микроэлектроники с филиалами.

### II. Город для микроэлектроники

Есть много версий инициаторов создания ЦМ в Зеленограде. Но оказалось, что это был глава государства, Никита Сергеевич Хрущёв. Которого уже многие месяцы председатель Госкомитета по электронной технике (ГКЭТ), министр Александр Иванович Шокин убеждал в необходимости развёртывания масштабных работ по созданию отечественной микроэлектроники. В частности, с согласия Хрущёва, Шокин в перерыве заседания Президиума ЦК КПСС провёл небольшую выставку с докладами о перспективах развития электроники, в том числе и микроэлектроники: «*А.И. начал показ: “Представьте себе, Никита Сергеевич, что телевизор можно будет сделать размером с папиросную коробку”, – убеждал он руководителей страны в великом будущем электроники и необходимости отдать под неё целый город. Но все члены президиума единодушно были против, за исключением Хрущёва, который, правда, сильно усомнился насчёт телевизора: “Ну это ты врешь”, – но заинтересовался и согласился на дальнейшее знакомство с возможностями микроэлектроники» [2].*

Но про город для микроэлектроники Хрущёв в нужный момент вспомнил. Вот как об этом рассказывал первый архитектор Спутника Игорь Евгеньевич Рожин:

*«В течение трёх лет велось строительство. Сооружались инженерные коммуникации, водозаборные узлы, очистные сооружения, построили даже первый жилой микрорайон. Но ни одно предприятие не желало сюда переезжать. Поэтому судьба нового города была неясной.*

*И вот на одной из выставок строительных проектов в Моссовете появился Никита Сергеевич Хрущёв. Проект города ему понравился. Но я, рассказывая о нашем проекте, сказал, что мы рискуем построить город-спальню. Он подумал и спросил: “А об электронике вы не думали?” Естественно, тогда мы об этом не думали, хотя электроника входила в моду и о ней много говорили, только не относительно Зеленограда. Находившиеся рядом с 1-м секретарём ЦК КПСС его референты зафиксировали нашу беседу.*

*Дней через десять мне позвонили из Министерства электроники и сказали, что со мной хочет побеседовать сам министр А.И. Шокин. В беседе со мной он сказал, что есть предложение начать строительство предприятий микроэлектронной промышленности. Через несколько дней мы встретились и отправились осматривать будущие строительные площадки.*

*Был прекрасный тёплый день. Мы ходили по территории будущего города, начав осмотр со стороны дер. Малино. Александру Ивановичу очень понравилось это живописное место. Помню поле овса с*

васильками, по которому мы гуляли, сняв пиджаки. Уехал А.И. Шокин, как я понял, приняв решение. И вот только тогда начались разговоры о строительстве предприятий микроэлектроники» [3].

Это событие решило проблему о месте размещения планируемого Шокиным инновационного Центра микроэлектроники.

Попробуем определить, когда это произошло.

- «Уже 3 года велось строительство», а началось оно «с ноября 1958 года широким фронтом». Значит, это было в 1960 или в 1961 г.
- Шокин назван министром, значит, после его назначения 17 марта 1961 г.
- На фото (рис. 1) Хрущёв и Рожин в демисезонных пальто. Значит, вероятнее в апреле, в мае в пальто не ходили, носили плащи.
- Но гуляли в «прекрасный тёплый день», «сняв пиджаки».



Рис. 1. Н.С. Хрущёв и И.Е. Рожин

Пришлось обратиться к графику температур на апрель 1961 г. (рис. 2, [4]). Он показывает, что с 9 по 16 апреля минимальная температура ниже нуля, как раз для демисезонного пальто. А 24-27 мая максимальная температура выше 15°C. На солнышке, в «поле овса с васильками» в «прекрасный тёплый день» вполне можно было снять пиджаки.

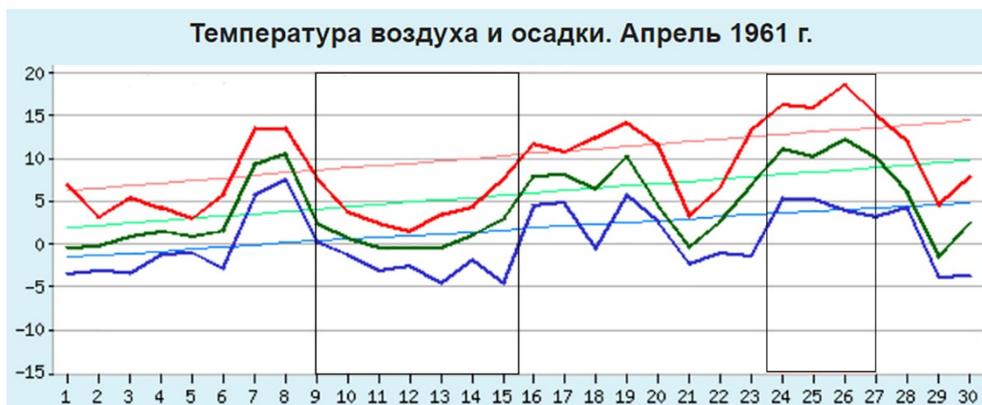


Рис. 2. Максимальная (красный), средняя и минимальная (синий) температура воздуха в регионах Москвы в апреле 1961 г. (рассматриваемые периоды выделены мною рамками)

Значит, окончательное решение о размещении ЦМ в строящемся Спутнике около Крюково Шокин принял в последние дни апреля 1961 г. С подачи Хрущёва.

### III. ИГРА НА ОПЕРЕЖЕНИЕ

Значит весной 1961 г. Хрущёв уже не сомневался в необходимости развития Электроники, но, очевидно, были и ещё неясные вопросы, и было много противников в высших властных кругах. Поэтому окончательное детализированное решение ещё принято не было. И не было ясно, когда оно появится.

Но Шокину всё было ясно, и он понимал, что терять время нельзя. Поэтому он в готовившееся летом 1961 г. Постановление ЦК КПСС и СМ СССР о развитии полупроводников включил два пункта (рис. 3):

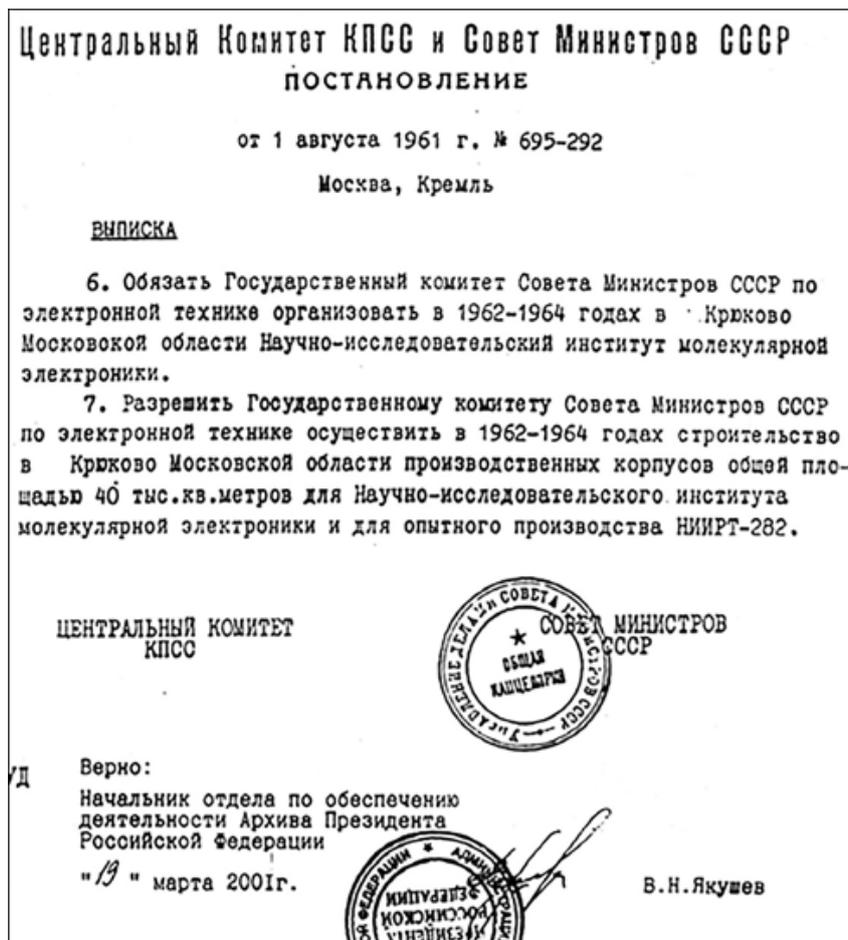


Рис. 3. Выписка из постановления ЦК КПСС и СМ СССР № 695-292 от 1.08.1961 г.

В этом постановлении Шокин, уже зная о месте расположения будущего ЦМ, сыграл на опережение. Понимая острую срочность начала масштабного развёртывания работ по созданию отечественной микроэлектроники, но ещё не зная, когда ему удастся добиться утверждения соответствующей государственной программы, он заложил возможность создания в этом месте научного коллектива (НИИМЭ) и строительства производственных площадей для НИИ и его опытного производства НИИРТ-282.

Но это предусмотрительный задел Шокина. А комплексное решение о создании и развитии отечественной микроэлектроники принято ещё не было.

### IV. Подготовка Постановления

Такие масштабные работы, как создание новой отрасли науки и техники и её инновационного Центра, выполнялись только на основании совместного постановления политической и государственной власти страны – ЦК КПСС и Совмина СССР. А для этого требовалось согласие Первого секретаря ЦК и Председателя Совмина Н.С. Хрущёва («два в одном»). И не только. Такое постановление можно было «пробить» только в результате многоходовой комбинации, объединив усилия всех её сторонников – противников и неверующих было немало.

Шокин использовал все возможные средства для расширения круга сторонников. Это и его и членов его команды выступления на различных совещаниях и конференциях, и проведение специальных мероприятий, и статьи Шокина в центральной прессе, и многое, многое другое. Это был хорошо дирижируемый ансамбль единомышленников, главным сценаристом, режиссёром и дирижёром которого был Шокин. В котором напряжённо работали единомышленники из аппаратов ГКЭТ, ВПК, ЦК КПСС, специалисты НИИ-35 (А. Трутко, Б. Малин, М. Самохвалов, Н. Ройзин и др.), КБ-2 (Ф. Старос, И. Берг, В. Панкин, М. Гальперин, Е. Жуков, Г. Фирдман и др.) и других предприятий ГКЭТ. Курировали подготовку В.Н. Малин (заведующий общего отдела ЦК КПСС), И.Д. Сербин (заведующий оборонного отдела ЦК КПСС) и Г.А. Титов (первый зам. председателя Военно-промышленной комиссии – ВПК). Этой командой была подготовлена концепция ЦМ и проект Постановления ЦК КПСС и СМ СССР о его создании.

Концепция ЦМ предусматривала создание компактно размещённого функционально полного монолитного комплекса научно-исследовательских предприятий с опытными заводами. Охватывающего все аспекты создания и тиражирования изделий микроэлектроники и всего спектра необходимых для этого специальных сверхчистых материалов, и сверх прецизионного высокопроизводительного технологического оборудования, и многого другого, необходимого для создания интегральных микросхем (ИС) и аппаратуры на их основе.

Параллельно с подготовкой Постановления планомерно разворачивались работы по созданию тонкоплёночных (в КБ-2) и полупроводниковых (в НИИ-35) ИС.

Для окончательного решения нужно было, чтобы «сошлись вместе» Хрущёв и микроэлектроника с демонстрацией её преимуществ на понятном ему особо важном примере. И Шокин такую ситуацию создал. 4 мая 1962 г. в Ленинграде планировалось совещание с участием Хрущёва по проблемам судостроения, а одной из важнейших проблем была бортовая электроника, в первую очередь её массогабаритные характеристики и надёжность. В это время в КБ-2 Староса завершались разработки экспериментальных образцов управляющей ЭВМ «УМ-1НХ» на основе транзисторов и макет бортовой ЭВМ «УМ-2» на гибридной технологии. То есть было что показать главе государства (рис. 4).



Рис. 4. В КБ-2. В раздумьях о том, как встретить Н.С. Хрущёва. Сидят, слева направо: Ф.Г. Старос, А.И. Шокин, Г.А. Титов. Стоят: Г.Р. Фирдман, М.П. Гальперин, А.Л. Писаревский, В.Е. Панкин. Фотография М.С. Лихачёва из семейного архива И.Г. Титовой.

*«А.И. Шокин применил весь свой организационный опыт и аппаратное искусство, задействовал старые связи с “судаками” и в ВПК, и совмещение нужных событий во времени и пространстве наконец состоялось. Визит Н. Хрущёва в КБ-2 был включён в программу поездки Хрущёва в Ленинград» [5].*

И визит состоялся. Поскольку этот визит имел огромное значение и получил противоречивые толкования, рассмотрим его подробнее.

В СССР была особая культура обработки больших начальников для достижения своих целей – своеобразный неформальный «протокол». Финальным актом обычно было устройство этому начальнику похода «в народ».

Так было и в этом случае, выход Хрущёва «в народ», т.е. в КБ-2, был подготовлен.

По «протоколу» высокого гостя встречал и проводил «экскурсию» представитель «народа» – руководитель предприятия, в нашем случае – директор КБ-2 Ф.Г. Старос. Поэтому, после месячной подготовки, накануне Шокин провёл с ним генеральную репетицию (рис. 5).



Рис. 5. Генеральная репетиция

Так визит и проходил. Согласно «протоколу» Старос показывал своё предприятие и его разработки, а Шокин ходил рядом с Хрущёвым, иногда вступая в разговор (рис. 6).



Рис. 6. Экскурсия по КБ-2. На переднем плане слева направо: Ф.Г. Старос, А.И. Шокин, Г.А. Титов, Н.С. Хрущёв, Е.И. Жуков (в белом халате).

Согласно «протоколу» Старос же докладывал и подготовленный общими усилиями проект Постановления.

Результат оправдал ожидания – проект Постановления был одобрен, и после необходимых согласований, 8 августа 1962 года Постановление № 831-353 было подписано.

Как обычно в подобных случаях, это было концептуальное Постановление, первое в череде последовавших за ним. В нем узаконивалось то, что отныне создание и развитие отечественной микроэлектроники обрели характер национальной задачи, что Центру микроэлектроники быть и что быть ему в Спутнике около Крюково, а его пяти филиалам в других городах страны.

#### V. ПОСТАНОВЛЕНИЕ

В семейном архиве Лукина, переданном мне его сыном Владимиром Фёдоровичем, сохранилось его рукописное конспективное изложение несекретных фрагментов приказа ГКЭТ № 166 от 29.08.1962 г., выпущенного «в развитие Постановления ЦК КПСС и СМ СССР № 831-353 от 8.08.1962 г.» (рис. 7). Обычно в констатирующей части таких приказов – преамбуле, повторялся полный текст Постановления, в развитие которого приказ выпускался. Секретных пунктов приказа и приложений к нему, на которые в тексте имеются ссылки, в рукописи Лукина, естественно, нет. Поэтому из конспекта мы узнаем не всё от нас скрытое, но многое. В постановляющей части приказа даны конкретные указания по выполнению поручений Постановления, ничего нового не несущие, но нагружены конкретикой (фамилии, сроки, мероприятия и т.п.). Для задач настоящей статьи они бесполезны и рассмотрены в ней не будут.

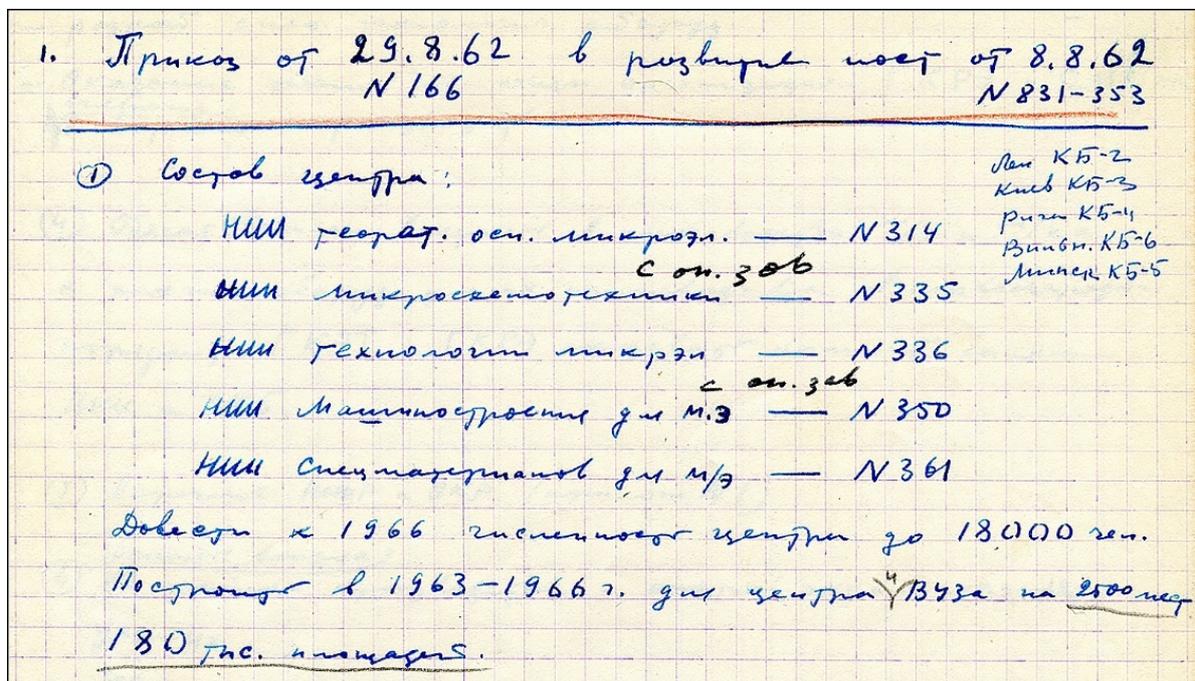


Рис. 7. Начало конспекта фрагментов приказа

Далее курсивом привожу полный текст конспекта преамбулы с раскрытием сокращений, а также с некоторыми пояснениями и дополнениями, введёнными в цитаты прямым шрифтом.

Рассмотрим преамбулу приказа ГКЭТ.

Содержание рукописи несколько хаотично, например, о строительстве говорится в пп. 1, 9, 10, 14, 15, 16 и 19. Это неудобно для чтения и восприятия. Поэтому записи рукописи я перекомпоновал по нескольким логичным группам, с указанием номеров пунктов по черновику.

Первыми приведу фрагменты, описывающие состав создаваемого ЦМ:

##### 1. Состав Центра:

- НИИ теоретических основ микроэлектроники № 314 (НИИФП),
- НИИ микросхемотехники № 335 (НИИМП),
- НИИ технологии микроэлектроники № 336 (НИИТТ),
- НИИ машиностроения для микроэлектроники № 350 (НИИТМ),
- НИИ спецматериалов для микроэлектроники № 361 (НИИМВ),

Довести к 1966 г. численность Центра до 18 000 человек»

Нет НИИ молекулярной электроники (НИИМЭ). Его создание было предусмотрено упомянутым выше постановлением № 695-292 от 1.08.1961 г.

Не указаны опытные заводы при НИИ, позже приписаны два завода при НИИМП и НИИТМ.

Сбоку приписаны 5 филиалов ЦМ:

*Ленинград – КБ-2,  
Киев – КБ-3,  
Рига – КБ-4,  
Вильнюс – КБ-6,  
Минск – КБ-5.*

**9. ГКЭТ организовать:**

- *КБ-3 – в Киеве,*
- *КБ-4 – в Риге,*
- *КБ-5 – в Минске,*
- *КБ-6 – в Вильнюсе.*

Существующее КБ-2 Староса было введено в состав ЦМ в качестве филиала, а создание четырёх новых предусматривалось пунктом 9 конспекта. Позже они (кроме КБ-2, у которого своя история), развились в мощные Научно-производственные объединения (НПО):

- *КБ-3 в Киеве – в НПО «Кристалл»,*
- *КБ-4 в Риге – в НПО «Альфа»,*
- *КБ-5 в Минске – в НПО «Планар»,*
- *КБ-6 в Вильнюсе – в НПО «Вента».*

**2. Объём капвложений на 1963-1966 гг. – 40 млн. руб., в т.ч.:**

- *1963 – 10 млн. руб.,*
- *1964 – 13 млн. руб.,*
- *1965 – 17 млн. руб.*

**3. Основные задачи предприятий Центра:**

- *Разработка принципов создания микроэлементов и микроэлектронных схем,*
- *Разработка по заданиям ГКРЭ микроэлементов, узлов и блоков,*
- *Совместно с организациями ГКРЭ – унификация и нормализация микросхем общего применения,*
- *Разработка технологии производства микроэлементов и микросхем,*
- *Исследования, разработка и обоснование требований на специальные материалы,*
- *Разработка специального технологического оборудования,*
- *Оказание технической помощи организациям ГКРЭ и СНХ при внедрении в серийное производство.*

**5. Перечень НИР и ОКР (приложение №1), в конспекте отсутствует.**

**17. Оклады по 47 году и I категорию по науке по постановлению от 5 июня 57 г., № 660.**

**21. Представить предложения о порядке финансирования работ, выполняемых ОКБ Совнархозов и в двухмесячный срок дать предложения.**

**8. АН СССР, АН УССР, ГК по чёрным и цветным металлам (ГКЧЦМ) в 1962-1963 гг. образовать отделения или лаборатории микроэлектроники:**

- *АН СССР – в НИИ полупроводников, Физическом институте и ИРЭ,*
- *АН УССР – в НИИ полупроводников,*
- *ГКЧЦМ – в Институте металлургии им. Байкова и в Госинституте редких металлов.*

*Тематику планов отделов и лабораторий согласовывать с ГКРЭ».*

Необходимо подчеркнуть, что создание ЦМ было не обособленной акцией, а началом масштабной программы построения новой отрасли – микроэлектроники, инициатором и локомотивом создания которой был А.И. Шокин. В различных регионах страны последующими постановлениями проводилось переуплотнение имеющихся или создание новых НИИ с опытными заводами для разработки и серийных заводов с КБ для массового производства ИС, специальных материалов, специализированного технологического и контрольно-измерительного оборудования, электронной аппаратуры. ЦМ был всего лишь частью огромного айсберга, его вершиной.

Задания по строительству ЦМ и Зеленограда

Сразу после выхода Постановления команда Шокина приступила к созданию ЦМ. В условиях закрытой в Москве прописки Постановление давало ЦМ существенные преимущества. Вот как это было (в кратком изложении Лукина) сформулировано:

*1. Построить в 1963-1966 гг. для центра и ВУЗ-а на 2500 мест – 180 тыс. м<sup>2</sup> площадей.*

*Строительство возложить на Главмосстрой.*

*Генеральный проектировщик – Главное архитектурно-планировочное управление Мосгорисполкома с привлечением Госстроя, ГКЭТ, ГКРЭ, МПС, МС, Минторга РСФСР и Минстроя РСФСР.*

*10. Госплану СССР выделить ГКЭТ отдельной строкой средства на строительство и оборудование Центра микроэлектроники и Мосгорисполкому на жилищно-коммунальное и бытовое строительство в объёмах, предусмотренных настоящим Постановлением*

*14. Строительство считать опытно-показательным и особо важным. Комплектование вести через Союзглавридиокомплект при Госплане. Разрешить отдельные конструкции из чёрных и цветных металлов.*

*15. Запретить строительство в Крюково предприятий, не связанных с микроэлектроникой и обслуживанием населения этого города. А также НИИ, КБ и опытных заводов, предусмотренных Постановлениями от 1.08.1961 г., № 695-292 и от 24.03.1962 г. № 285-137.*

*Отменить предыдущее решение о выводе предприятий в Крюково».*

Этим пунктом была убита ранее действовавшая программа освобождения центра Москвы от промышленности путём перевода части предприятий, в основном лёгкой промышленности, в будущий Зеленоград.

Но поручение об организации НИИ молекулярной электроники и производственных корпусов для НИИМЭ и опытного производства НИИРТ-282, «связанных с микроэлектроникой», сохранились.

*16. Обязать Мосгорисполком:*

*а. Вести строительство комплексно.*

*г. Закончить в III квартале 1962 г. строительство интерната и передать его временно ГКЭТ.*

*19. Утвердить мероприятия по строительству (Приложение № 2) и по обеспечению развития работ по микроэлектронике (Приложение № 3, отсутствует).*

Строили не только в Зеленограде, но и филиалы ЦМ в Киеве, Минске, Риге, Вильнюсе:

*9. «Обязать СМ УССР, БССР, Лат ССР и Лит ССР обеспечить:*

- в 1963-1964 гг. строительство корпусов по 10 тыс. м<sup>2</sup> в каждом городе за счёт средств ГКЭТ.*
- предоставить в 1962 г. до окончания строительства помещения для КБ площадью до 1000 м<sup>2</sup>».*

Строительный задел и продолжающееся строительство жилья в Спутнике позволяли сразу выделять жилье принимаемым сотрудникам, что, в условиях острого жилищного кризиса, а стране, делало работу в ЦМ привлекательной и позволяло отбирать наиболее профессиональные кадры. А Постановление строго регламентировало объём жилищного строительства:

*16. Обязать Мосгорисполком:*

*б. Выделить в Крюково жилплощадь:*

- в 1962 г. – 10 000 м<sup>2</sup>,*
- в 1963 г. – 20 000 м<sup>2</sup>,*
- в 1964 г. – 80 000 м<sup>2</sup>,*
- в 1965 г. – 130 000 м<sup>2</sup>,*
- в 1966 г. – 180 000 м<sup>2</sup>,*

*в. Установить порядок заселения по согласованию с ГКЭТ».*

Были также созданы условия облегчённого привлечения квалифицированных кадров, для чего:

*13. Разрешить в 1963-64 годы отбор на предприятиях специалистов для Центра микроэлектроники и его филиалов 100 человек (обязательно оформлять переводы).*

*12. Направить в Центр микроэлектроники молодых специалистов:*

- 1963 г. 200 инженеров, 150 техников,*
- 1964 г. 300 инженеров, 250 техников,*
- 1965 г. 500 инженеров, 400 техников.*

*Согласовать с Госпланом перечень специальностей и задания союзным республикам по выделению специалистов.*

Для обеспечения работ по созданию и развитию отечественной микроэлектроники предусматривалась и закупка зарубежного оборудования:

11. Минвнешторгу и Госплану предусмотреть на 1963-65 годы закупку за границей для Центра микроэлектроники специального оборудования по заявкам ГКЭТ, согласованных с Госпланом.

20. Обязать Министерство внешней торговли:

а) С участием ГКЭТ провести переговоры с зарубежными фирмами и разместить в 1963-64 годы заказы на поставку для Центра микроэлектроники следующего технологического оборудования, Приложение 4.

б) В 1962-63 годы закупить в социалистических странах оборудование согласно Приложению 5. Госплану и Минвнешторгу предусмотреть средства ГКЭТ командировать специалистов для участия в переговорах и закупках.

Это оказались наиболее трудные для исполнения пункты Постановления, поскольку США и НАТО ввели жёсткого эмбарго на поставки в СССР любых стратегически значимых товаров. Предприятиям электронной промышленности нашей страны пришлось самостоятельно проводить все разработки ИС, технологий, оборудования, материалов, создавать новую инфраструктуру.

Причём сверхсрочно. Поэтому Постановление вводило высший приоритет на организацию серийного производства изделий микроэлектроники:

4. Обязать Госплан внедрять в производство микроэлементов и микросхем, а также оборудования для их производства, в первоочерёдном порядке. ГКЭТ и ГКРЭ оказывать помощь силами НИИ и ОКБ.

Завершалось Постановление (и преамбула Приказа в его исполнение) поручением, подтверждающим, что создание и развитие отечественной микроэлектроники и её инновационного центра в Зеленограде становится задачей национального значения:

22. Обязать МГК КПСС и Мосгорисполком оказывать Центру микроэлектроники помощь».

На этом в конспекте Лукина заканчивается преамбула приказа ГКЭТ в развитие Постановления.

Постановление ЦК КПСС и СМ СССР от 5.02.1963 г., № 154-50

В ходе работы выяснилась необходимость привлечения дополнительных сил и средств, не предусмотренных в главном Постановлении.

Поэтому через полгода было подготовлено и подписано новое постановление ЦК КПСС и СМ СССР от 5.02.1963 г., № 154-50, а в его развитие выпущен приказ ГКЭТ № 33 от 26.02.1963 г. Конспективное изложение Лукиным приказа содержит 27 пунктов, но интересным в контексте этой статьи является только пункт 1:

1. Утвердить график проектирования, строительства и ввода производственных мощностей согласно Приложению 1 (см. рис. 8):

Объект	проект. зав.	ввод "О" в	ввод в сер.	сдача на объект	ввод	
350	февр. 63	февр. 63	март 63	IV кв 64	II кв 65	НИИТМ
0-3 350	11-11-63	11-11-63	Март 63	I кв 64	II кв 64	Элион
НИИ-М	утвержд.	ввод	февр 63	III кв 64	IV кв 64	НИИЭ
3г 282	11-11-63	11-11-63	11-11-63	11-11-63	11-11-63	Микрон
3-61	март 63	июль 63	февр 64	III кв 64	IV кв 64	НИИМВ
3-0 361	март 63	апрель 63	июль 63	IV кв 64	IV кв 64	Элма
335	11-11-63	авг. 63	январь 63	II кв 65	III кв 65	НИИМП
0-3 335	11-11-63	март 63	авг. 63	II кв 65	IV кв 65	Компонент
314	11-11-63	авг. 63	февр 64	II кв 65	IV кв 65	НИИФП
336	11-11-63	авг. 63	февр 64	II кв 65	IV кв 65	НИИТТ
БЗУ3	июль 1964	авг 65	авг. 65		IV кв 66	Ангстрем МИЭТ 3-д Протон

Рис. 8. Из приказа о постановлении от 1.09.1963

Всё это, с некоторыми корректировками, было исполнено, но с одним структурным изменением. Специальным приказом министра Шокина № 87 от 13.04.1964 г. (рис. 9) опытный завод № 335 из НИИМП был передан НИИТТ (для которого завод не планировался). Позже этот завод стал «Ангстремом».

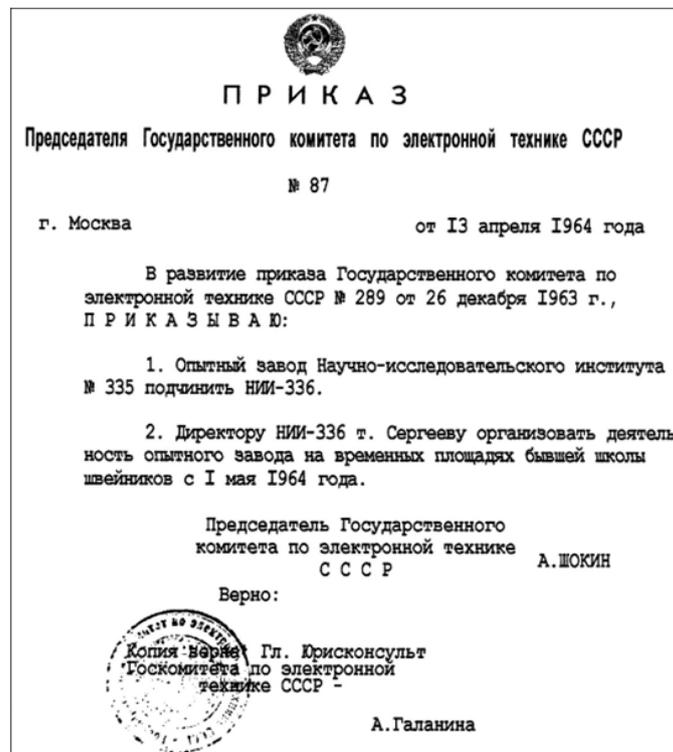


Рис. 9. Приказ о передаче завода

А затем НИИМП был передан завод № 282, позже ставший «Компонентом». В нём же временно размещался и завод «Микрон» при НИИМЭ.

#### V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, заданиями Постановления от 8.08.1962 г.:

- Определён первоочерёдный состав создаваемых в стране предприятий микроэлектроники:
  - 5 НИИ, 4 опытных завода и ВУЗ на 2500 мест ЦМ в Зеленограде,
  - 5 филиалов зеленоградских НИИ в Ленинграде, Киеве, Риге, Минске и Вильнюсе.
  - 5 отделений или лабораторий в 4-х академических и отраслевом НИИ.

Итого поручено создание 20 научных, производственных и учебной организаций микроэлектроники.

- Определены основные задачи создаваемых предприятий микроэлектроники:
  - *«Разработка принципов создания микроэлементов и микроэлектронных схем,*
  - *Разработка по заданиям ГКРЭ микроэлементов, узлов и блоков,*
  - *Совместно с организациями ГКРЭ – унификация и нормализация микросхем общего применения,*
  - *Разработка технологии производства микроэлементов и микросхем,*
  - *Исследования, разработка и обоснование требований на специальные материалы,*
  - *Разработка специального технологического оборудования,*
  - *Оказание технической помощи организациям ГКРЭ и СНХ при внедрении в серийное производство».*
- Определён первичный перечень НИР и ОКТ в этих направлениях.
- Поручено *«довести к 1966 г. численность ЦМ до 18 000 человек».* С этой целью:
  - Разрешено привлечение требуемых специалистов на предприятиях страны для работы в ЦМ с представлением жилья с московской пропиской.

- Установлена повышенная категория оплаты труда работников ЦМ.
- В 1963-1965 гг. поручено направить по распределению молодых специалистов: 1000 инженеров и 800 техников.
- В 1962-66 гг. Мосгорисполкому поручено выделить работникам ЦМ 420 000 м<sup>2</sup> жилплощади (по московским нормам тех лет в 9 м<sup>2</sup> на человека – это на 46 667 человек).
- Для создаваемых предприятий регионам поручено выделение временных производственных площадей и строительство специальных новых. Строительство объектов объявлено *«опытно-показательным и особо важным»*. Для строительства на 1963-65 гг. выделены капитальные вложения в объёме 40 млн. рублей.
- Поручено выделение средств и лимитов для строительства и работы создаваемых предприятий.
- Минвнешторгу поручено произвести импортные закупки необходимого оборудования и материалов.
- Московскому горкому КПСС и Мосгорисполкому поручено оказывать Центру микроэлектроники всяческую помощь.

Иными словами, запланирован, а далее реализован, комплексный план создания принципиально новой отрасли науки и промышленности со строительством для её инновационного центра специального города с научно-промышленной и гражданской инфраструктурой, а также аналогичных инфраструктур для предприятий в других городах страны.

И это было не исключение, аналогичные центры для создания и развития необходимых стране научно-промышленных направлений создавались в те годы в различных регионах СССР. Это Арзамас-16 (1946 г.), Жуковский (1947 г.), Челябинск-70 (1955 г.), Обнинск (1956 г.), Новосибирский Академгородок (1957 г.), Краснообск (1968 г.) и др.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малашевич Б.М. Начала микроэлектроники // В настоящем сборнике.
2. Шокин А.А. «Ну это ты врешь» ...» // Зелёная ветвь Москвы. М., 2003. С. 67-77.
3. Рожин И.Е. У истоков Зеленограда // Сб. трудов Гос. Зеленоградского ист.-краев. музея. Вып. 3. Науч. ред. и состав. Н.И. Решетников. М.: УРСС, 1998.
4. Погода в Москве – климатический монитор за апрель 1961 года // [pogodaiklimat.ru](http://pogodaiklimat.ru)
5. Шокин А.А. Министр невероятной промышленности СССР. М.: изд-во ЦНИИ «Электроника», 1999. 372 с.

## ПОДГОТОВКА КАДРОВ В ОБЛАСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ПЕРМИ: ИСТОРИЯ «ОТЦОВ-ОСНОВАТЕЛЕЙ» (1950-1970-е ГОДЫ)

**Ольга Владимировна Марасанова**

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
Пермь, Российская Федерация, helgamarasanova@yandex.ru*

**Аннотация** – 1950-70-е годы в истории Перми являются временем бурного индустриального роста. В ПГУ и ППИ были открыты кафедры прикладной математики, автоматики и телемеханики, экономической кибернетики. В статье рассматриваются практики организации новых направлений обучения Ю.В. Девингталем, М.С. Тер-Мхитаровым и И.А. Кручининым. Сравнительный анализ биографий и опыта организации новых специальностей позволит понять, какие агенты действовали в инновационной сфере автоматизации во второй половине XX века в СССР.

**Ключевые слова** – высшее образование, АСУ, биография.

### I. ВВЕДЕНИЕ

В исследовательской литературе сложились два подхода к изучению процессов автоматизации отраслей народного хозяйства в СССР. Они отличаются предметом анализа. В первом случае авторы рассматривают трансформацию аппаратно-технологической базы. Второй подход использует социальную оптику для изучения истории личностей и коллективов. Данная статья относится к последнему кругу работ.

В 1950-1970-е годы в высших учебных заведениях СССР открылись новые направления подготовки. В их числе были образовательные программы, нацеленные на выпуск специалистов в области автоматизированных систем управления (далее – АСУ). Целью данного исследования является включение в научный оборот материалов провинциальных ВУЗов, в которых осуществлялась подготовка специалистов, способных применить достижения вычислительной техники и автоматики в различных отраслях промышленности. Рассматривается опыт организации трёх специальностей: вычислительная математика, автоматизация производственных процессов и экономическая кибернетика. Они были открыты в 1950-70-е годы в Пермском государственном университете (далее – ПГУ) и Пермском Политехническом институте (далее – ППИ).

В первой части работы представлены краткие биографии создателей данных направлений: Юрия Владимировича Девингтала (1924-1996), Михаила Степановича Тер-Мхитарова (1924-2007), Игоря Анатольевича Кручинина (1931-2005). Во второй части сравниваются условия, при которых в пермских ВУЗах началась подготовка по трем образовательным программам. Сравнительный анализ биографий и опыта организации новых специальностей позволит понять, какие агенты действовали в инновационной сфере автоматизации во второй половине XX века в СССР.

### II. ИСТОРИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ

В 1950-1970-е годы местные производства<sup>1</sup> Пермской области значительно расширились. Индустриальный рывок был обусловлен в том числе наличием достаточного количества кадров.

В конце 1950-х годов Постановлением очередного XXII съезда КПСС перед высшими учебными заведениями была поставлена задача практически двукратного увеличения выпуска специалистов для промышленности, транспорта и строительства. В документе подчеркивалась важность подготовки «по специальностям химической технологии, автоматики, вычислительной техники» [3, с. 242].

В данный период в Молотове<sup>2</sup> работали восемь высших учебных заведений, три из которых готовили кадры для промышленности. В 1956-57 учебном году выпускниками молотовских ВУЗов стали 2185

---

<sup>1</sup> Пермская область являлась старопромышленным районом. В XX веке здесь развивались добыча пищевых и калийных солей, нефти и газа, химическая промышленность, лесная и целлюлозно-бумажная промышленности, машиностроение, в частности производство артиллерийских вооружений, авиамоторостроение и ракетостроение, приборостроение, связанное с авиационной и космической отраслями, кабельная промышленность.

<sup>2</sup> С 1940 по 1957 годы Пермь носила название Молотов, а Пермская область именовалась Молотовской областью.

человек [2, с. 177], из которых только 14% завершили обучение в горном, машиностроительном институтах и на техническом факультете МолГУ. На заседании технико-экономического совета Пермского экономического района данное положение с подготовкой кадров рассматривалось, как недостаточное. Начальник планово-экономического отдела Пермского совнархоза, В.Т. Дроздов утверждал, что «все давно чувствуют и несколько раз записывалось в документах и на партийных конференциях о политехническом ВУЗе. (...) Надо этот вопрос решить в ближайшее время» [4, Л. 38].

В 1959-60-м годах в ВУЗовской среде Перми произошли изменения, отвечавшие требованиям семилетнего плана и нуждам областной промышленности. Во-первых, в 1960 году горный, машиностроительный институты и частично технический факультет ПГУ были объединены в ППИ. В справке, предоставленной Министерством высшего образования СССР председателю Совета Министров СССР, в которой упоминалось создание ППИ, также говорилось о слиянии Московского вечернего машиностроительного института и МВТУ им. Баумана, Московского государственного института и МИНХ им. Г.В. Плеханова. Реорганизация проводилась с целью «упорядочения сети высших учебных заведений в стране и приближении высшей школы к производству» [5, Л. 50]. В ППИ были открыты восемь факультетов: механико-технологический, электротехнический, горный, машиностроительный, строительный, химико-технологический, двигателей и заочный [6, с. 1]. В докладе рассматривается фрагмент из истории кафедры автоматики и телемеханики электротехнического факультета института.

Таблица 1  
Основные показатели развития народного хозяйства Пермской области [1, 2]

Сравнительные показатели	1950	1976
Число промышленных предприятий, состоящих на самостоятельном балансе	-	572
Вывозка древесины (млн. куб. метров)	15	23
Скорость эксплуатационного бурения скважин на один станок в месяц ( <i>м</i> )	893	1566
Среднесуточный съём стали с 1 $m^2$ площади мартеновских печей – по календарному времени работы ( <i>т</i> )	5,2	7,9

Во-вторых, в мае 1960 года приказом Министерства высшего и среднего образования СССР была утверждена новая структура Пермского государственного университета. Перед опубликованием документа в ВУЗе завершилась административная проверка. Руководитель министерской комиссии А.Ф. Шабанов на Совете университета говорил: «мы должны предъявлять к вашему университету требования, исходя из того, что ваш университет обслуживает один из важнейших в Советском Союзе экономических районов» [7, Л. 5]. Для реализации ожиданий региона университетом чиновник предложил организовать новые направления обучения, в том числе «вычислительную математику, радиофизику, электронику со всеми производными от этой специальности» и «экономистов различных специальностей, в том числе по механизированному учету с применением математических машин» [7, Л. 6]. Новая структура ПГУ была составлена в соответствии с заключением комиссии. Для данного доклада актуальным нововведением является создание механико-математического и экономического факультетов.

В 1976 году количество подготовленных для промышленности и строительства специалистов составило 2078 человек [2, с. 127], что практически в семь раз превышает число выпускников данных направлений обучения в 1957 году. Флагманами в подготовке кадров высшей квалификации с начала 1960-х годов являлись Пермский государственный университет и Пермский политехнический институт. В следующем разделе доклада рассмотрены биографии работников ПГУ и ППИ, которым принадлежала инициатива открытия программ, направленных на подготовку специалистов для различных задач автоматизации народного хозяйства.

### III. БИОГРАФИИ

В биографиях Ю.В. Девингталь (ПГУ, специальность «вычислительная математика»), М.С. Тер-Мхитарова (ППИ, специальность «автоматизация производственных процессов») и И.А. Кручинина (ПГУ, специальность «экономическая кибернетика») есть пересечения. Они позволяют выделить общие черты агентов инноваций в провинциальных ВУЗах.

Первой общей характеристикой агентов является миграционный опыт. Каждый из трех вузовских деятелей родился за границами Пермской области и имел опыт устройства жизни в новых местах. Юрий Владимирович Девингталь родился в Риге, детство провел в Детском селе<sup>3</sup> в Ленинградской области,

<sup>3</sup> Детским селом с 1918 по 1937 годы назывался г. Пушкин Ленинградской области.

первые годы Великой Отечественной войны жил в Москве и в 1942 году был отправлен в Кизел Молотовской области для работы в угольном тресте «Кизелшахтстрой». В 1945 году он пытался возвратиться к родственникам в Москву, но не получил разрешения на выезд и поступил в Молотовский государственный университет на физико-математический факультет.

Михаил Степанович Тер-Мхитаров родился в Москве в семье военного хирурга. Семья переехала в Ленинград в 1934 году по причине назначения отца на новое место службы. В 1941 году М.С. Тер-Мхитаров был эвакуирован в г. Омск, где в 1942 году был призван в Красную Армию. Михаил Степанович завершил боевой путь на Дальнем Востоке, в 1946 году был демобилизован и поступил в Московский институт цветных металлов и золота, из которого в 1948 году был переведен в Московский горный институт. М.С. Тер-Мхитаров окончил ВУЗ с отличием и продолжил обучение в аспирантуре. Защитив в 1956 году кандидатскую диссертацию, Михаил Степанович был направлен в Молотовский горный институт.

В личном деле Игоря Анатольевича Кручинина местом рождения значится город Харбин. Здесь он прожил до 1955 года. За это время город входил в состав Особого района Восточных провинций Китая, являлся одним из крупнейших населенных пунктов Маньчжоу-го и с 1945 был центром китайской провинции. Переехав в СССР, И.А. Кручинин получил второе высшее образование на экономическом факультете Томского государственного университета (далее – ТГУ). В 1964 году он защитил кандидатскую диссертацию в Московском институте народного хозяйства им. Г.В. Плеханова, после чего возвратился в Томск, где два года работал старшим преподавателем на экономическом факультете и совместителем на кафедре экономики промышленности и организации производства ТГУ. В 1966 году Игорь Анатольевич переехал в Пермь. Здесь он возглавил лабораторию технико-экономических исследований и эффективности разработок НИИ управляющих машин и систем (далее – НИИУМС). Заведование лабораторией Игорь Анатольевич совмещал с работой на кафедре отраслевых экономик экономического факультета ПГУ в должности доцента.

Каждый из вузовских организаторов прибыл в Пермь по разным обстоятельствам. Ю.В. Девингаль после окончания МолГУ остался преподавать на кафедре математического анализа, позже на кафедре теории функций физико-математического факультета МолГУ. М.С. Тер-Мхитаров работал на кафедре общей и горной электротехники горного института. За три года он прошел путь от ассистента до доцента и в 1959 году был исполняющим обязанности заведующего кафедрой. И.А. Кручинин совмещал успешную карьеру в НИИУМС с преподавательской нагрузкой и научными обязательствами на экономическом факультете.

Второй общей чертой трех деятелей было отсутствие высоких академических степеней. Юрий Владимир и Михаил Степанович остановились в академическом пути на ученом звании кандидата наук. Ю.В. Девингаль защитил диссертацию спустя 8 лет после окончания университета. Эта задержка была вызвана, по мнению ученого, «эффектом ВН»<sup>4</sup>. В личном деле и воспоминаниях Юрия Владимировича не упоминались намерения по написанию докторской диссертации. Но, несмотря на отсутствие степени, Юрий Владимирович на протяжении тридцати лет был научным руководителем Вычислительного центра ПГУ, возглавлял кафедры теории функций и прикладной математики, активно поддерживал связи с другими академическими организациями: кафедрой вычислительной математики и вычислительным центром МГУ, математическим факультетом и вычислительным центром ЛГУ, Институтом кибернетики АН УССР.

Михаил Степанович Тер-Мхитаров, напротив, предполагал для себя академическую карьеру. Об этом свидетельствуют документы из личного дела и его воспоминания. В 1975 году он защитил докторскую диссертацию в Московском горном институте, но отозвал ее на доработку. Дальнейшая история этой инициативы неизвестна, но степень доктора М.С. Тер-Мхитаров не имел. Тем не менее, Михаил Степанович являлся автором более 70 научно-исследовательских работ, возглавлял кафедру автоматизации и телемеханики и одноименную лабораторию на протяжении двадцати лет.

Игорь Анатольевич Кручинин, в отличие от коллег, вышел на защиту докторской диссертации. В 1973 году ему было присвоено ученое звание доктора экономических наук. Проблематику ученого труда возможно охарактеризовать как прикладную. Деятельность в НИИУМСе и университете способствовала набору материала по теме «Вопросы экономической эффективности автоматизированных систем управления предприятиями в промышленности».

---

<sup>4</sup> ВН (сокращение) – враг народа. Отец Ю.В. Девингалья, Петр-Вольдемар Федорович Девингаль был осужден по 58 статье УК СССР 30 декабря 1937 г. Высшая мера наказания была приведена в исполнение 5 января 1938 г. Мать Эмма-Марта Юрьевна Девингаль была осуждена по 58 статье УК СССР 9 сентября 1938 года. Отбывала наказание в Востураллаге с 1938 по 1948 годы.

Третья общая черта является производной от прикладного подхода к научной деятельности. Ю.В. Девингталь, М.С. Тер-Мхитаров и И.А. Кручинин были известны в городе и области, как «проводники» знания о применении математических методов и вычислительной техники для производственных задач, о создании человеко-машинных систем, об оценке эффективности АСУ.

В 1960-е годы, когда в стране постепенно началось освоение ЭВМ, Ю.В. Девингталь был руководителем бюро и председателем президиума комитета по вычислительной технике технико-экономического совета Западно-Уральского совнархоза [8, Л. 971]. В задачи совета входило рассмотрение и предложение рекомендаций по «комплексному развитию промышленности, с учетом перспектив развития всех отраслей народного хозяйства экономического административного района, (...) внедрению прогрессивной технологии, механизации и автоматизации производственных процессов, (...) обмена опытом работы среди предприятий, новаторов производства, изобретателей и рационализаторов» [9, Л. 40].

Одновременно с этим научный руководитель ВЦ ПГУ создал в университете площадку для встреч специалистов из разных отраслей промышленности. Например, в феврале 1962 года в актовом зале ПГУ собрались представители высших учебных заведений и предприятий на областное совещание по «вопросам применения вычислительной техники на предприятиях Пермского совнархоза» [10, с. 1]. Кроме того, в вычислительном центре проходили повышение квалификации сотрудники заводов города Перми, которые были ответственны за организацию и работу вычислительных подразделений.

М.С. Тер-Мхитаров был заместителем Ю.В. Девингталя в секции по вычислительной технике Западно-Уральского совнархоза. Политехнический институт в отличие от университета имел более тесную связь с предприятиями. В частности, в 1960-е годы Михаил Степанович курировал отраслевую лабораторию совнархоза по автоматическому управлению и регулированию в химической промышленности [11, с. 1]. В 1970-е годы он сменил исследовательский вектор на создание методики использования вычислительного комплекса и специальных устройств для автоматизации анализа систем «человек-машина-среда» [12]. С 1963 года М.С. Тер-Мхитаров руководил проведением областной конференции по автоматическому управлению и вычислительной технике, в которой участвовали как студенты и преподаватели ППИ, так и сотрудники предприятий Пермской области.

И.А. Кручинин, будучи заведующим отделением в НИИУМСе и руководителем разработки общесоюзной методики и стандартов расчета экономической эффективности АСУ в Министерстве приборостроения СССР, связывал университет и научно-исследовательский институт. Так как НИИУМС работал с предприятиями из разных отраслей промышленности, то Игорь Анатольевич имел представление об их нуждах и потребностях. Одним из главных результатов публичной деятельности И.А. Кручинина была организация кафедры и направления обучения «экономическая кибернетика».

#### IV. ОРГАНИЗАЦИЯ НОВЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Идея организации направления подготовки математиков-вычислителей была выдвинута д.ф.-м.н., профессором, заведующим кафедры теории функций МолГУ Львом Израилевичем Волковским в конце 1950-х годов. Данная инициатива соответствовала требованиям, указанным в резолюции XXII съезда КПСС. Ю.В. Девингталь был аспирантом Льва Израилевича, в то же время он вел математический практикум, где обучал математиков работе с арифмометрами, логарифмическими линейками и т.д. Защитив диссертацию в 1958 году, Юрий Владимирович включился в организацию специализации на последних двух курсах по вычислительной математике, а затем и в оформление отдельного направления.

Ю.В. Девингталь отвечал за создание вычислительного центра, который был необходим для практики студентов в работе с ЭВМ. Процесс получения машины для центра затянулся на три года, в течение которых начальник ВЦ ПГУ находился в командировках в других вузовских и научно-исследовательских ВЦ, договаривался с чиновниками Западно-Уральского совнархоза и союзным министерством, готовил инженерные кадры. В 1961 году в ПГУ была установлена ЭВМ «Арагац», произведенная в ереванском НИИ математических машин.

Весной 1962 года в газете «Пермский университет» заместитель декана механико-математического факультета И.В. Цыганков анонсировал открытие специальности «вычислительная математика» [13, с. 3]. На следующий год в разгар приемной кампании секретарь партбюро мехмата Я.П. Лумельский писал, что выпускники данного направления «направляются после университета в вычислительные центры, конструкторские бюро, на промышленные предприятия и в научно-исследовательские институты» [14, с. 3].

В конце 1960-х годов данная специальность была преобразована в «Математику для народного хозяйства», которую завершили только два студенческих набора. Одна из выпускниц уникального

направления вспоминала в интервью: «Мой выбор специальности был связан с большими ожиданиями полезности и интереса, хотелось увидеть результаты: даже бабушке неграмотной пыталась объяснить, как будет здорово, когда производством будут управлять с помощью математики» [15]. В 1971 году была открыта специальность «Прикладная математика», а в 1972 году Юрий Владимирович возглавил вновь созданную кафедру прикладной математики.

Организация направления «автоматизации производственных процессов» в ППИ, была, напротив, не университетской инициативой, а нормативным решением. Область научных интересов М.С. Тер-Мхитарова соответствовала направлению обучения, которое должно было быть открыто на возглавляемой им кафедре «Автоматики и телемеханики».

В воспоминаниях Михаил Степанович писал о летнем дне 1960 года. Он рыбачил на реке Сылва, когда по вызову ректора за ним пришла машина. «Вскоре я в своей рыбацкой одежде предстал перед Михаилом Николаевичем. Глядя испытующе мне в глаза, он произнес: “Слушай, Михаил Степанович! Я сегодня получил известие об образовании новой специальности “АПП”. Что будем делать?””. Мое сердце учащенно забилось. Ведь до сих пор ни один вуз Перми не готовил инженеров-автоматчиков. А эта специальность была мне очень близка. Я ответил: “Конечно, будем осуществлять в этом году набор”» [16, с. 98]. На данную специальность были переведены студенты 4-го курса направления «Горная электромеханика». Таким образом, уже в 1960-61 учебном году Пермский политехнический институт окончили инженеры нового профиля – АПП.

Но, наряду с удачным стечением обстоятельств и готовности Михаила Степановича обновить набор специальностей, были и сложности. Например, в отчете кафедры автоматки и телемеханики за 1962 год заведующий кафедрой указывает на неуспеваемость обучающихся. По его мнению, причина заключается в том, что «кафедра, деканат и общественность еще недостаточно освещает те трудности, которые предстоит студентам преодолеть на электротехническом факультете. Ряд студентов поступает на эти специальности, увлекаясь только романтической их стороной» [17, Л. 36].

Также кафедра была ограничена в помещениях и имеющейся технике, необходимой для подготовки специалистов. В отличие от ВЦ ПГУ, который получил ЭВМ через Министерство высшего образования РСФСР, вычислительный центр при кафедре автоматки и телемеханики был обязан оснащением машиной «Минск-1» предприятиям Пермской области. Заводы собрали необходимые средства на приобретение дорогостоящей техники «под честное слово» ректора ППИ М.Н. Дедукина. Тем не менее опыт первых шагов был вкладом в будущее. В 1969 г. кафедра автоматки и телемеханики была разделена на две, одну из которых, «Вычислительной техники и автоматического управления», Михаил Степанович возглавлял до 1980 г.

Подготовка к созданию направления «экономическая кибернетика» началась в 1970 году с появления одноименной кафедры. Данная программа была введена с целью «специализации экономистов-математиков в области проектирования и эксплуатации организационно-экономической части автоматизированных систем управления производством» [18, Л. 1]. Задача, поставленная перед коллективом кафедры, была ясна ее заведующему, Игорю Анатольевичу Кручинину. Он понимал из практики, какие кадры нужны производствам для эффективной работы АСУП.

Однако на экономическом факультете была растерянность. В весеннем выпуске газеты «Пермский университет» 1970 года, адресованной школьникам, о новом направлении, которое курировал И.А. Кручинин, декан писал: «поступающие на специальность “Кибернетика” получают самую интересную специальность, будущее которой даже трудно представить» [19, Л. 2]. Эту «таинственность» ощущали и студенты. Выпускница первого выпуска экономической кибернетики вспоминала: «у меня всегда было такое ощущение, что чему нас учить, не знали сами преподаватели» [20]. Тем не менее, преддипломную практику обучающиеся проходили на разных предприятиях Перми: телефонном, кабельном, электротехническом заводах, институтах, в том числе в НИИУМСе, и проектных организациях.

История первых лет становления «экономической кибернетики» находится в разработке. Данное направление до отъезда из города в 1982 году курировал И.А. Кручинин. С 1986 по 2006 год кафедрой и направлением подготовки руководил ученик Игоря Анатольевича – д.э.н., профессор Валентин Иванович Аверин.

## V. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, сравнительный анализ биографий и опыта организации новых специальностей позволяет прийти к следующим выводам:

- в конце 1950-х годов кафедры провинциальных ВУЗов СССР нуждались в пополнении молодыми специалистами для реализации направлений обучения по направлению АСУ. Эта тенденция

прослеживается в биографиях М.С. Тер-Мхитарова и И.А. Кручинина. Будучи выпускником МолГУ, Ю.В. Девингталь смог стать руководителем вычислительного центра, потому что был готов выделить значительное время на обучение в других ВЦ, ведение переписки с органами власти, получение и установку оборудования;

- руководители новых специальностей являлись публичными лидерами, проводившими курс на автоматизацию процессов в реальных обстоятельствах советской промышленности. Данный статус может являться причиной отсутствия у Ю.В. Девингталя, М.С. Тер-Мхитарова и И.А. Кручинина статуса «кабинетного ученого» и академической научной школы. Тем не менее, они организовали коллективы и создали необходимые условия для подготовки нужных производству кадров: математиков-вычислителей, инженеров-автоматчиков, экономистов-математиков;

- опыт организации специальностей, представляет альтернативу директивному рассмотрению социальной истории советской автоматизации. Действия Ю.В. Девингталя, М.С. Тер-Мхитарова, И.А. Кручинина демонстрируют эффективные горизонтальные связи и значение личной инициативы для достижения поставленных целей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Народное хозяйство Молотовской области: статистический сборник / ЦСУ СССР, Молотов. обл. стат. упр. Молотов: Молотов. кн. изд-во, 1957. 200 с.
2. Народное хозяйство Пермской области за годы Советской власти: статистический сборник / ЦСУ РСФСР, Стат. упр. Перм. обл. Пермь: Перм. кн. изд-во, 1977. 144 с.
3. Материалы внеочередного XXI съезда КПСС. М.: Государственное издательство политической литературы, 1959. 260 с.
4. ГАПК. Ф. Р-971. Оп. 1. Д. 2125. Протоколы заседаний пленумов технико-экономического совета за 1957-60 гг.
5. ГАРФ. Ф. А605. Оп. 1. Д. 358. Переписка с Советом Министров СССР, Советом Министров РСФСР и Советами Министров союзных и автономных республик по вопросам учебно-методической работы, планирования приема в учебные заведения, реорганизации сети учебных заведений, материально-технического оснащения, финансирования кастроительства высших и средних специальных учебных заведений том II.
6. Глушков А.А. О структуре Пермского политехнического института // Ленинец. 1960. № 37 (99). 7 октября 1960. С. 1-2.
7. ГАПК. Ф. Р-180. Оп. 12. Т. 1. Д. 782. Стенограмма заседания совета университета им. А.М. Горького от 3 марта 1960.
8. ГАПК. Ф. Р-971. Оп. 1. Д. 2166. Протоколы заседаний президиума технико-экономического совета за 1960-62 гг.
9. ГАПК. Ф. Р-971. Оп. 1. Д. 2123а. Постановления и распоряжения СНХ об утверждении персонального совета ТЭС об организации секций и о проведении пленарных заседаний за 1957-65 гг.
10. Фоминых Ю.В. Дорогу вычислительной технике! // Пермский университет. 1962. № 8. С. 1.
11. Заслуженная награда // Ленинец. 1961. № 33. С. 1.
12. ГАПК. Ф. Р-1622. Оп. 2. Д. 3321. Разработка методики использования вычислительного комплекса и специальных устройств для автоматизации анализа систем «человек-машина-среда».
13. Математический // Пермский университет. 1962. № 17-18. С. 3.
14. Лумельский Я. Нужны желание и упорный труд // Пермский университет. 1963. № 21-22. С. 3.
15. Гантман М.Л. Интервью в Перми 29.03. 2023. (Архив О.В. Марасановой).
16. Тер-Мхитаров М.С. Его не только уважали, но и любили // Это все о нем / под ред. И.А. Шапорева. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2006. С 93-103.
17. ГАПК. Ф. Р-1622. Оп. 1. Д. 104. Отчеты о работе кафедр общественных наук общепермских То же, электротехнического, химико-технологического и авиадвигателей факультетов. Том 5.
18. ГАПК. Ф. Р-180. Оп. 12. Т. 2. Д. 4822. Отчет об учебно-воспитательной работе за 1970-1971 годы.
19. Ларионов А.П. Экономист – это романтик // Пермский университет. 1970. № 17. С. 2.
20. Марасанова И.В. Интервью в Перми 20.03.2022. (Архив О.В. Марасановой).

**КАФЕДРА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ / ИНФОРМАТИКИ  
ЛЕНИНГРАДСКОГО – САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
В ЭПОХУ С.С. ЛАВРОВА  
К 100-летию Святослава Сергеевича Лаврова**

**Борис Константинович Мартыненко**

*Независимый исследователь, Санкт-Петербург, Российская Федерация, mbk@ctinet.ru*

**Аннотация** – Доклад посвящен некоторым страницам из жизни и деятельности коллектива кафедры математического обеспечения/информатики математико-механического факультета Ленинградского государственного университета, свидетелем которых был автор, проработавший всю свою жизнь на математико-механическом факультете ЛГУ/СПбГУ.

**Ключевые слова** – ЛГУ, кафедра информатики, Святослав Сергеевич Лавров, преподавание программирования.

#### I. ПРЕДЫСТОРИЯ

Кафедра математического обеспечения ЭВМ была создана приказом ректора 1 апреля 1970 г. По рекомендации партбюро математико-механического факультета Ленинградского университета её заведующим в качестве ответственного партийного поручения был назначен Сергей Михайлович Ермаков. Он окончил мат.-мех. ЛГУ в 1956 г., прошёл аспирантуру в Ленинградском отделении Математического института имени В.А. Стеклова АН СССР под руководством Гурия Ивановича Марчука (8.06.1925-24.03.2013)<sup>1</sup> и был направлен в г. Обнинск, где работал в должности научного сотрудника. В 1964 г. С.М. Ермаков, защитивший кандидатскую диссертацию, стал руководителем лаборатории, разрабатывавшей методы расчета ядерных энергетических установок. В то время он получил ряд результатов в областях:

- прохождения излучений через вещество;
- моделирования сложных систем;
- решения нелинейных задач жидкости и газа;
- обоснования и развития стохастических вычислительных методов.

В 1966 г. С.М. Ермаков перешел на работу в Ленинградский государственный университет, с 1970 года работал в должности доцента. В 1972 г. он защитил докторскую диссертацию и основал на мат-мехе кафедру статистического моделирования, более соответствующую его научным интересам.

В 1970 г. на годовичном заседании АН СССР наш декан Сергей Василевич Валландер (21.06.1917-19.06.1975) и Святослав Сергеевич Лавров (12.03.1923-18.06.2004) – оба из Отделения механики и процессов управления АН СССР, случайно оказались рядом. В то время С.С. Лавров работал в МГУ на факультете ВМК. С.В. Валландер предложил ему переехать в Ленинград, и С.С. согласился.

#### II. С.С. ЛАВРОВ В ЛЕНИНГРАДЕ

И уже с 27.09.1971 г. С.С. Лавров был зачислен на должность профессора кафедры математического обеспечения ЭВМ. 26.09.1972 г. его назначили и.о. заведующего кафедрой, а 11.01.1973 г. он был утверждён зав. кафедрой как избранный ученым советом ЛГУ.

С.С. Лавров (рис. 1) сменил С.М. Ермакова на посту заведующего кафедрой матобеспечения ЭВМ, а я был переведён на должность доцента этой кафедры как избранный по конкурсу Учёным советом факультета<sup>2</sup>.

В 1964-1976 гг. в ВЦ ЛГУ я руководил Лабораторией программирования, автоматизации программирования и программированного обучения, переименованной в 1968 г. в Лабораторию

---

<sup>1</sup> Гурий Иванович Марчук в 1942-1949 гг. – студент, затем аспирант матмеха ЛГУ. В 1953-1962 – сотрудник, затем начальник отдела Лаборатории «В» (с 1955 г. Физико-энергетического института Госатомэнерго СССР).

<sup>2</sup> Приказ № 4145 от 30/X-72.

системного программирования<sup>3</sup>. Затем её возглавил С.С. Лавров. Он назначил сотрудника этой лаборатории А.Н. Терехова своим заместителем, а позже тот стал её заведующим.



Рис. 1. Член-корреспондент РАН, профессор С.С. Лавров

Благодаря широким научным интересам и эрудиции в различных областях компьютерной науки нового заведующего кафедрой: языки программирования, методы трансляции, теория и методология программирования, базы данных, искусственный интеллект и т.д., – значительно обогатилась тематика научных исследований и, соответственно, дипломных работ студентов.

Начал работать семинар по двум направлениям: научные сообщения и обсуждение методических вопросов преподавания и программ дисциплин.

Первые доклады сделал сам С.С. Лавров по методам синтаксического анализа программ, – моя любимая тема. Я рассказал о своем методе анализа на простом примере. И пока я канителился с таблицами на доске, С.С. на столе проделал работу по Д. Кнуту. При сравнении оказалось, что я использовал метод анализа «сверху-вниз», а С.С. – «снизу-вверх».

На одном из заседаний семинара кафедры было предложено переименовать кафедру, чтобы название охватывало более широкий круг интересов преподавателей. Из нескольких вариантов путём голосования было выбрано название: – «Кафедра информатики».

В 1973 г. С.С. Лаврову исполнялось 50 лет. Лаборатории системного программирования было поручено организация юбилея С.С. Лаврова. Лаборантка лаборатории Н. Крысанова заказала клише и печать в какой-то типографии на Василевском острове (рис. 2).



Рис. 2. Сообщение о юбилее С.С. Лаврова. 1973

В подготовке торжества участвовали преподаватели кафедры и лабораторий НИИММ и ВЦ. В большом зале ресторана «Метрополь» за большим общим столом присутствовали: вся семья Лавровых (рис. 3), Зенон Иванович Борович, декан мат.-меха, в окружении жён директора ВЦ А.М. Шаумана и зав. кафедрой статистического моделирования С.М. Ермакова (рис. 4б), и много другого народа.

<sup>3</sup> На общественных началах.



Рис. 3. Лавровы: Петя, Ирина Борисовна, Святослав Сергеевич, Катерина. 12.03.1973

Приветствие от лица партийной организации факультета зачитал Борис Аронович Кацев (рис. 4а). В нём, частности, были слова (привожу по памяти): «Хотя ленинградская земля пока ещё не родила собственных Невтонов, но свои Паскалята у неё уже есть».

Дети С.С. тоже закончили нашу кафедру, сначала Катерина, а позже Петя. Я был куратором групп, в которых они учились. Доводилось бывать в студенческом общежитии и беседовать на темы будущей профессии и вообще о жизни мат.-меха.

В 1974 г. за учебники «Универсальный язык программирования Алгол 60» [2] и «Введение в программирование» [3] С.С. Лаврову была присуждена университетская премия.

Работа над учебными программами дисциплин продолжались всё время. Была произведена их ревизия, и результаты были представлены впоследствии в [5, 9].



а)



б)

Рис. 4. «Метрополь», 12.03.1973. а) Б.А. Кацев зачитывает приветствие юбиляру. б) Жёны А.М. Шаумана и С.М. Ермакова, З.И. Борович между ними

Также велись жаркие дискуссии по методике преподавания программирования. В моём архиве сохранилась машинописная копия «Меморандума» на эту тему, с рукописными правками С.С. Лаврова, который понизил статус этого документа до обычной записки.

Вот этот документ:

Студент – это не копилка, которую нужно  
наполнить,  
а факел, который нужно зажечь.  
С.С. Лавров  
(Ещё одна вариация высказывания Плутарха)

#### ЗАПИСКА

кафедры математического обеспечения ЭВМ по вопросу  
преподавания программирования на математико-механическом  
факультете Ленинградского университета

1. Широкое внедрение вычислительной техники практически во все сферы человеческой деятельности делает профессию программиста одной из самых массовых профессий. Из рабочего инструмента специалиста вычислительная техника становится неотъемлемым элементом культуры.

В речи на годовом общем собрании Академии наук СССР президент АН СССР академик А.П. Александров особое внимание обратил на важность обучения всех студентов вузов умению свободно пользоваться современной вычислительной техникой для решения разнообразных задач.

Настоятельность этого диктуется широким внедрением вычислительной техники практически во все сферы человеческой деятельности, когда из рабочего инструмента специалиста ЭВМ превращается в неотъемлемый элемент культуры, и на повестку дня ставится вопрос о программировании как второй грамотности.

2. Исходя из принципа фундаментализации высшего, особенно университетского, образования и из концепции программирования как второй грамотности, основной целью преподавания этой дисциплины в университетах, кафедра считает основательную подготовку студентов в области фундаментальных основ программирования, включая современную систему понятий программирования, современную модель системы решения задач на ЭВМ, общее представление об аппаратной, программной и языковой операционной среде и современной технологии программирования. Кафедра не ставит перед собой невыполнимой задачи развитие у студентов всех специальностей высокого профессионального мастерства в технике программирования (оно приобретает длительную практику), но считает своей обязанностью подготовить студента к адаптации к условиям любой конкретной операционной среды, с которой ему придётся столкнуться в будущей практической деятельности, связанной с использованием ЭВМ.

В частности, не ставится задача досконального какого-либо конкретного языка программирования в полном объёме в рамках общей подготовки по программированию. Предполагается, что это обеспечивается спецкурсами и спецсеминарами по решению соответствующих кафедр на старших курсах в плане специальной профессиональной подготовки.

Однако, один конкретный язык, общий для всех специальностей, выделяется в качестве базового.

3. Выбор базового языка диктуется исключительно методологическими соображениями: достаточно ли хорошо и полно данный язык отражает современную систему понятий программирования (модель обработки данных), хорошо ли он поддерживает современную технологию программирования и т.д., а не то, насколько данный язык популярен или распространён в той или иной области приложений или сколь эффективные объектные коды обеспечивают имеющиеся системы программирования на базе этого языка (хотя, конечно, нельзя не считаться с тем, на сколько хорошо данная система программирования обеспечивает учебный процесс).

Программирование, как и всякая наука, постоянно развивается. Некоторые концепции этой науки отмирают, другие появляются вновь. Каждый конкретный язык программирования в какой-то степени “замораживает” систему понятий, сформировавшуюся к моменту определения этого языка. Естественно, что при выборе базового языка для учебных целей, предпочтение следует отдать новейшим языкам программирования, полнее отражающим и поддерживающим современные концепции программирования.

При достаточно высоких технических характеристиках современной вычислительной техники и в среднем не плохой эффективности работы программ, порождаемых современными системами программирования, на первый план выступает проблема надёжности этих программ. Хорошо известно, что надёжность программы находится в прямой зависимости от уровня языка, используемого для записи программы. Новейшие языки программирования высокого уровня поддерживают надёжное программирование в гораздо большей степени, чем старые языки, такие как ФОРТРАН, разрабатываемые в те далёкие времена, когда на первом месте стояли совсем другие проблемы.

И с методической точки зрения для первоначального обучения программированию предпочтительнее использовать языки наиболее высокого уровня, так как это позволяет сосредоточиться на принципиальных проблемах, не отвлекаясь на несущественные (для образования программистского мировоззрения) технические детали, и за счёт этого добиться более рационального расхода бюджета учебного времени.

Исходя из перечисленных выше соображений, в качестве всеобщего базового языка для первоначального обучения программированию на математико-механическом факультете и был выбран АЛГОЛ 68, как язык, наиболее удовлетворяющий указанным требованиям.

4. Понятно, что специалисты, использующие системы программирования лишь как инструмент в своей профессиональной деятельности, не свободны в выборе языка программирования, в силу сложившихся традиций, инерция которых поддерживается огромным фондом запрограммированных алгоритмов на данном языке.

Языки программирования, пустившие глубокие корни, декретом не отменишь, как и любой живой язык. Их «живучесть» имеет свои социальные и экономические причины. Однако их практическое использование в качестве неизбежного инструмента должно происходить с полным пониманием их недостатков в сравнении с новейшими инструментами, которые рано или поздно придут на смену морально и технически устаревшим системам.

5. Кафедре хочется верить, что выпускники математико-механического факультета будут способны содействовать прогрессу в технологии программирования в тех областях, где им придётся вести свою профессиональную деятельность.

Принято на заседании кафедры МО ЭВМ  
16 марта 1982 г.

Однако академическая точка зрения на языки программирования противоречила законам бизнеса: ни одна солидная фирма не поддержала язык АЛГОЛ 68, ибо у них были другие предпочтения (см. Записка, п. 4). Как не вспомнить положения марксизма об экономическом базисе и надстройке.

Забегая вперёд, замечу, что в 1988 г. вышел последний номер (52-й) АЛГОЛ-бюллетеня. В нём было напечатано предложение Г.С. Цейтина [12] по обработке исключений для Алгола 68. В этом же номере было извещение о смерти А. ван Вейнгаардена (2.11.1916–7.02.1987). Ему было 70 лет. Он заложил основы языка сочинением Algol X<sup>4</sup>. Рабочая группа 2.1 IFIP<sup>5</sup>, созданная как орган, ответственный за постоянную поддержку и сопровождение языка программирования Алгол 60, позже Алгола 68, закончила свою работу в её тогдашнем составе.

С 1986 г. на мат.-мехе младшие курсы перешли на язык Паскаль в качестве первого языка программирования. Весьма вероятно, не обошлось без влияния Министерства, когда С.С. Лавров уже был не у дел. Этот язык программирования с успехом использовался и для практических разработок.

Однако вернёмся в 1983 год. Заметив мой энтузиазм в сборе предложений по курсам кафедры, С.С. Лавров предложил мне написать что-нибудь самому. Получилась сочинение под названием «Перспективный курс программирования». С подачи С.С. Лаврова летом 1983 г. я получил предложение от А.П. Ершова<sup>6</sup> представить доклад на Всесоюзном совещании по системам программирования ЭВМ на эту тему. По каждому вопросу планировалось заслушать два доклада, представляющие разные точки зрения. Доклад Э.А. Малютина «Программирование для непрофессионалов» был указан в качестве альтернативной точки зрения. В 45 минут, выделенных на доклад, входило время, предусмотренное на дискуссию. Я ответил согласием, приписав, что по проекту решения совещания С.С. Лавров советует записать рекомендацию, ознакомить соответствующие вузы страны со списком дисциплин по курсу программирования, предложенным кафедрой информатики Ленинградского университета.

Я приехал в Москву 14 ноября за день до начала совещания. Без труда получил номер в гостинице. Он оказался двухместным. Я продолжал дописывать вводную часть, которая мне не давалась.

На следующий день 10 часов утра открывалось совещание. Я очень удивился, увидев свою фамилию в одиночестве. Я предполагал, что это совместный доклад, но С.С. Лавров, так не считал, и предоставил мне выступать одному.

Мой доклад по программе совещания шёл после обеда сразу же после доклада акад. А.Н. Колмогорова, д.ф.-м.н. В.А. Успенского, к.ф.-м.н. А.Л. Семёнова «Математические аспекты создания ЭВМ нового поколения и математическая подготовка кадров».

Из боковой двери около подиума появился акад. Колмогоров, ведомый соавторами под руки и сел в президиуме. Ему в то время было уже 80 лет. Кто-то из его свиты вышел к трибуне и начал читать доклад.

Тут я понял, что, даже будь С.С. Лавров моим содокладчиком, всё равно мне не избежать своей участи. Аудитория была огромной, на глаз 300-400 человек, я боялся страшно. Подошёл кто-то из оргкомитета и забрал у меня дубликат текста моего доклада.

Пришла моя очередь подыматься на эшафот.

---

<sup>4</sup> Из стажировки у П. Наура (1967-69 гг.) я привёз машинописный экземпляр этого сочинения.

<sup>5</sup> Её состав менялся в зависимости от языка, который обсуждался в текущее время. Одно время её членами были А.П. Ершов, П. Наур, А. ван Вейнгаарден и др.

<sup>6</sup> Оно было послано С.С. Лаврову во вложенном конверте с припиской «для Мартыненко».

Я начал с фразы: «Подлинно перспективный курс программирования не может быть зафиксирован на бумаге, это процесс, развивающийся в человеко-машинной среде, и как таковой, нуждающийся в постоянной интеллектуальной, материальной и организационной поддержке научных учреждений, вузов и промышленности». Затем начал читать доклад [5].

К тексту доклада был приложен

#### СПИСОК ДИСЦИПЛИН ПО КУРСУ ПРОГРАММИРОВАНИЯ:

##### 1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

- 1.1. Теория множеств
- 1.2. Элементы математической логики
- 1.3. Теория алгоритмов
- 1.4. Автоматическое доказательство теорем
- 1.5. Абстрактная теория формальных языков и автоматов
- 1.6. Элементы теории вероятностей, математической статистики, статистического моделирования и теории информации
- 1.7. Теория кодирования
- 1.8. Теория графов
- 1.9. Комбинаторика
- 1.10. Элементы математического программирования

##### 2. ТЕОРИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

- 2.1. Смешанные вычисления
- 2.2. Теория схем программ
- 2.3. Структуры данных
- 2.4. Рациональные алгоритмы на различных типах данных
- 2.5. Параллельные вычисления
- 2.6. Анализ и измерение эффективности программ
- 2.7. Верификация и тестирование программ
- 2.8. Автоматизированный синтез программ
- 2.9. Методология программирования

##### 3. ЯЗЫКИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ

- 3.1. Конкретные языки программирования
- 3.2. Средства языков программирования (содержательная семантика)
- 3.3. Формальная семантика языков программирования
- 3.4. Синтаксис языков программирования
- 3.5. Теория и технология трансляции
- 3.6. Программирование для спец. ЭВМ

##### 4. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ

- 4.1. Архитектура ЭВМ, систем и их программного обеспечения
- 4.2. Архитектура операционных систем
- 4.3. Технология разработки операционных систем
- 4.4. Методы расчета вычислительных комплексов и дисциплин как систем массового обслуживания
- 4.5. Элементная база ЭВМ
- 4.6. Реализация операций на ЭВМ
- 4.7. Микропроцессоры и микро-ЭВМ
- 4.8. Программное обеспечение ГАП

##### 5. БАЗЫ ДАННЫХ И ЗНАНИЙ

- 5.1. Базы данных
- 5.2. Системы машинного представления знаний
- 5.3. Интерактивные системы
- 5.4. Автоматизированные обучающие системы
- 5.5. Пакеты прикладных программ

Прочитав доклад, я с облегчением сошёл с трибуны. С.С. Лавров сказал: «Жаль, что Вы не показали структуру наших учебных планов на плакатах. Они бы очень оживили доклад».

Следом шёл доклад к.т.н. Э.А. Малютина «Программирование для непрограммистов». Никакой дискуссии, на которую рассчитывал А.П. Ершов, не последовало.

На следующий день 16-го с утра выступал Г.С. Цейтин, заведующий лабораторией интеллектуальных систем НИИММ ЛГУ на тему: «Критический анализ программного обеспечения ЕС ЭВМ и альтернативные пути развития»<sup>7</sup>, а 17-го – А.Н. Терехов из ВЦ ЛГУ с докладом «Перспективы использования языка программирования Алгол 68».

В тот же день после обеда был доклад В.О. Сафонова, м.н.с. ВЦ ЛГУ<sup>8</sup> с коллегами из других организаций: к.т.н. В.М. Пентковским, к.ф.-м.н. Г.Д. Чининым на тему «Система программирования МВК Эльбрус».

После возвращения из командировки Иосиф Владимирович Романовский (10.12.1935–24.02.2021), заведующий кафедрой исследования операций на мат.-мехе, пригласил меня поделиться впечатлениями от совещания. Профессор А.М. Вершик, присутствующий в аудитории, после обсуждения резюмировал, что пришло время разрабатывать курс дискретной математики, равноценный курсу анализа в непрерывной математике.

В следующем (1984) году на мат.-мехе была проведена конференция, для которой я подготовил доклад [6], в котором использовал важные пункты из доклада Министерства высшего и среднего специального образования СССР «Подготовка специалистов по программному обеспечению ЭВМ». Вот фрагмент из моего доклада:

«Новые тенденции в сфере производства, о которых говорилось на состоявшемся в ноябре прошлого года Всесоюзном совещании по системам программирования ЭВМ, ставят новые задачи перед системой образования. В плане увеличения выпуска кадров для работы с ЭВМ, начиная уже с 12 пятилетки, в средней школе вводится новый предмет «Информатика», на базе которого школьники будут приобретать навыки работы с ЭВМ уже с младших классов; формируется среднеобразовательные специальности «Техник-программист» и «Оператор-наладчик»; учреждается новая вузовская специальность «Программирование», по которой будут готовиться теоретики (в университетах), системные программисты (в университетах и вузах) и прикладники (во вузах); вводится вузовский курс «Общее программирование» объёмом в 200 часов (600 часов – для подготовки профессиональных программистов) лекций с очень интенсивной практикой; организуется постоянная система переподготовки всего контингента специалистов.

Учитывая потребности производства, на кафедре математического обеспечения ЭВМ Ленинградского университета формируется 5 внутрикафедральных специализаций:

(1) матобеспечение ЭВМ, (2) матобеспечение прикладных исследований, (3) матобеспечение информационных процессов и АСУ, (4) программирование для микро-ЭВМ и микропроцессоров, (5) математическая логика и теория алгоритмов.

Готовится фундаментальный курс программирования, сравнимый по своей значимости для подготовки программистов с курсом математического анализа для студентов-математиков (проект плана приводится в Приложении<sup>9</sup>).

Но вернёмся к делам кафедры. Были написаны методические указания [10] и учебные пособия по программированию на Алголе 68 под редакцией С.С. Лаврова, а также и по другим темам [11, 13-17]<sup>10</sup>.

В 1985 г. С.С. Лавров, А.О. Слисенко и Г.С. Цейтин опубликовали «Проект учебного плана специальности “информатика и системное программирование”» [9].

В 1977 г. С.С. Лавров был назначен директором Института теоретической астрономии АН СССР, но продолжал ещё заведовать кафедрой до 1986 г. Это случилось после смерти Глеба Александровича Чеботарёва (1.08.1913–4.08.1975), директора ИТА и моего научного руководителя по аспирантуре. С.С. Лавров занял тот же кабинет в здании бывшего французского посольства на наб. Кутузова. Очищая рабочий стол, он обнаружил план моей аспирантуры и преподнес его мне как реликвию, дорогую для

<sup>7</sup> Точка зрения Г.С. Цейтина на ЕС ЭВМ: «Современная вычислительная техника мирового класса – это про старые ИБМ-овские модели, бездарно содранные?».

<sup>8</sup> В.О. Сафонов, яркий молодой учёный с мат.-меха ЛГУ. В 1970-х – 1980-х гг. был руководителем крупного проекта по разработке трансляторов с языков Паскаль, CLU, Модула-2, РЕФАЛ, АБВ, SNOBOL-4, FORTH-83 для отечественных многопроцессорных вычислительных комплексов (МВК) "Эльбрус". В 1994 г. (в 39 лет) получил ученое звание профессора. Автор 145 публикаций, в том числе 11 книг, 4 патентов РФ и 4 патента США в области компиляторов и технологии программирования, 16 Интернет-курсов, 58 статей в ведущих российских и зарубежных научных журналах.

<sup>9</sup> Он такой же, как в моём докладе на совещании 1983 г.

<sup>10</sup> Этот список не полный.

меня. Получилось так, что оба директора ИТА существенно повлияли на мою профессиональную карьеру. Об этом я никогда не забываю и очень им признателен.

Переход С.С. Лаврова на работу в ИТА не изменил деловые отношения между коллективами кафедры и лабораторий (рис. 5).

С этого времени городской семинар по информатике, руководимый О.К. Даугавет в Институте социально-экономических проблем АН СССР (ИСЭП), иногда проводился в ИТА. Тогда председателем заседания был С.С. Лавров. С.Н. Баранов и С.С. Лавров были участниками семинара, и как другие участники делали замечательные доклады. Баранов иногда рекомендовал иностранных докладчиков и сам был переводчиком<sup>11</sup>.



Рис. 5. Группа преподавателей кафедры матобеспечения ЭВМ и сотрудников ВЦ ЛГУ в 1970-х годах

При С.С. Лаврове вдвое был увеличен прием студентов на кафедру (до 50 человек), и она получила значительное развитие. Но своего диссертационного совета в университете не было.

По его инициативе в 1978 г. был создан диссертационный совет К.063.57.41 для защит кандидатских диссертаций по специальностям: 05.13.11 – математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов систем и сетей и 05.13.17 – теоретические основы информатики, в котором С.С. Лавров был председателем, а я – учёным секретарём. Его работа несколько раз продлевалась, и его состав менялся и набор специальностей пополнялся.

Однако, в результате реорганизации ВАК'ом специализированных советов с целью создания оптимизированной сети советов, в Ленинграде к 1987 г. не осталось ни одного специализированного совета по нашим специальностям (физико-математические науки). Вследствие этого значительно осложнилось представление к защите диссертаций по данной специальности в областях, относящихся к физико-математическим наукам.

В начале 1988 г. С.С. Лавров внёс предложение о создании докторского диссертационного совета в ЛГУ по специальностям 05.13.11 – математическое и программное обеспечение вычислительных машин и систем и 05.13.16 – применение вычислительной техники и математических методов в научных исследованиях.

В результате этой инициативы в университете появился диссертационный совет Д212.232.51, в котором ещё была добавлена специальность 05.13.17. В нём можно защищать как докторские, так и кандидатские диссертации. В 1998 г. я защитил докторскую диссертацию именно по этой специальности. Но об этом после (см. раздел «Личное» ниже).

За время работы С.С. Лаврова на кафедре его аспирантами и соискателями (часто приходившими к нему с уже готовыми работами) было защищено около двух десятков кандидатских диссертаций по различной тематике, включая языки программирования и трансляторы, базы данных и знаний, искусственный интеллект и автоматический синтез программ. Ряд специалистов высшей квалификации был подготовлен для бывших союзных республик СССР и зарубежных стран (Венгрии, Вьетнама, Германии, Кореи, Кубы, и др.).

<sup>11</sup> «Все 30 лет (с 1964 до 1994) существования семинара им руководила я. С.Н. Баранов и С.С. Лавров были участниками семинара» (из письма О.К. Даугавет от 10.11.2019).

В 1986 г. С.С. Лавров покинул кафедру, порекомендовав в качестве своего преемника проф. Анатолия Олесевича Слисенко из Ленинградского института информатики и автоматизации АН СССР (ныне СПИИРАН), специалиста в области математической логики и теории алгоритмов. Однако он не терял связи с факультетом до конца жизни.

### III. Личное

Невозможно не вспомнить чисто человеческие черты характера С.С. Лаврова. Не зря многие коллеги при случае просили передать «Большой привет ленинградцам, особенно Свет Сергеевичу»<sup>12</sup>.

Он всегда был готов помочь советом или делом. Ещё работая в Москве, он выписал через Академию наук нам два комплекта Алгол бюллетеня, когда мы только начинали проект по реализации Алгола 68.

В 1997 г. вышла моя монография [15]. По традиции я подарил мою книгу членам кафедры и С.С. Лаврову, как почетному её члену.

Готовясь к защите докторской диссертации, я попросил С.С. Лаврова (ИТА), И.В. Романовского (С.-Пб. Ун-т) и И.В. Поттосина из Института систем информатики СО РАН выступить оппонентами. С.С. Лавров уже просмотрел мой труд и согласился быть оппонентом. Два-три раза мы обсуждали мою работу у него дома. Два с половиной месяца мы вели переписку<sup>13</sup> и выясняли детали по телефону. Поначалу возникали технические проблемы, так как С.С. не просто читал книгу, но давал мне модельные тестовые задания и поверял их на своём компьютере. Так, например, он писал:

«24.06.1998 8:59

Дорогой Борис Константинович!

Загадочные вещи порой надолго захватывают мое внимание. Так, я сегодня почти весь день провел за попыткой расшифровать Ваш файл “Lavrov.grm”.

А сейчас я пытаюсь восстановить в памяти алгоритм Кнута синтаксического анализа LR(1)-языков (в том варианте, в каком он мне нравится, т.е. в собственном). Составил таблицу этого анализатора для языка SIMPLANG (вернее, ее половину – около 50 строк, но этого, пожалуй, достаточно для освежения памяти).

Об алгоритме Кнута и его усовершенствовании, предложенном Кореньяком, написано, в частности, у Братчикова (по моему настоянию). При большом желании в предложении Кореньяка можно увидеть отдаленный аналог Ваших вставок в основной сплайновый процессор, ускоряющих его работу. Цель, во всяком случае, та же, да и принцип, пожалуй, тот же.

Не воспринимайте, пожалуйста, все написанное, как критику Вашей работы или, тем более, как желание ее принизить. Это просто обмен опытом – когда-то и я увлекался проблемами синтаксического анализа. А искать аналогии всегда было моим увлечением.

Ваш С. Лавров»

Как не восхититься тактом этого письма, притом, что критика по делу была не снисходительной. Увлечение поисками аналогий достойно подражания.

Другое письмо С.С. от 7-11.07.98 – образец галантности: «Все как-то не удосуживался передать свои добрые пожелания Ирине Александровне. Делаю это сейчас и приношу свои извинения. Вы с ней – очень славная пара».

Вот ещё один отрывок из письма С.С. от 31.07.1998:

«Есть симпатичные детские стишки, начинающиеся со строк:

Путает Слава –

Где лево, где право.

Это про меня. Я до сих пор не могу усвоить, какая грамматика называется лево-, а какая право-рекурсивной, и в чем заключаются проблемы, связываемые с этими видами рекурсии».

Было и продолжение этой истории: «В общем, я все еще вожусь с консервными банками, не решаясь приблизиться к футбольному мячу, но уже начал наполнять свои процессоры семантиками.

Вчера вечером я обнаружил информацию о том, что мое утреннее послание Вам от 7 июля не достигло адресата. Но мы давно уже все обсудили по телефону и пришли к полному согласию (то бишь консенсусу).

Спасибо за автореферат и письмо от И.К. Даугавета.

С уважением,

<sup>12</sup> Из письма И.В. Поттосина, 1998 г.

<sup>13</sup> С 14 мая до 31 июля 1998 г.

С. Лавров

P.S. А стишки, приведенные выше, заканчиваются так:

Путает Сева –

Где право, где лево.

Им помогла бы

Девочка Клава,

Но путает Клава –

Где Сева, где Слава.

Если вдуматься, то ситуация глубоко жизненная.

С.Л.»

Как не восхищаться игрой слов русского фольклора в этом письме и самоиронии! Все его письма не содержали грамматических ошибок или описок по невнимательности, что достойно вежливости королей.

Параллельно я вёл переписку с Игорем Василевичем Поттосиным (21.02.1933–15.12.2001), который тоже дал согласие на оппонирование. Я его незамедлительно поблагодарил:

«С.С. Лавров, который сейчас интенсивно помогает мне исправить предварительный текст автореферата своими замечаниями. Он также начал читать мою книгу, и уже последовал поток замечаний по ней. Все, кто имел случай общения с С.С., как с рецензентом или оппонентом, отмечают небывалую тщательность, с которой он буквально прорабатывает рецензируемые работы, и объем его комментариев обычно сопоставим с размером самой работы. Теперь и я могу засвидетельствовать это».

Игорь Васильевич был очень болен, о чём я тогда не знал, но он прислал отзыв по обычной почте. Он был положительный. Защита прошла удачно.

В 2000 г. я собирал материалы к буклету «Кафедра информатики 1970-2000: К 30-летию кафедры информатики Санкт-Петербургского университета». В преамбуле говорилось:

«В летописи Санкт-Петербургского университета, изданной к славному 275-летию юбилею, о первых компьютерных подразделениях университета – Вычислительном центре, его лабораториях и кафедре матобеспечения ЭВМ (ныне кафедре информатики) даже не упоминается. Это и понятно – компьютерное дело весьма молодо, и его академики еще только подрастают. Возможно, этот краткий очерк, не свободный от субъективизма автора, хотя бы немного восполнит упомянутый пробел. Автор просит снисхождения за возможные ошибки и неточности в датах и за то, что не упомянуты многие достойные имена. Автор признателен чл.-корр. РАН, проф. С.С. Лаврову за многочисленные исторические факты и существенные уточняющие замечания, которые помогли, смею надеяться, приблизить эти заметки к исторической правде. Автор благодарен доценту А.Н. Балухеву, проф. Н.К. Косовскому и д.ф.-м.н. Г.С. Цейтину за сообщенные ими сведения и уточнения, проф. И.В. Романовскому за электронные копии фотографий М.К. Гавурина, Л.В. Канторовича и А.А. Маркова и сделанные им дополнения, а также всем, кто указал на неточности».

Среди замечаний С.С. Лаврова относительно его роли в разработке транслятора ТА-1 было и такое:

«Чтобы быть точным: наш транслятор разрабатывался группой под руководством В.А. Степанова в отделе динамики полета, которым я руководил. Мной был предложен на серии семинаров лишь проект транслятора, а потом я только следил за ходом работы. Заслуги Степанова огромны – он не только координировал до деталей всю работу, но и завершал разработку нескольких блоков, когда прежние исполнители увольнялись с предприятия. Я не входил в число авторов первой публикации об этой работе, но, правда, доложил о ней на заседании Президиума АН». – Образчик честности, скромности и справедливости.

Через три года после защиты С.С. Лавров подарил мне свою книгу [17], написав её, вспоминая нашу переписку накануне моей защиты (рис. 6). – Ещё один образец галантности, тонкого чувства языка, самоиронии и достоинства.

Теплое чувство возникает у меня каждый раз при воспоминании о встречах кафедры у Лавровых. На первой встрече я был со своей женой Ириной. С.С. Лавров, представляя нас его супруге, сказал: «Вот – Ирина, вот – Борис, а это Ирина Борисовна», – опять весёлая игра слов.

В период переезда мат.-меха в Старый Петергоф кафедра собиралась у кого-то из преподавателей по случаю новоселья, Нового года или дня рождения. С.С. бывал не раз на этих встречах.

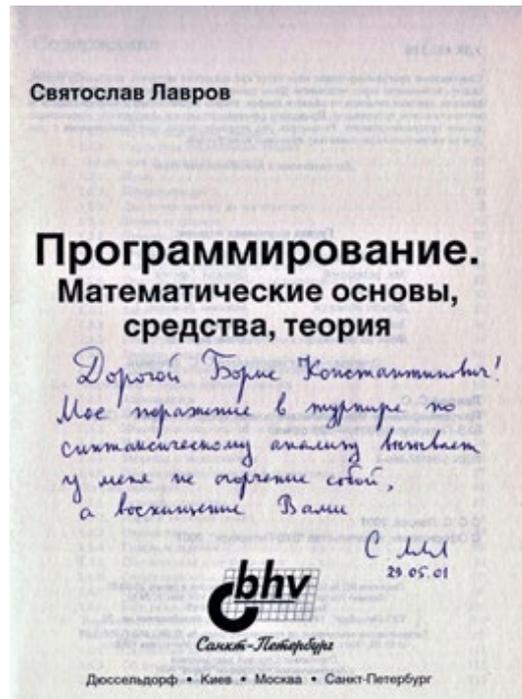


Рис. 6. Дарственная надпись С.С. Лаврова

Защиты диссертаций кого-то из коллег или победы наших студентов на Международных олимпиадах отмечались в помещении кафедры. Нередко на этих встречах бывал С.С. Лавров, и часто, с Ириной Борисовной. Бывало очень весело.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. АЛГОЛ 68. Методы реализации (коллектив авторов под ред. Г.С. Цейтина). Л.: ЛГУ, 1976. 224 с.
2. Лавров С.С. Универсальный язык программирования (АЛГОЛ 60). М.: Наука, 1967. 196 с.
3. Лавров С.С. Введение в программирование. М.: Наука, 1977. 350 с.
4. Лавров С.С. Основные понятия и конструкции языков программирования. М.: Финансы и статистика, 1982. 79 с.
5. Мартыненко Б.К. Перспективный курс программирования // Всесоюзное совещание по системам программирования ЭВМ. Москва, 15-17 ноября 1983 года.
6. Ермаков С.М., Мартыненко Б.К. Программирование и образование // Материалы конференции «Применение ЭВМ в вузах». ЛГУ, 1984. С. 13-16.
7. Филиалов С.Я. Формальные грамматики. Л.: ЛГУ, 1984. 100 с.
8. Дейкало Г.Ф., Новиков Б.А., Рухлин А.П., Терехов А.Н. Новые средства программирования для ЕС ЭВМ. М.: Финансы и статистика, 1984. 207 с.
9. Лавров С.С., Слисенко А.О., Цейтин Г.С. Проект учебного плана специальности «Информатика и системное программирование» // Микропроцессорные средства и системы. 1985. № 4. С. 20-28.
10. Вояковская Н.Н., Графеева Н.Г., Дмитриева М.В., Павлова М.В., Селеджи С.М., Шубочкина Т.А. Методические указания к курсу «Программирование». Под ред. С.С. Лаврова. Л.: ЛГУ, 1985-1986.
11. Вояковская Н.Н., Графеева Н.Г., Дмитриева М.В., Павлова М.В., Селеджи С.М., Шубочкина Т.А. Программирование на языке Алгол 68 для начинающих. Л.: изд. Ленинградского ун-та, 1986. 292 с.
12. Tseytin G.S. An Exception Handling Proposal for ALGOL 68. // The Last Algol Bulletin, no. 52, August 1988. Pp. 14-26.
13. Дмитриева М.В., Кубенский А.А., Кубенский Д.А. Обработка данных сетевой структуры. Л.: ЛГУ, 1990. 29 с.
14. Дмитриева М.В., Кубенский А.А. Элементы представления данных. Л.: ЛГУ, 1991. 270 с.
15. Мартыненко Б.К. Синтаксически управляемая обработка данных. СПб, 1997. 363 с.
16. Лавров С.С. Лекции по теории программирования. Уч. пособие. СПб: СПГТУ, изд-во НЕСТОР, 1999. 108 с.
17. Лавров С.С. Программирование: математические основы, средства, теория. Дюссельдорф, Киев, М.: БХВ- Петербург, 2001. 317 с.

## НИИУМС: ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И СТАНОВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Григорий Игоревич Минеев

*Общество актуальной истории, Пермь, Российская Федерация, g.mineew@yandex.ru*

**Аннотация** – Статья о возникновении Научно-исследовательского института управляющих машин и систем в городе Перми. В тексте рассматриваются факторы возникновения института, первые пять лет его работы, подробности становления основных направлений деятельности института: разработки автоматизированных систем управления и разработки информационно-поисковых систем. Предлагается посмотреть, с чего начинается история организации, ставшей к началу 1980-х одной из самых крупных при Союзсистемпроме, с филиалами в других городах и общим штатом сотрудников в несколько тысяч человек.

**Ключевые слова** – АСУ, ИПС, НИИУМС, НПО «Парма».

### I. ВВЕДЕНИЕ

В конце 1980-х годов в американской прессе выходили статьи с заголовками о «первом совместном советско-американском предприятии по производству ЭВМ». Это была попытка строительства завода по производству современных персональных компьютеров в Перми. Совместное предприятие было инициировано научно-производственным объединением «Парма» [1].

Американская «Data General», достаточно передовая на то время технологическая компания, была способна производить компактные персональные компьютеры на 32-разрядной системе. НПО «Парма» пыталось построить в Перми завод по производству подобных компьютеров. Для этого было создано совместное советско-американо-австрийское предприятие «Пережат». «Data General» планировала за счет размещения завода легально занять долю на советском рынке персональных ЭВМ. Советское НПО «Парма» нуждалось в технологиях серийного производства для своих персональных ЭВМ на базе нового 32-разрядного микропроцессора, разработанного совместно с Сибирским отделением АН СССР. Таким образом предполагалось выпускать собственные конкурентоспособные на отечественном рынке ЭВМ. Австрийская компания «Voestalpine» была заинтересована в строительстве помещений для совместного советско-американского завода.

Совместное предприятие было создано, началось строительство завода, но проект не был реализован до конца. После распада СССР интерес «Data General» в продолжении совместной работы пропал, поскольку рынок бывшего СССР стал открыт для всех иностранных компаний. НПО «Парма» потеряло большую часть заказчиков из-за начавшегося экономического кризиса 1990-х годов и вскоре перестало существовать [2, с. 50].

Сегодня в Перми, наверное, и в России тоже, мало кто знает об истории существования НПО «Парма» и головной организации этого объединения, Научно-исследовательском институте управляющих машин и систем (НИИУМС). История этой организации начинается еще в начале 1960-х годов. Основными направлениями деятельности института были: разработка автоматизированных систем управления и разработка информационно-поисковых систем. Более чем тридцатилетняя история этой организации пока не написана. Для того, чтобы понять, как эта организация пришла к разработке микропроцессора и какие еще проекты были ей реализованы, полагается начать с начала.

В данной статье предлагается обратиться к истории появления данного института. Текст составлен на основе архивных источников, интервью с сотрудниками института, и редких немногочисленных печатных изданий, посвященных истории института.

### II. О ПРИЧИНАХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ИНСТИТУТА В ГОРОДЕ ПЕРМИ

Научно-исследовательский институт управляющих машин и систем был организован 5 апреля 1962 года на основании постановления Совета Министров СССР от № 309 [3]. Сначала стоит обратиться к контексту возникновения НИИУМСа в городе Перми. Прямых свидетельств о причинах открытия организации именно в Перми пока нет. Дальнейший архивный поиск может решить эту проблему. На данный момент можно рассматривать лишь косвенные свидетельства возникновения института. Предлагается разделить их на три группы. Далее будут рассмотрены: общесоюзные экономико-политические факторы, местные экономические условия и свидетельства первых сотрудников института.

Начнем с общесоюзных экономико-политических факторов. Под общесоюзными факторами имеются ввиду политические решения на уровне СССР относительно автоматизации процессов в различных отраслях промышленности, организациях, на производствах. Здесь можно привести слова Никиты Сергеевича Хрущева из отчета для XXII съезда КПСС о необходимости быстрее использовать все, что создает наука и техника в нашей стране, смелее брать все лучшее, что дает зарубежный опыт, шире развивать специализацию и кооперирование, ускорять темпы комплексной механизации и автоматизации производства [4, с. 63]. Это было сказано практически накануне открытия НИИУМСа. Также можно привести слова, сказанные за два года до этого на XXI съезде КПСС: «успешно решать задачи семилетнего плана можно только на основе широкого внедрения новой техники, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, специализации и кооперирования во всех отраслях народного хозяйства [5, с. 24]. Госплан СССР и Государственные комитеты: по автоматизации и машиностроению, по приборостроению, средствам автоматизации и системам управления, по координации научно-исследовательских работ и другие должны были отрабатывать общую повестку, провозглашенную на XXI и XXII съездах КПСС.

В документах Государственного комитета по автоматизации и машиностроению удалось отыскать аббревиатуру НИИУМС, записанную еще в январе 1961 года, то есть за 16 месяцев до открытия одноименной организации в Перми. Документ описывает НИИУМС, как типовую организацию, планировавшуюся к открытию в четырнадцати городах. В документе фиксируется стремление к сокращению количества запланированных институтов, а также намерения к унификации зданий института с девяти разных проектов до одного типового проекта [6]. В апреле 1962 года НИИУМС был открыт в Перми. Информации об открытии организаций с подобными названиями в других городах на данный момент нет. Между тем известно о наличии филиалов НИИУМСа в других городах СССР [7, л. 117].

Вторая группа факторов относится к городскому контексту. Предлагается кратко ознакомиться с основными отраслями промышленности, чтобы была возможность примерно представить контингент инженерных работников города Перми начала 1960-х годов.

Из наиболее развитых областей промышленности Перми к тому времени можно отметить добычу природных ресурсов: калийных солей, угля, нефти и леса. С этими отраслями связаны крупные представители обрабатывающей промышленности: химические, целлюлозно-бумажные комбинаты, нефтеперерабатывающие предприятия, пороховой завод. Близость региона к Уральским горам обуславливает наличие предприятий военного и космического машиностроения, двигателестроения [8, с. 23]. Также стоит отдельно отметить ряд предприятий, с потенциально подходящим для НИИУМСа набором некоторых специалистов: телефонный, кабельный и авиаприборостроительный заводы, завод аппаратуры дальней связи.

По словам респондентов, выходцы из этих предприятий и сформируют изначальный коллектив нового института: «те, кто, так же, как и я, три года отработал по распределению, могли перейти в любую другую организацию. Где-то в сентябре у меня кончился срок, и я как раз пошел туда (в НИИУМС) на собеседование. В основном состав шел одного возраста: то есть отучились, три года отработали, получили свободную. Человек, наверное, пятнадцать пришло с телефонного завода, потом пришли со Свердловского завода (авиадвигателестроение), завода Калинина (карбюраторный), завода Дзержинского (машиностроительный)» [9]. Так описывает ситуацию с кадрами один из двадцати первых сотрудников института, устроившихся туда в 1962 году.

Стоит также отметить, как обстояли дела с высшим образованием в местных вузах по направлениям, необходимым для дальнейшего развития НИИУМСа. К началу 1960-х годов местные вузы уже были способны воспроизводить необходимые кадры. С 1959 года началась подготовка первых программистов в Пермском государственном университете [10], с 1960 года в Пермском политехническом институте начинается подготовка специалистов по направлению «Автоматизация производственных процессов» [11, с. 98]. Помимо местных выпускников, в НИИУМС попадают и выходцы из вузов других городов Советского Союза.

Рассмотрим третью группу косвенных свидетельств об открытии НИИУМСа. Респонденты отмечают, что изначально планировалось построить комплекс, состоящий из института, конструкторского бюро и приборостроительного завода для серийного производства. Из этого списка удалось реализовать только институт и конструкторское бюро при институте с опытным производством.

Вместе с тем респонденты связывают историю возникновения НИИУМСа с работой местного обкома и содействием будущего министра приборостроения и автоматизированных систем управления СССР Константином Николаевичем Рудневым. В 1961-1965 годах он был заместителем Председателя Совета Министров СССР, одновременно с этим возглавлял Государственный комитет по координации научно-

исследовательских работ СССР [12]. Гипотезу о причастности Руднева к открытию НИИУМСа еще предстоит проверить. Но уже известно, что после открытия института Руднев неоднократно избирался в Верховный Совет СССР от Перми [13, 14].

### III. ОБ ОТКРЫТИИ ИНСТИТУТА И УСЛОВИЯХ РАБОТЫ

Институт начался с кабинета в Пермском обкоме КПСС, где проводились первые собеседования с будущими сотрудниками. Директором института был Николай Иванович Боярченко, тогда уже ставший бывшим заведующий промышленным отделом Пермского обкома КПСС. Можно предположить, что опыт работы в промышленном отделе обкома положительно сказался на дальнейшем поиске заказчиков для института. Так среди первых заказчиков НИИУМСа помимо Государственного Комитета по приборостроению, средствам автоматизации и системам управления можно заметить несколько местных предприятий: Мотовилихинский, моторостроительный, телефонный и кабельный заводы, завод аппаратов дальней связи и другие [2, с. 5].

Затем институту выделили трехкомнатную квартиру по адресу: улица Седова, дом № 6. Там в основном проходила подготовительная работа. Сотрудники занимались изучением литературы, необходимой для реализации первых проектов. Ознакомительная работа не ограничилась чтением книг. В конце 1962 года группа сотрудников отправилась в командировку в Тбилисский научно-исследовательский институт средств автоматизации на несколько месяцев [2, с. 105].

После произошел переезд в помещение магазина по адресу: улица Крупской, дом 48. Там институт начал реализацию первых проектов. В подвальном помещении расположилось опытное производство, а на первом этаже рабочие места для сотрудников. В 1965 году состоялась командировка в Пензу с целью ознакомления с работой на ЭВМ «Урал-11». Институт получил одну из первых машин, вышедших с завода [15]. За установкой машины последовал плавный переезд коллектива института в новое семиэтажное здание, построенное специально для института. Здание НИИУМСа было построено по типовому проекту № 20-03-20, включенному в перечень типовых проектов общественных зданий и сооружений для временного применения в застройке городов и поселков городского типа [16]. Здание предусматривало установку нескольких ЭВМ и другого оборудования, необходимого для функционирования вычислительного центра.

### IV. ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОСНОВНЫХ ЗАДАЧ ИНСТИТУТА И ПЕРВЫХ ПРОЕКТАХ

Сначала стоит отметить, что в истории института закрепились два основных направления: разработка автоматизированных систем управления и разработка информационно-поисковых систем. Далее рассматривается история формирования каждого из этих направлений [17, с. 12].

#### *1. Автоматизированные системы управления*

Разработка автоматизированных систем управления на базе типовой вычислительной техники, как одно из основных направлений работы института, появилось не сразу. Изначально предполагалось, что институт будет заниматься созданием управляющих вычислительных машин. Эту версию можно прочесть в книге «Современная вычислительная техника в промышленности», вышедшей в 1963 году за авторством Юрия Владимировича Девингаля, руководителя вычислительного центра Пермского государственного университета: «В Перми создается крупнейший в стране научно-исследовательский институт по созданию управляющих машин. Здесь будут использовать новейшие достижения вычислительной техники для создания совершенных автоматов по управлению производственными процессами» [18, с. 5]. Эта версия подтверждается и внутренними документами института.

Ранние документы НИИУМСа 1962 и 1963 годов представлены в Государственном архиве Пермского края, но не в полном объеме. Несмотря на это, ознакомиться с основными первоначальными, планируемыми задачами института возможно. Среди них: проведение теоретических и экспериментальных работ в области технической кибернетики, исследования производственных процессов с целью их оптимизации и составления алгоритмов управления; проведение работ по созданию управляющих вычислительных машин и систем для управления производственным процессом; изготовление опытных образцов и мелких серий управляющих вычислительных машин и других специализированных средств, внедрения их на базовых объектах и оказания помощи заводам-изготовителям при внедрении разработок института в серийное производство и другие [19]. То есть первоначально институт создавался для разработки управляющих вычислительных машин, предназначенных для автоматизации процессов в различных организациях. Названия первых проектов института также подтверждают такое направление работ. Среди названий первых проектов: «Разработка управляющего вычислительного комплекса для экспериментальных исследований двигателей», «Разработка комплекса средств вычислительной техники для управления распределением химических

продуктов с применением серийных машин», «Поисковые работы по созданию и применению средств управляющей вычислительной техники» или «Отработка системы управления доменным процессом» и другие [3].

По словам сотрудников, разработка управляющих вычислительных машин осложнялась проблемами с поиском и приобретением необходимых комплектующих. Не всегда удавалось достать нужные детали, приходилось заменять их другими. Причем проблема прослеживается именно в работах над УВМ. Со временем институт был вынужден отказаться от разработки УВМ и остановиться на разработке автоматизированных систем управления с использованием типовых управляющих и вычислительных машин. То есть в большей степени перейти на разработку программного обеспечения уже существующих машин [9].

Так, в 1964 году из Государственного комитета по приборостроению, средствам автоматизации и системам управления при Госплане СССР в НИИУМС было направлено распоряжение о прекращении работ не свойственным профилю института. Было разрешено прекратить работы по пяти темам, три из которых были связаны с разработкой УВМ [20, л. 32].

Тем не менее, НИИУМСу все-таки удалось поставить заказчику как минимум одну УВМ. Речь об УВМ для конструкторского бюро Пермского моторного завода Павла Александровича Соловьева. Машина была предназначена для предполетных испытаний, аэродромного контроля двигателей. Есть свидетельства, что машина была приемлемо спроектирована, но ненадежно реализована, что подтверждает теорию со сложным доступом к нужным комплектующим. Позднее, на основе имеющейся машины, в КБ Соловьева составили подробное ТЗ и направили его в отдел Шершукова из Казанского филиала НИАТа, и уже вместе с ними занимались разработкой «второго поколения» машины [20, л. 9].

К середине 1960-х годов институт был вынужден отказаться от направления разработки УВМ, которое изначально было обозначено основным. Сотрудники НИИУМСа сфокусировались на направлении разработки автоматизированных систем управления с использованием типовой техники.

## *2. Информационно-поисковые системы*

Вторым направлением работы института была разработка информационно-поисковых систем. История данного направления начинается с темы «Разработка схем и узлов информационных и управляющих устройств», которую закрепил за институтом Государственный Комитет по приборостроению, средствам автоматизации и системам управления при Госплане СССР. Работы по теме начинаются в четвертом квартале 1963 года. Примерно в это же время выходит Постановление Совета Министров № 343 от 1 августа 1963 года и приказ Госкомитета по приборостроению, средствам автоматизации и системам управления о назначении НИИУМС головной организацией в отрасли по средствам и системам поиска, хранения и обработки научно-технической информации [21, л. 3].

Далее последует работа над темой: «Разработка технического задания на опытный образец устройства автоматического микрофильмирования первичных документов и участие в разработке технического задания на устройство автоматического считывания микрофильмированной информации для ввода ее в вычислительную машину» [7, л. 3]. Позже, в 1965 году, добавится тема: «Разработка механизированного хранилища микрофильмированной научной и технической информации». Ее реализация предполагала создание автоматизированной системы хранения и поиска информации на микрофильмах большого объема, емкостью в 1 миллион документов и более. Таких систем в то время в стране не существовало [21, л. 4].

Таким образом, будет продвигаться работа над созданием полноценной роботизированной информационно-поисковой системы, которая будет представлять из себя механизм по выдаче микрофильмированной информации по запросу пользователя через терминал ввода информации.

## V. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К середине 1960-х годов в НИИУМС совместно с Государственным Комитетом по приборостроению, средствам автоматизации и системам управления определяются с основными направлениями деятельности института: разработка автоматизированных систем управления и разработка информационно-поисковых систем. Направление разработки управляющих вычислительных машин закрывается. Общее количество сотрудников с примерно шестидесяти в 1963 году увеличивается к 1968 году до семисот человек.

Далее можно будет рассмотреть период развития выбранных направлений и пристальнее взглянуть на реализацию конкретных проектов института, проследить путь от автоматизированных систем управления предприятием до интегрированных АСУ и автоматизированных систем управления

технологическими процессами, ознакомиться с историей изобретения информационно-поисковых систем. Про информационно-поисковые системы вспоминает один сотрудник института: «не только в НИИУМСе, но и в стране отсутствовал какой бы то ни был опыт создания реальных систем такого рода» [2, с. 122]. Отдельного внимания заслуживает вопрос разработки сотрудниками института системы предварительного расчёта определения эффективности внедрения автоматизированных систем управления на предприятии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. John P. Brassard. U.S. – Soviet venture advances // Business. газ. 1990. 6 марта. С. 2.
2. Наука управлять. Научно-исследовательскому институту управляющих машин и систем – 40 лет. Авт.-сост. Г.А. Важенина, А.Я. Панов, А.И. Садовникова. Пермь: Раритет-Пермь, 2002. 144 с.
3. ГАПК. Ф. р-1683. Оп. 1. Д. 121. Годовой отчет за 1964 год по основной деятельности института.
4. Хрущев Н.С. Отчет ЦК КПСС // КПСС. Съезд. 22-й, Москва. 1961. Стенографический отчет. Т. 1. М.: Госполитиздат, 1962. 608 с.
5. Хрущев Н.С. О контрольных цифрах развития народного хозяйства СССР на 1959-1965 годы // Материалы внеочередного XXI съезда КПСС. М.: Государственное издательство политической литературы, 1959.
6. РГАЭ. Ф. 9492. Оп. 1. Д. 2247. Проекты правительственных и межведомственных документов и заключения по ним за 18 января – 19 декабря 1961 г.
7. ГАПК. Ф. р-1683. Оп. 1. Д. 4. Приказы и распоряжения Минприбора по основной деятельности института за 1964 г.
8. Народное хозяйство Пермской области за годы Советской власти. Статистический сборник. Пермь: Кн. изд-во, 1977.
9. Респондент № 1. Сотрудник НИИУМСа с 1962 г. по 1992 г. (2022). Интервью в Перми 24.05. (Архив Г.И. Минеева).
10. ГАПК. Ф. Р-180. Оп. 12. т.1. Д. 768. Протоколы заседаний совета университета за 1958 г.
11. Тер-Мхитаров М.С. Его не только уважали, но и любили // Это все о нем. Под ред. И.А. Шапорева. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2006. С. 93-103.
12. РГАЭ. Ф. 578. Оп. 1. Д. 277. Автобиография и справки К.Н. Руднева. Ксерокопия, 1939, 1950, 1980.
13. РГАЭ. Ф. 578. Оп. 1. Д. 143. Выступление К.Н. Руднева на предвыборном собрании трудящихся Ленинского избирательного округа гор. Перми в мае 1970 года, документы о выдвижении и избрании К.Н. Руднева депутатом Верховного Совета СССР. 1970. Машинопись.
14. РГАЭ. Ф. 578. Оп. 1. Д. 144. Выступление К.Н. Руднева на предвыборном собрании трудящихся Ленинского избирательного Округа гор. Перми в связи с выдвижением К.Н. Руднева кандидатом в депутаты Верховного Совета СССР в июне 1974 года, фотографии К.Н. Руднева, газеты с сообщениями о выдвижении К.Н. Руднева кандидатом в депутаты Верховного Совета СССР 1974-76.
15. ГАПК. Ф. р-1683. Оп. 1. Д. 219. Приказы НИИУМС по основной деятельности в 1963-1966 гг.
16. ГАПК. Ф. р-1683 О.1 Д.154. Сметно-финансовый расчет и протоколы утверждения комплекса института за 1963-1970 гг.
17. Пирожников В.И., Вешкуров Ю.Н., Драбкин Г.М. Пермские системы: Рассказ об управляющих и поисковых системах, создаваемых в научно-производственном объединении «Парма». Пермь: Кн. изд-во, 1985. 158 с.
18. Девингаль Ю.В. Современная вычислительная техника в промышленности. Пермь: Кн. изд-во, 1963. 51 с.
19. ГАПК. Ф. р-1683. Оп. 1. Д. 154. Сметно-финансовый расчет и протоколы утверждения комплекса института за 1963-1970 гг.
20. ГАПК. Ф. р-1683. Оп. 1. Д. 72. Отчет о выполнении тематического плана 1962-1967 гг.
21. ГАПК. Ф. р-1683. Оп. 1. Д. 8. Годовой технический отчет за 1965 год.

## ОБ ИСТОРИИ АВТОМАТИЗАЦИИ БАЛЛИСТИКО-НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ПРОГРАММ В СССР И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Сергей Яковлевич Нагибин<sup>1</sup>, Владимир Григорьевич Ровенко<sup>2</sup>,  
Владимир Владимирович Ясюкевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),  
Москва, Российская Федерация, nsy7@rambler.ru*

<sup>2</sup> *НИЦ (г. Королёв) ЦНИИ ВКС, Королёв, Российская Федерация, 93764.19@gmail.com*

**Аннотация** – Создание и развитие баллистико-навигационного обеспечения происходило в соответствии с реализацией космических программ и развитием вычислительной техники. В докладе дается краткий обзор создания баллистико-навигационного обеспечения для космических программ. Прослежен путь модернизации специального программного комплекса на машинах БЭСМ-6, АС-6, ПМ-6, дальнейшего развития программного обеспечения БНО на вычислительном комплексе ВС1-К2, а затем на «Эльбрус 1-КБ». Авторы – участники описываемых событий.

**Ключевые слова** – баллистико-навигационное обеспечение, космический аппарат, вычислительный комплекс, БЭСМ-6, автоматизированный комплекс программ.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Запуск первого в мире искусственного спутника Земли (ИСЗ) в СССР послужил началу создания новой области научной деятельности – баллистико-навигационного обеспечения (БНО) управления полетом космических аппаратов, становление и развитие которой тесно связано с развитием вычислительной техники.

С созданием в СССР первых образцов электронно-вычислительной техники появились новые возможности по разработке программного обеспечения БНО пусков ракет-носителей (РН) и управления полетом искусственных спутников Земли.

Исторически сложилось так, что основные вопросы баллистического обеспечения космических систем разрабатывались силами сотрудников засекреченных военных НИИ (НИИ-4, ЦНИИ-50). Если разработчиков ракет-носителей, космических аппаратов (С.П. Королева, Н.А. Пилогина, В.И. Кузнецова, М.С. Рязанского, В.П. Глушко, В.П. Бармина, В.Н. Челомея, Б.Е. Чертока, М.Ф. Решетнёва, М.К. Янгеля и др.) знает едва ли не каждый, то, к примеру, имя Михаила Клавдиевича Тихонравова, которое присвоено 50 Центральному научно-исследовательскому ордена Октябрьской революции институту космических средств Министерства обороны СССР, практически никому неизвестно.

Первые шаги зарождения космической баллистики в НИИ-4 были связаны с деятельностью М.К. Тихонравова, возглавлявшего в то время научное направление баллистики жидкостных баллистических ракет. Именно под его руководством начала функционировать группа энтузиастов освоения космоса. Практически в инициативном порядке в начале 1950-х годов членами этой группы был проведен ряд исследований, оформленных в виде отчетов по НИР и направленных в ОКБ-1 С.П. Королеву. В них рассматривались проблемы баллистики РН, выполненных по пакетной («составной») схеме, способных вывести полезную нагрузку на орбиту ИСЗ. Ознакомление с этими материалами дало основание С.П. Королеву официально заказать начатую в 1954 г. в НИИ-4 НИР «Исследования по вопросу создания искусственного спутника Земли». В этой НИР впервые было дано обоснование возможности создания баллистического обеспечения ракет с межконтинентальной полётной дальностью (порядка 8-10 тыс. км), при одновременном использовании его в качестве БНО ракет-носителей для выведения ИСЗ.

Однако, потребовалось несколько лет, прежде чем деятельность энтузиастов военного НИИ была введена в рамки административной структуры. Только в мае 1956 г. в НИИ-4 была создана первая в стране специализированная лаборатория космической баллистики. Ее начальником был назначен П.Е. Эльясберг, который явился одним из основоположников нового научного направления – баллистико-навигационного обеспечения управления полетом первых ИСЗ.

В апреле 1960 г. был введен в строй вычислительный центр НИИ-4, оснащенный наиболее эффективной по тем временам вычислительной техникой: двумя трехадресными ЭЦВМ М-20 с быстродействием 20 тыс. операций в секунду. В результате впервые возникла возможность создания программных комплексов для автоматизации вычислений при обработке пусков РН и обеспечении

пилотируемых и беспилотных аппаратов, выводимых на орбиты ИСЗ, а также для формализации функций согласования работ, возлагаемых на координационно-вычислительные центры (КВЦ).

Подготовка к первому пилотируемому полету в космос Ю.А. Гагарина в апреле 1961 г. потребовала реализации ряда дополнительных мер по повышению надежности как самого БНО, так и осуществляемых на его основе баллистических расчетов. Технология БНО непрерывно совершенствовалась. Его отработка предварительно осуществлялась в процессе пяти беспилотных пусков первых космических аппаратов (КА) модификации «Восток», причем четвертый и пятый пуски проводились по программе, принятой для полета пилотируемого корабля. Выбор параметров орбиты был определен строго из тех соображений, что жизнеобеспечение на космическом аппарате (КА) «Восток» было рассчитано на предельный срок в 10 суток.

В ВЦ НИИ-4 для непосредственного БНО полета была создана оперативная баллистическая группа во главе с В.Д. Ястребовым. При головной роли ВЦ НИИ-4 в качестве дублирующих были задействованы все существовавшие на тот период крупные ВЦ, прежде всего Академии наук и Министерства обороны СССР.

В марте 1968 г. с целью централизации исследований по военному космосу в структуре НИИ-4 на основании приказа Министра обороны СССР был сформирован филиал – войсковая часть 73790. На ее базе в 1972 г. был создан 50 Центральный научно-исследовательский институт космических средств Министерства обороны СССР (ЦНИИ-50). Позднее Постановлениями ЦК КПСС и СМ СССР ЦНИИ-50 был определен в качестве головного разработчика БНО космических средств военного назначения.

## II. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ

Появление в ЦНИИ-50 БЭСМ-6, первой советской супер-ЭВМ с быстродействием 1 млн операций в секунду (1973 г.), позволило программистам-баллистикам под руководством В.В. Исакова разработать первый автоматизированный комплекс программ (АКП), который был значительным шагом в развитии автоматизированных комплексов БНО. Однако, БЭСМ-6 была оснащена операционной системой Д-68, разработанной в ИТМиВТ АН СССР под руководством Л.Н. Королева, при участии В.П. Иванникова и А.Н. Томилина. Д-68 имела ограниченные возможности, не позволяла в полной мере использовать широкие аппаратные возможности БЭСМ-6 и не вполне отвечала требованиям, предъявляемым к баллистическим вычислениям.

Реакцией на недостатки Д-68 стала разработка новых операционных систем, ДИСПАК и НД-70. На НД-70, под руководством Б.К. Ящука был разработан новый АКП-Д для БНО практически всех типов КА (разведка, навигация, связь, ретрансляция...), во многом лишенный недостатков существующего АКП. К концу жизненного цикла трудозатраты на создание АКП-Д оценивались более чем в 200 человеко-лет.

Накопив в ходе работы над БЭСМ-6 большой опыт, разработчики АС-6 (расшифровывается как «аппаратура сопряжения к БЭСМ-6») под руководством В.А. Мельникова постарались реализовать множество оригинальных идей. Аппаратура сопряжения АС-6 представляла собой модульную систему, позволяющую объединять БЭСМ-6, центральный процессор (ЦП) АС-6 (1,5 млн. операций в секунду), общие модули памяти, несколько специализированных периферийных машин (ПМ-6) и их периферию в единый комплекс. Это была настоящая сеть машин разного назначения – счетных и обслуживающих ввод/вывод данных, имевших доступ к общей памяти и общавшихся друг с другом посредством высокоскоростных каналов. Все вместе это составляло комплекс ЭВМ, работающих как конвейер, – разные машины одновременно выполняли последовательные стадии обработки поступающих порций измерительной информации.

С 1972 г. в ЦНИИ-50 были начаты работы по баллистическому обоснованию средневысотной глобальной навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС). Основной проблемой при создании системы являлось высокоточное определение и прогнозирование параметров орбит навигационных КА. Предъявляемые требования были на тот момент беспрецедентными.

Была разработана «Программа обеспечения точности системы ГЛОНАСС», которая предусматривала повышение точности работы измерительных средств, уточнение их геодезической привязки, уточнение моделей геопотенциала Земли, неравномерности ее вращения и движения полюса Земли, уточнение моделей солнечного и отраженного от Земли и Луны давления на КА с учетом физики соударения с элементами его конструкции.

В результате анализа влияния геопотенциала на эволюцию орбит было решено отказаться от резонансных орбит, применяемых в аналогичной американской системе GPS, и использовать орбиты с периодом около 11 часов 15 минут. При условии равномерного разнесения КА в каждой орбитальной

плоскости и относительного фазирования плоскостей системы обеспечивалось движение всех КА по одной и той же трассе с периодом повторяемости 17 витков или 8 суток. Такая орбитальная структура давала два существенных преимущества, впоследствии признаваемых даже разработчиками GPS.

Так обеспечивалась орбитальная устойчивость системы, позволившая отказаться от коррекции орбит навигационных КА в течение всего срока активного существования. Это существенным образом упрощало процесс управления навигационными КА по целевому назначению.

Задача выполнения программы обеспечения точности системы ГЛОНАСС и формирование эфемеридной информации и альманаха системы для закладки на борт была возложена на ЦНИИ-50.

Основная нагрузка по разработке программного комплекса для оценки правильности принятого решения по параметрам орбиты и возможности достижения требуемых точностных характеристик определения параметров движения КА на основе построения согласующих моделей легла на плечи В.А. Коробкина. Фактически, ещё до начала практических работ, в рамках АКП-Д на БЭСМ-6 под его руководством был разработан комплекс программ высокоточного определения параметров движения по результатам измерений текущих навигационных параметров орбит навигационных КА. Он обеспечил проведение лётных испытаний КА системы ГЛОНАСС (с октября 1982 г. по апрель 1988 г.).

Следует отметить, что выполнение программы обеспечения точности проводилось одновременно с оперативными работами по обеспечению лётных испытаний системы. С учётом большого объёма вышеуказанных работ под это была выделена полностью одна из ЭВМ БЭСМ-6.

Весь этот огромный объём работы позволил к окончанию лётных испытаний системы обеспечить выполнение утверждённой программы обеспечения точности эфемеридного обеспечения. Кроме того, были отработаны типовые циклы и технологии оперативного эфемеридного обеспечения НКА. Это позволило в кратчайшие сроки обеспечить разработку специального программного математического комплекса Центра управления системой ГЛОНАСС.

В связи с тем, что ЦНИИ-50, кроме обеспечения лётно-конструкторских испытаний практически всех типов КА, часто привлекался в качестве дублирующего центра при проведении различных ответственных операций (маневрирование на орбите, выведение и спуски КА и другие), нагрузка на сотрудников баллистических отделов была очень высокой. Именно они являлись основными потребителями дефицитного машинного времени ЭВМ БЭСМ-6, которого, несмотря на высокую оснащённость (три ЭВМ), катастрофически не хватало. Назрела необходимость дальнейшей модернизации баллистического центра (БЦ), объединяющего ЭВМ БЭСМ-6, ЭВМ ЦП АС-6 и ЭВМ ПМ-6, а также обеспечение взаимодействия вычислительных средств института по каналам связи с измерительными пунктами наземного автоматизированного комплекса управления КА и космодромов, а также с другими организациями, участвующими в лётных испытаниях космических систем.

Была разработана транспортная станция, реализованная на центральном процессоре ЭВМ АС-6, обеспечивающая создание локальной вычислительной сети института, организацию сбора траекторных изменений по каналам связи системы «Железняк», а также обмена данными для взаимодействия БЦ ЦНИИ-50 с баллистическими центрами ЦНИИмаш, ИПМ АН СССР и ГИЦИУ, а также с центрами обработки специальной информации Министерства обороны.

В 1975 году, во время космического полёта «Союз-Аполлон», управление осуществлялось комплексом, в состав которого входили БЭСМ-6, АС-6 и ПМ-6. Эта система позволяла обрабатывать данные по траектории полёта за 1 минуту, в то время как на американской стороне такой расчёт занимал 30 минут.

В 1982 году были завершены работы по созданию программного обеспечения межцентрового взаимодействия баллистических центров ЦНИИ-50, ЦНИИмаш и ИПМ АН СССР. В результате была создана уникальная сеть трёх БЦ, которая обеспечивала оперативный обмен специальной информацией и давала возможность объединения их информационно-вычислительных ресурсов. В частности эта сеть баллистических центров использовалась во время полёта многоцветного космического корабля «Буран» и всех пилотируемых полётов.

АКП-Д эксплуатировался в ЦНИИ-50 до завершения эксплуатации БЭСМ-6 и вычислительных машин АС-6 и ПМ-6.

Разработка существующего на тот момент СПО БНО представляла очень трудоемкий процесс. Разработка программ велась годами в системе команд ЭВМ, в лучшем случае на языках низкого уровня. Поиск ошибок и доработка программ, составляющих многие сотни команд, без участия авторов практически приводил к повторной разработке программы.

Существовала ещё одна серьёзная задача, которая стояла перед разработчиками БНО для центров управления полётом различных КА (разведка, навигация, связь, ретрансляция). Каждый из Главных конструкторов, проектируя ЦУП для «своего» КА, учитывал заделы, которые имелись у него в области программного обеспечения по обработке телеметрии, расчёта командно-программной информации, особенностей контроля и управления. Учитывая это, центры проектировались с использованием разной вычислительной техники.

Разработка программ СПО БНО является трудоёмким процессом, учитывающим особенности операционной системы и конкретного типа вычислительной машины. При этом нужно учесть, что наработанная в ЦНИИ-50 обширная библиотека программ БНО, разработанных на ЭВМ БЭСМ-6, оказалась бесполезной ввиду различия языков программирования. Таким образом, разработка БНО для конкретного ЦУП может вылиться в очень большой проект, затратный по количеству привлекаемых сотрудников и времени.

Появление на рынке новых типов ЭВМ (ЕС ЭВМ) и стековых машин «Эльбрус-1», «Эльбрус-2», которые планировались к установке в новые баллистические центры при жестких сроках ввода новых космических систем в эксплуатацию, создавало большие сложности разработчикам, поскольку специалистов-баллистиков было мало. Разработка автоматизированных комплексов программ сложной структуры с многими десятками целевых задач и сотнями отдельных модулей, включающих сотни тысяч операторов языков программирования, как правило, занимала длительный срок (от 3 до 7 лет).

Планируемые к установке в новые БЦ машины и установленные на них операционные системы существенно отличались от существующих: разрядность, системы команд, системы прерываний, макрокоманды взаимодействия с операционной системой, ассемблеры... Эти обстоятельства привели к мысли о создании комплекса программ БНО, пригодного к переносу на другие типы ЭВМ. При этом пришлось решить несколько сложных задач.

Даже с выбором языка программирования баллистических задач были определенные трудности. Конечно язык Фортран, предназначенный для научно-технических расчетов, подходил для разработки БНО лучше всего: «Фортран, он и в Африке Фортран». Трансляторы с Фортрана имеются на всех вычислительных машинах. Однако анализ показал, что реализации Фортрана на разных ЭВМ имеют некоторые различия. Для переноса библиотеки баллистических программ на другие машины необходимо было выбрать такое подмножество языка, которое при переносе адекватно интерпретировалось бы на них.

В результате обработки большого объема информации с описаниями Фортрана на разных ЭВМ и ряда экспериментов по переносу и тестированию баллистических программ на разных ЭВМ, проведенное В.Е. Кюрегян, появилось описание языка Фортран-ядро, которое было взято за основу при разработке баллистических программ.

Для парирования аппаратных различий ЭВМ и различий их операционных систем один из авторов этой статьи предложил следующее решение. При создании управляющей программы (монитора) программного баллистического комплекса моделировать для баллистических программ виртуальную операционную среду, единую для разных типов машин.

Возглавить группу программистов по реализации управляющих компонентов АКП-Ф было поручено С.Я. Нагибину. В группу разработчиков, кроме него, вошли А.А. Яковлев и А.Ю. Стерехов. Позднее, на стадии внедрения, к ним присоединились В.В. Ясюкевич и А.Ю. Степанов. Разработка целевых задач в среде АКП-Ф для проведения обработки измерительной информации, орбитальных определений навигационных КА, расчёта и контроля эфемерид, проведения динамических операций, решения задач вторичной баллистики выполнялась силами специалистов-баллистиков. Программы расчета эфемеридной информации разработал В.Г. Ровенко, модель солнечного давления – А.Н. Бахтин, модель движения на языке Фортран – Н.З. Тупицын под руководством В.А. Коробкина. Созданный на инструментальной ЭВМ БЭСМ-6 в ЦНИИ-50 мобильный комплекс программ получил название АКП-Ф.

Кроме моделирования виртуальной операционной среды, АКП-Ф содержал ряд инновационных решений, которые позволили впервые создать не автоматизированный, а автоматический комплекс, с автоматическим планированием и управлением вычислений с использованием технологических циклов управления для КА «Глонас». Для взаимодействия системных модулей внутри монитора использовалось решение, которое только в 2000 году в зарубежной литературе получило название интеграционной шины. С учетом высокой вычислительной нагрузки было реализовано автоматическое восстановление вычислений после возможных сбоев.

Кроме переноса АКП-Ф, необходимо было скомплексировать два вычислительных комплекса ВС1-К2 на общую память на магнитных дисках, образовав двухмашинный комплекс, связать с ЭВМ ЕС

1045 через систему траекторных измерений СТИ-90 для приёма и выдачи специальной информации, увязать технологию работы баллистического сектора с работой других секторов Центра управления системой ГЛОНАСС. Для поддержки и ускорения создания комплекса были привлечены специалисты ИТМиВТ: В.Ф. Тюрин, М.В. Тяпкин, В.Ф. Шебанов, Н.Л. Гайдаренко, Н.Е. Балакирев, М.Ю. Ярославцев.

Первый перенос АКП-Ф с БЭСМ-6 был успешно осуществлен в короткие сроки на двухмашинный вычислительный комплекс ВС1-К2, каждый из которых имел быстродействие 3 млн. операций в секунду, и был внедрён в Центр управления системой ГЛОНАСС для БНО управления полётом навигационных КА.

Значительную работу по обеспечению такой автоматизации выполнили А.Ю. Стерехов, создавший высокотехнологичную СУБД и общесистемные компоненты, и В.В. Ясюкевич, обеспечивший процессы информационного взаимодействия с другими подсистемами ЦУС ГЛОНАСС.

Первый спутник ГЛОНАСС был выведен на орбиту 12 октября 1982 года. 24 сентября 1993 года система была официально принята в эксплуатацию в интересах Министерства обороны РФ с орбитальной группировкой ограниченного состава из 12 спутников. В декабре 1995 года орбитальная группировка была развернута до штатного состава (24 спутника, по 8 в трех плоскостях орбит), который необходим для полного охвата территории всего земного шара.

В апреле 1988 года была выполнена процедура передачи баллистико-навигационного обеспечения из ЦНИИ-50 в Центр управления системой ГЛОНАСС в городе Голицыно-2. В итоге комплекс АКП-Ф на ВК ВС1-К2 проработал непрерывно в режиме реального времени в течение 12 лет и обеспечил функционирование баллистико-навигационного и частотно-временного обеспечения системы ГЛОНАСС.

Когда наметилась нехватка вычислительных мощностей созданного баллистического сектора для обработки полностью развернутой группировки ГЛОНАСС, АКП-Ф был перенесен на лучшую вычислительную машину страны – «Эльбрус 1-КБ», 64 разрядную, имеющую быстродействие свыше 10 млн операций в секунду и высокую надежность. Однако в эксплуатацию комплекс сдан не был из-за недостатка финансовых средств в 1990-х годах и надвигающейся «Проблемы 2000 года».

Баллистические программные комплексы АКП-Д и АКП-Ф внедрялись специалистами ЦНИИ-50 в эксплуатацию в Главный испытательный центр управления космических систем, который обеспечивал управление всеми типами КА военного назначения.

АКП-Ф также был внедрен в ЦУП разгонных блоков на ЕС ЭВМ и использован в ряде ЦУП КА специального назначения. С некоторым запаздыванием по времени наработки военных баллистиков получили распространение и при управлении автоматическими КА двойного и народно-хозяйственного назначения, прежде всего, спутниками дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

### III. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимо отметить, что впервые в истории космической баллистики в Центре управления был внедрён автоматический комплекс программ баллистико-навигационного обеспечения. Автоматически проводилось планирование технологических циклов, автоматически отслеживалось их выполнение, автоматически осуществлялось восстановление после сбоя.

С началом 1990-х годов производство больших вычислительных машин, так необходимых в космических программах, было практически остановлено. На рынке появились западные образцы персональных компьютеров и серверов. Поэтому следующим вынужденным этапом развития программно-технической платформы для проведения баллистических расчетов было создание автоматизированного комплекса программ в среде персональных ЭВМ на языке С++ (АКП-С), разработка которого была начата в 1990-х годах. При создании этого комплекса программ был учтён технологический задел АКП-Д и АКП-Ф, а в качестве основной была реализована идея унификации, позволяющая адаптировать разрабатываемое программное обеспечение для внедрения в различные центры.

С применением комплекса АКП-С в 1990-х годах выполнялись расчёты при проведении оперативных работ по выведению и управлению КА и РБ, комплекс внедрялся в создаваемые центры управления. Одно из таких внедрений, в частности, было в Центре управления полётом КА «Купон», созданном по заказу Центрального Банка Российской Федерации.

В 2000 г. комплекс АКП-С на ПЭВМ в многомашинном варианте был внедрен в эксплуатацию в Центре управления системой ГЛОНАСС. В последующем идеи данного комплекса программ и

созданный задел были использованы при разработке его уточнённых версий и модификаций, выполнявшихся по мере совершенствования вычислительной техники и операционных сред.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 50 лет в космическом строю. Очерки истории 50 ЦНИИ МО имени М.К. Тихонравова. М.: Ассоциация «МАКСМ», 2018. 464 с.
2. Пшеничников В.В., Соловьев Г.М. Оперативное навигационно-баллистическое обеспечение космических программ СССР. Юбилейный: Хоружевский, 2006. 408 с.
3. Лысенко Л.Н., Бетанов В.В., Звягин Ф.В. Теоретические основы баллистико-навигационного обеспечения космических полетов. Под общей ред. Л.Н. Лысенко. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 512 с.
4. Гудилин В.Е, Завалишин А.П., Меньков Р.П, Ясюкевич В.В. Под ред. В.В. Ясюкевича. На Челомеевском фланге Байконура. Реутов: ВПК «НПО машиностроения», 2019. 328 с.

## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ КОСМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА КОСМОДРОМЕ БАЙКОНУР

Сергей Яковлевич Нагибин<sup>1</sup>, Николай Анатольевич Тихомиров<sup>2</sup>,  
Владимир Владимирович Ясюкевич<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),  
Москва, Российская Федерация, nsy7@rambler.ru

<sup>2</sup>Межрегиональная общественная организация ветеранов космодрома Байконур,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация, tihnik1812@yandex.ru

<sup>3</sup>Межрегиональная общественная организация ветеранов космодрома Байконур,  
Королёв, Российская Федерация, 93764.19@gmail.com

**Аннотация** – В литературе по истории космонавтики наиболее часто вспоминают о главных конструкторах, космонавтах и пилотируемой космонавтике. Опыт применения вычислительной техники при испытаниях космических средств, при подготовке и пусках недостаточно освещен в средствах массовой информации. В данном докладе предпринята попытка более полно осветить применение вычислительной техники в отработке ракетно-космических средств. Рассмотрены вопросы применения вычислительной техники при обработке траекторной и телеметрической информации в 3 Научно-испытательном управлении (3 НИУ), с 1989 г. в Центре испытаний и применения космических средств (4 ЦИП КС), а также при испытаниях ракетно-космической техники на технических и стартовых комплексах 4-го Научно-испытательного управления (с 1989 г. 1275 ЦИП КС) космодрома Байконур. Доклад поможет понять степень применения вычислительной техники при испытаниях ракетно-космической техники.

**Ключевые слова** – испытания, измерения, ракетно-космическая техника, автоматизированный вычислительный комплекс, вычислительная машина.

### I. ВВЕДЕНИЕ

Применение вычислительных средств для обработки траекторной и телеметрической информации, для расчёта полетных заданий, для обеспечения пусков баллистических ракет и ракет-носителей космического назначения на полигоне начинается с вводом в эксплуатацию в ноябре 1957 г. универсальной цифровой вычислительной машины (ЦВМ) «Урал-1» № 2. До этого, начиная с первого пуска МБР Р-7 15 мая 1957 г., обработка результатов траекторных и телеметрических измерений проводилась с использованием арифмометров, электрических счетных машин и логарифмических линеек. Вся информация тогда фиксировалась на фотоплёнках и бумажных лентах.

До середины 1970-х годов на технических и стартовых комплексах космодрома Байконур практически не было управляющей вычислительной техники.

### II. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА

Предыстория создания Вычислительного Центра (ВЦ) 5-го Научно-исследовательского испытательного полигона (НИИП-5) начинается с июля 1955 года. Тогда в отделе анализа службы научно-испытательных работ (НИР) была штатно организована 3-я лаборатория эксплуатации универсальной ЦВМ «Урал-1», которая вошла в состав 16-го отдела математической обработки результатов измерений.

При первом пуске МБР Р-7 15 мая 1957 г. 16-й отдел математической обработки результатов измерений вел обработку результатов траекторных и телеметрических измерений с использованием арифмометров и электрических счетных машин («Феликс», «Рейнметалл», «Мерседес»), а также логарифмических линеек.

Ручные способы обработки измерительной информации требовали значительных трудовых затрат и не удовлетворяли по срокам представления ее результатов. Специальным Постановлением СМ СССР полигону была выделена первая отечественная УЦВМ «Урал-1» (заводской номер 2).

16 отделу были подчинены лаборатория баллистики и лаборатория эксплуатации УЦВМ «Урал-1» (3-я лаборатория 9-го отдела), начальник лаборатории инженер-майор П.П. Полозов, начальник ЭВМ В.А. Комарницкий (впоследствии профессор, автор известных учебников по программированию).

В лаборатории имелась группа инженеров по эксплуатации и группа программистов, но четкого разделения между ними не было. В то время вузы еще не выпускали специалистов по эксплуатации ЭВМ и программистов. Поэтому специалистами, в основном, становились самостоятельно. Было лишь разделение на техников и дипломированных работников-инженеров.

В 1956 г. офицеры лаборатории были направлены в ВЦ-1 МО СССР и ВЦ АН СССР, где изучали электронно-вычислительную технику, системы счисления, а 18 марта 1956 года группа выехала в Пензу на завод Счетно-аналитических машин (САМ), где в это время осуществлялись пуско-наладочные работы (ПНР) доставленного из Москвы опытного образца универсальной ЦВМ «Урал-1». «Урал-1» был разработан в 1954-1955 годах, первый образец был изготовлен в 1955 году на Московском заводе САМ. Этой работой руководил Главный конструктор УЦВМ «Урал-1» Б.И. Рамеев, основными разработчиками были В. Антонов, Б. Бурдаков, А. Коноваленко, В. Мухин, А. Невский, К. Шарий. Наладка осуществлялась СКБ-245. Частично налаженная машина была отправлена в Пензенский филиал (будущий Пензенский НИИ математических машин). Там же с 1957 по 1961 год осуществлялось серийное производство. Всего было произведено 183 машины. Быстродействие «Урал-1» составляло 100 операций в секунду.

Разработчики прочитали для офицеров НИИП-5 цикл лекций, а потом привлекли их к монтажу машины и пусконаладочным работам (прозвонка электромонтажа, корректировка и вычерчивание схем, разработка описания и т.д.). В ходе пусконаладочных работ выяснилось, что В.А. Комарницкий и Н.С. Ушаков по уровню знаний не уступают разработчикам, поэтому пусконаладочные работы универсальной ЦВМ «Урал-1» № 2, предназначенной для НИИП-5, были доверены офицерам НИИП-5 – В.А. Комарницкому (арифметическое устройство), Н.С. Ушакову (устройство управления), К.И. Николаеву (накопитель на магнитном барабане), В.И. Никитину (перфораторное и цифро-печатающее устройства), В.А. Черных (накопитель на магнитной ленте, печать на перфоленду).

Пусконаладочные работы на заводе велись с конца 1956 г. сначала в две, а потом и в три смены, поскольку машина работала неустойчиво, была восприимчива к перепадам температуры. В августе 1957 г. «Урал-1» № 2, наконец, заработал. В августе-сентябре 1957 г. были проведены приемо-сдаточные испытания (сдавали сами себе), демонтаж и упаковка, а в конце сентября «Урал-1» № 2 отправили на НИИП-5. Здесь машину распаковали, смонтировали в здании фотолаборатории и 6 ноября 1957 г. она была принята в эксплуатацию.

К концу 1958 г. программисты разработали 10 программ специального математического обеспечения (СМО), которые позволили автоматизировать вычислительные работы по баллистическим задачам и обработке траекторных измерений. Впоследствии В.Н. Бондаренко, И.Т. Плотников, П.П. Полозов написали один из первых в СССР учебников по программированию «Программирование в системе команд универсальной ЦВМ «Урал-1», который был издан в 1957 г. Артиллерийской инженерной академией им. Ф.Э. Дзержинского.

### III. ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА ВЦ

В начале 1960 года начал реализовываться план по созданию нового измерительного комплекса полигона. Этот план был разработан в 1958 г. в НИИ-4 МО и одним из разделов предусматривал оснащение полигона новыми ЭВМ, организацию сбора траекторной информации по телеграфным линиям связи с измерительных пунктов (ИП) на новую аппаратуру «Гранит-2М» для набивки на перфокарты и ввода её в ЭВМ.

В начале 1960 г. началась поставка новых средств автоматизации обработки: информационных цифровых машин (ИЦМ) «Темп-1» для первичной обработки траекторной информации на измерительных пунктах, полуавтоматических устройств ввода данных в ЭВМ (ПУВД) «Гранит-2М» и ламповых универсальных ЭВМ БЭСМ-2.

Изготовленный в экспериментальном производстве действующий макетный образец первой в СССР системы автоматической обработки телеизмерений в октябре 1959 г. – феврале 1960 г. прошёл государственные испытания и был рекомендован для опытной эксплуатации в НИИП-5. Макетный четырёхканальный образец системы «Старт» прибыл на полигон в 1960 г. По технической документации НИИ-88 завод № 297 освоил серийное производство, и в 1961-1962 гг. выпустил девять комплектов системы «Старт». Специализированная ЦВМ «Старт» предназначена для обработки телеметрической информации станций «Трал-К».

Летом 1960 г. была поставлена ЭВМ БЭСМ-2 с быстродействием 8 тыс. операций в секунду, и уже в ноябре она находилась в эксплуатации. Она была размещена в подвальном помещении лабораторного корпуса, построенного в том же году.

Для решения вопросов эксплуатации и использования новых средств обработки информации в апреле 1960 г., на базе 3-й лаборатории 9-го отдела (лаборатории «Урал-1») и других подразделений в составе службы НИР были созданы два новых отдела: 17 отдел эксплуатации УЦЭВМ и 18 отдел программирования. Первым начальником отдела эксплуатации универсальных ЭВМ стал инженер-подполковник Александр Никитович Кисничан. В отдел входили лаборатории: эксплуатации «Урал-1», БЭСМ-2, аппаратуры «Гранит-2М» и «Старт». 18 отдел возглавил инженер-подполковник Павел Петрович Полозов. Отдел состоял из трех лабораторий: обработки траекторных измерений, обработки телеметрической информации и анализа летно-технических характеристик. В декабре 1960 г. отдел возглавил инженер-подполковник А.П. Семикин.

В 1960 г. было начато строительство здания ВЦ (ныне ВЦ-1), и уже в 1962 г. на втором этаже этого здания были размещены универсальная ЦВМ М-20, две первые серийные специализированные ЦВМ «Старт», два комплекта аппаратуры «Гранит-2М» и другое оборудование. В 1963 г. на третьем этаже ВЦ была размещена универсальная ЦВМ «Урал-1».

К 12 апреля 1961 г., когда полетел в космос Ю.А. Гагарин, на БЭСМ-2 решались задачи расчета траектории, полётные задания, задачи обработки телеметрической информации и задачи целеуказаний измерительным станциям.

Начиная с 1964 г., значительно увеличивается количество пусков, связанных с испытаниями боевых ракетных комплексов третьего поколения, испытаниями ракет-носителей «Протон» и Н-1. Произошли значительные организационно-штатные изменения в структуре полигона. 25 апреля 1964 г. сформирована войсковая часть 68526 – 3-е управление измерений и математической обработки, включившее в свой состав большую часть отделов службы НИР полигона, в том числе и ВЦ. В образованное соединение вошли пристартовые измерительные пункты (ИП), а также измерительные пункты и станции вдоль трассы полета ракет в Казахстане и в районе падения головных частей на Камчатке. Основными средствами траекторных измерений, обеспечивающими траекторной информацией пуски ракет, являлись радиотехнические станции «Кама-Н» и «Квант-СП», которые передавали информацию на ВЦ по широкополосным каналам связи.

В состав ВЦ вошли 8 отделов: отдел программирования; три отдела обработки – траекторной информации, телеметрической информации ракет-носителей и телеметрической информации космических аппаратов; четыре отдела эксплуатации: универсальных ЭВМ, специализированной ЦВМ «Старт», специализированной ЭВМ МО-9М и систем энергоснабжения и холодильных машин, а также группа светокопирования материалов обработки. Для обработки возрастающего объема информации быстроменяющихся параметров в июле 1965 г. был создан отдел обработки виброизмерений.

В связи с испытаниями ракеты носителя сверхтяжёлого класса Н-1, особенностью которого является большой объем предстартовых измерений, в январе 1968 г. был создан 14 отдел обработки предстартовых измерений. Машинный парк пополнился специализированной ЭВМ МО-9М – для обработки телеизмерений межконтинентальных баллистических ракет с радиотелеметрической системой РТС-9; специализированной ЭВМ «ЭРА» – для обработки предстартовых измерений ракетно-космического комплекса Н-1 и универсальной ЦВМ «Наири».

Для обеспечения разработки специального математического обеспечения и обработки телеметрической информации систем управления нового поколения ракет-носителей (РН) с ЦВМ на борту (БЦВМ) и новой радиотелеметрической системой БРС-4 в августе 1969 г. был образован 15-й отдел машинных алгоритмов и решения задач анализа ракетных комплексов.

Продолжилось совершенствование парка универсальных ЭВМ. К январю 1965 г. с большими усилиями была введена в строй М-20 с быстродействием 20 тыс. операций в секунду, в 1968 г. – М-220, в 1973 г. – М-222 производительностью 27 тыс. операций в секунду. Обработка траекторной информации проводилась следующим образом: информация с измерительных пунктов поступала на полуавтоматическое устройство ввода данных «Гранит-2М» на 2 этаже здания, набивалась на перфокарты, которые переносились на ЭВМ М-220 на 3 этаже здания, вводились в машины и начиналась обработка информации. Специалисты отдела выполнили в 1972 г. схему стыковки ЭВМ М-220 со специализированной ЭВМ МО-9, что дало возможность обрабатывать на машинах телеметрическую информацию. Очень важной для всего ВЦ и управления стала работа по внедрению схемы сбора информации по телеграфным линиям связи (ТЛГ ЛС). Она позволила обеспечить оперативный сбор траекторной информации в темпе полета изделия по 12 каналам в каждую ЭВМ. Впервые эта схема была испытана в июле 1975 г. при спецработе «Союз-Аполлон». В 1976 г. была произведена стыковка ЭВМ по телефонным каналам связи через аппаратуру «5Ц55М».

В середине 60-х годов Центральным НИИ ракетно-космической отрасли совместно с Пензенским КБ ЭВМ (Главный конструктор Б.И. Рамеев) была разработана принципиально новая конвейерная система автоматической обработки телеметрической информации «Лотос» на базе универсальной ЭВМ «Урал-11» («Урал-11БВ») с быстродействием более 50 тыс. операций в секунду и специализированной аппаратуры преобразования этой информации. В августе 1968 г. на полигон была доставлена аппаратура системы автоматизированной обработки измерительной информации (телеизмерений) «Лотос-3А» и системы цифровой ретрансляции. В апреле 1969 г. системы были приняты в эксплуатацию. Серийное производство системы «Лотос» было организовано на Пензенском заводе ЭВМ, к 1975 году было выпущено 58 комплектов «Лотос-3А». К концу 1972 г. парк вычислительных средств ВЦ пополнился двумя комплектами системы автоматизированной обработки «Спектр-А2», которые заменили всю ранее применявшуюся аппаратуру обработки быстроменяющихся параметров.

С конца 1976 г. началась подготовка к освоению ЭВМ третьего поколения. Она началась с подготовки машинного зала для ЕС-1033 на 3 этаже ВЦ-1 и с лета 1977 г. началось обучение первых специалистов на курсах «Алгоритм» при Пензенском и Казанском центрах. Осенью 1977 г. была создана штатная лаборатория, монтаж ЭВМ выполнили сами совместно со строителями, а пуско-наладочные работы проводило московское РЦО-1. ЭВМ ЕС-1033 производительностью 18 тыс. операций в секунду была введена в эксплуатацию 15 декабря 1978 г. Она работала круглосуточно и сыграла большую роль в освоении личным составом ВЦ современной техники и в разработке нового программного обеспечения. Для оперативного сбора траекторной информации в темпе полета (минуя перфокарты с аппаратуры «Гранит-2М»), специалистами лаборатории во главе с К.В. Кувшиновым было разработано специализированное внешнее устройство (СВУ) для ЕС ЭВМ (ЕС-1033, ЕС-1052, ЕС-1045).

К осени 1982 г. был построен новый корпус Вычислительного центра (НВЦ). В октябре в здании НВЦ был начат монтаж ЭВМ ЕС-1033 и ЕС-1052, новых комплексов обработки телеметрии ВЛ-1033-01 № 1 и № 2, двух комплектов системы «Спектр-Б1». В 1983 г. были введены в строй ЭВМ ЕС-1033 и ЭВМ ЕС-1052 с быстродействием 700 тыс. операций в секунду. Обе машины входили в состав отдела эксплуатации универсальных ЭВМ. В этом же году в здании штаба полигона установили первый универсальный комплекс отображения информации (УКОИ) «Ритм», который также эксплуатировал отдел эксплуатации универсальных ЭВМ.

В 1983 г. началось строительство Информационного Вычислительного Центра (ИВЦ). На него возлагались задачи проведения сбора, оперативной и полной обработки измерений при испытаниях и штатной эксплуатации многообразной космической системы «Энергия-Буран», размножения и выпуска отчетов о результатах математической обработки информации.

В связи с подготовкой к проведению огневых стендовых испытаний РН «Энергия» и задержкой введения в эксплуатацию ИВЦ, было принято решение о модернизации средств вычислительной техники НВЦ. ЭВМ ЕС-1052 в 1986 г. была передислоцирована в здание ВЦ-1, где решала задачи обработки траекторной информации и использовалась в интересах группы АСУ войсковой части 11284, а на ее месте, после проведения необходимой реконструкции помещения, был размещен комплекс ВЛ-1045. На комплексах ВЛ-1033 была произведена замена ЭВМ ЕС-1033 на более мощные ЕС-1045 производительностью 850 тыс. операций в секунду. Обработка телеметрической информации макетных и стендовых образцов изделия 11К25 проводилась на НВЦ с применением комплексов ВЛ-1033, ВЛ-1045, «Спектр-АО». При испытаниях первого летного образца изделия 11К25 (6СЛ) использовались средства НВЦ и частично ИВЦ.

Ввод в строй ИВЦ стал качественно новым этапом в развитии ВЦ, который был центром сбора, обработки и анализа измерительной информации в процессе испытаний ракет-носителей и космических аппаратов (КА). В связи с введением в строй ИВЦ в январе 1987 г. были сформированы пять отделов эксплуатации средств вычислительной техники: два отдела эксплуатации и технического обслуживания комплексов ВЛ-1045; отдел эксплуатации и технического обслуживания комплексов ВК-2М45; отдел эксплуатации и технического обслуживания вычислительных комплексов «Спектр» и «Квант-3А»; отдел эксплуатации и технического обслуживания систем электропитания, кондиционирования и вентиляции воздуха ИВЦ.

15 мая 1987 г. состоялся первый пуск РН «Энергия» с КА «Полнос». ВЦ обеспечил экспресс-обработку и полную математическую обработку измерительной информации, полученной при испытаниях. В состав боевых расчетов ВЦ, участвующих в сборе и обработке измерительной информации в реальном масштабе времени, было включено 312 человек.

Объем обработки характеризует количество выходных материалов: обработано более 17.5 тыс. параметров, получено более 353 тыс. метров графиков и более 8.6 тыс. метров таблиц.

Венцом огромного труда коллектива ИВЦ стало блестящее выполнение опытно-испытательных работ в процессе подготовки и первого пуска 15 ноября 1988 г. многофазовой транспортной космической системы «Энергия-Буран».

В связи с закрытием программы «Энергия-Буран» войсковая часть 62010 в 1989 и 1990 гг. была значительно сокращена. В составе ИВЦ остались шесть отделов эксплуатации и два отдела энергетического обеспечения. В 1994 и 1995 гг. сократился парк средств вычислительной техники ИВЦ.

В 2002-2004 гг. проводилась модернизация измерительного комплекса космодрома при активном участии военнослужащих ВЦ и испытательных отделов войсковой части 68526 под руководством заместителя командира войсковой части 68526 по вооружению полковника О.В. Антропова. Обработка телеметрической информации была переведена на комплекс четвертого поколения «Родник» на персональных ЭВМ (ПЭВМ).

С конца августа 1989 г. отдел эксплуатации универсальных ЭВМ переподчинили службе НИИР и ввели в состав научно-исследовательской группы автоматизации системы управления (НИГ АСУ), которую в 1999 г. передали в подчинение начальника штаба космодрома. Для выполнения задач автоматизации управления и командного пункта (КП) космодрома Байконур в октябре 1988 г. был принят в эксплуатацию вычислительный комплекс ВК2М-45. В управлении космодрома было развернуто более 30 выносных удаленных терминальных устройств ЕС-7920 в составе дисплея и печатающего устройства, с которых пользователи со своих рабочих мест могли производить расчеты и обработку информации на ВК2М-45. В это же время на ВК2М-45 производились расчеты целеуказаний по пускам ракет. Личным составом отделения универсального комплекса отображения информации (УКОИ) «Ритм» эксплуатировались два комплекса отображения информации на табло коллективного пользования – в конференц-зале штаба и на командном пункте космодрома. С 1979 г. НИГ АСУ проводила работу по созданию системы «АСУ полигон», которая включала в свой состав командные пункты войсковой части 11284 (космодрома) и всех центров, и должна была решать задачи сбора и обмена информацией между командными пунктами центров и космодрома и между командным пунктом войсковой части 11284 (космодрома) и командным пунктом Военно-Космических Сил (ВКС). Работы по созданию системы «АСУ полигон» были выполнены не в полном объеме в связи с тем, что после событий 1991 года они были свернуты. Были оборудованы техническими средствами КП всех звеньев подсистемы. Успешно проведены испытания обмена информацией по линиям связи между командными пунктами. Разработано программное обеспечение. В полном объеме были выполнены только работы по обеспечению автоматизированного обмена информацией между КП войсковой части 11284 и КП ВКС, т.е. создана так называемая система автоматизированного приема, передачи и обработки информации (САППОИ), которая успешно проработала до дня расформирования ВКС в 1997 году. В 1991 г. из г. Минска силами специалистов отдела была доставлена первая большая партия персональных ЭВМ (ЕС-1841) в количестве 20 штук. С этого момента началась компьютеризация органов управления космодрома. В 1996 г. начинались работы по созданию локальной вычислительной сети (ЛВС) штаба. Все вопросы определения комплекса технических и программных средств, идеологии установки сети, обеспечения конфиденциальности информации решались сотрудниками группы АСУ. К концу 1997 года ЛВС штаба была готова к работе и, после получения разрешения на эксплуатацию от Главного штаба РВСН, с 1 марта 1998 г. введена в опытную эксплуатацию.

В 1996 г. НИГ АСУ преобразовали в группу АСУ, а в 2000 г. – в отдел автоматизации, который занимался автоматизацией управления в штабах, оснащением пунктов управления вычислительной техникой, разработкой СПО для служб космодрома, эксплуатацией средств ЭВТ, локальных вычислительных сетей, универсальных комплексов отображения информации «Ритм» и др. В 1998-1999 гг. были проведены работы по стыковке табло отображения информации с персональной ЭВМ в конференц-зале штаба и на командном пункте космодрома, что позволило выйти на более высокий уровень отображения информации. В 2002 г. начались поставки техники из управления Космических войск. Оборудовано рабочее место для командования на стартовом комплексе РН «Протон», программистами отдела разработана задача по отображению предстартовой подготовки «Протона» и его пуска. Началась модернизация технических средств отдела: получен мультипроектор с экраном, которые были установлены в конференц-зале штаба; получены новые ПЭВМ на базе *Pentium-4*, что позволило модернизировать ЛВС штаба. Сотрудники отдела автоматизации обеспечивали техническое и программное сопровождение работ более 200 ПЭВМ управления космодрома. Отдел автоматизации был расформирован 31 октября 2006 г.

#### IV. ПРИМЕНЕНИЕ ВТ НА СК И ТК

С развитием управляющей вычислительной техники, в частности агрегатной системы вычислительной техники (АСВТ) М-6000, разработчики наземной аппаратуры для испытаний

космических аппаратов, ракет-носителей и разгонных блоков на технических и стартовых комплексах начали ее активно применять.

Так, разработчики на предприятии почтовый ящик В-2572 (в настоящее время РКК «Энергия») включили АСВТ М-6000 в состав системы дистанционного управления заправкой кислородом разгонного блока Д (11Г0117П). Это была первая разработка с использованием АСВТ М-6000 в технологических процессах испытаний на полигоне. Можно сказать, что большой необходимости в этом не было, но требовался опыт разработки на предприятии промышленности и эксплуатации системы на космодроме. Этот опыт пригодился в будущем при создании автоматизированной системы управления подготовки и пуска (АСУ ПП) на комплексе «Энергия-Буран».

АСВТ М-6000 была разработана в НПО «Импульс» (г. Северодонецк, Главный конструктор В.В. Резанов). Есть смысл вспомнить некоторые ее технические характеристики: процессор, 4 блока памяти объемом по 4 Кб. Из внешних устройств: устройство ввода с перфоленты (УВВП), устройство вывода на перфоленту (УВП), печатающая машинка CONSUL-260, телетайп, а также устройство связи с объектом (УСО). Из программного обеспечения штатно поставлялся супервизор реального времени. Операционной системы еще не было.

Надёжность АСВТ М-6000 была невысокой, поэтому разработчики предусмотрели такую ситуацию, что вычислительная техника может выйти из строя и для подстраховки спроектировали релейный шкаф, в который была заложена вся логика технологии заправки разгонного блока кислородом.

Положительного от внедрения управляющей вычислительной машины было то, что при изменении технологии заправки не нужно было дорабатывать систему, в частности производить перепайку того же релейного шкафа. Достаточно было изменить программу управления заправкой без доработки системы. Другим плюсом системы было то, что печатался протокол заправки, и при внештатных и аварийных ситуациях легче было понять, что случилось и кто виноват.

В начале 1980-х годов на техническом комплексе в состав автоматизированных систем разработчики и изготовители стали включать вычислительную технику. В частности, для проверки системы управления изделий 11Ф654, 11Ф663, 11Ф669 в наземном комплексе использовалась М-6000, для транспортных кораблей снабжения – система СТИ-90М, в состав которой входила универсальная ЭВМ М-222. Для обеспечения испытаний была даже построена временная техническая позиция. Началась подготовка к испытаниям новых космических аппаратов «Гейзер» и «Ураган», для проведения которых на технической позиции в монтажно-испытательном корпусе сооружение 92А-50 были развернуты рабочие места с применением вычислительной техники – для выдачи команд в бортовую систему управления и обработки принятой с борта телеметрической информации.

В 1981 г. в НПО ПМ имени М.Ф. Решетнёва был создан первый космический аппарат с цифровой системой управления, что привело к кардинальному изменению наземного проверочного оборудования на техническом комплексе. В его составе наряду с традиционным аналоговым и дискретным релейным управляющим командно-испытательным комплексом (УКИК) появились новые системы для проведения испытаний КА: управляющий вычислительный комплекс и система обработки информации, базируемые на М-6000, что значительно сокращало время испытаний и обработки телеметрии. В начале 1982 г. на техническую позицию прибыл первый КА «Гейзер», испытание которого продолжалось около трех месяцев.

Второй управляющий вычислительный комплекс М-6000 в составе проверочного оборудования появился на технической позиции в 1984 г. Его стали использовать для подготовки КА «Альтаир» под названием автоматизированный испытательный комплекс (АИК). Хотя он и назывался автоматизированным, автоматизации при подготовке первого КА в нём ещё не было.

Автоматизацией проведения испытаний КА «Альтаир» занялись испытатели полигона. Для этого у программистов Научно-производственного объединения Прикладной механики (ныне АО «Решетнёв») выпросили алгоритмы и исходные (не транслированные) программы, обеспечивающие работу комплекса. Идея автоматизации была проста: оператор АИК выдавал команды управления на борт по огромной инструкции, в которой была изложена вся последовательность команд. Результат отработки визуально оценивался по данным определенных ячеек памяти БЦВМ, которые выводились на экран дисплея, или по показаниям транспарантов на УКИК, которые оценивал оператор комплексных испытаний. Для автоматизации процесса испытаний инструкции были записаны в файл, который отражал последовательность выдаваемых команд и состояние ячеек БЦВМ, а те, в свою очередь, сравнивались наземной ЭВМ с принятыми с борта показаниями ячеек. Автоматически принималось решение о продолжении испытаний или их остановке – в случае несовпадения требуемых параметров. Были разработаны и установлены в комплексе устройства дополнительных прерываний – для остановки

выдачи команд управления оператором комплексных испытаний и оператором АИК. Таким образом, процесс испытаний автоматизировался, и возможные ошибки оператора по выдаче неверной команды управления исключались.

При создании системы ГЛОНАСС началась интеграция вычислительных и радиотехнических средств. Пришлось искать новые подходы для испытаний навигационных космических аппаратов типа «Ураган», уже с применением вычислительных устройств, поскольку для обработки результатов испытаний и введения тестовых комбинаций по определению координат нужны были глубокие математические знания и внедрение вычислительной техники (в контуре с контрольно-измерительной системой была задействована М-6000).

В рамках программы ГЛОНАСС был создан новый разгонный блок 11С861. Исторически сложилось так, что поначалу разгонный блок испытывался на технической позиции в первом НИУ на площадке 31 (позже рабочее место подготовки РБ 11С861 было создано на площадке 92 в сооружении 92А-50). Для испытаний разгонного блока 11С861 в контур проверочного оборудования был включен управляющий вычислительный комплекс СМ-2. Он также был разработан в НПО «Импульс». С его помощью проводились проверки системы управления разгонного блока и расчёта полётного задания. ВК СМ-2 обладал большей производительностью по сравнению с АСВТ М-6000, в нём имелся магнитный накопитель на жёстком диске объёмом 29 Мб, имелись терминалы в виде дисплея, игольчатый принтер, устройства ввода-вывода на перфоленту.

После проверки системы управления разгонного блока на техническом комплексе площадки 31 проводился расчёт полётного задания. Полётное задание выводилось на перфоленту в трёх экземплярах, помещалось в специальные коробочки, печатывалось и вместе с изделием отправлялось на стартовый комплекс. На стартовом комплексе после проведения предстартовых операций и получения установок, полётное задание пересчитывалось и в последующем вводилось на борт изделия.

В целях повышения надёжности выполнения предстартовых операций на стартовом комплексе были смонтированы два ВК СМ-2 и была реализована возможность переключения каждого вычислительного комплекса на любую пусковую установку. Таким образом осуществлялось резервирование и достигалась высокая надёжность проведения пусковых работ.

В дальнейшем на стартовом комплексе «Энергия-Буран» в контуре АСУ подготовки и пуска стояли три ВК СМ-2, которые работали параллельно и решение принималось по формуле два из трех. Этим достигалась высокая надёжность предпусковых работ.

Наряду с положительными моментами применения вычислительной техники в процессе испытаний ракетно-космической техники появились и трудности. На полигоне не было специалистов для эксплуатации ВТ. Военные высшие учебные заведения ещё не готовили таких специалистов. А производитель вычислительной техники снимал гарантию с оборудования, если она эксплуатировалась несертифицированными специалистами. Приходилось искать средства и направлять военных специалистов на трехмесячные курсы повышения квалификации в г. Северодонецк в НПО «Импульс». В последующем системы подготовки и пуска разрабатывались с включением в их состав ПЭВМ.

## V. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В докладе прослежены исторические этапы применения вычислительной техники в отработке ракетно-космических средств. Рассмотрены вопросы применения вычислительной техники при обработке траекторной и телеметрической информации в 4 Центре испытаний и применения космических средств, а также при испытаниях ракетно-космической техники на технических и стартовых комплексах 1275 ЦИП КС космодрома Байконур.

Применение вычислительной техники в испытаниях ракетно-космических комплексов сыграло значительную роль в сокращении сроков и увеличении надёжности испытаний и измерений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дягель Л.Ф. Историческая справка по созданию и развитию отдела УЦЭВМ // <https://baikonur.palmira.net/history/departament-asu/history-ucevm/>
2. Катаев В.И. 16-й отдел службы НИР – прообраз будущего вычислительного центра космодрома – служба длиною более 30 лет. Воспоминания // <https://buran.ru/htm/memory25.htm>
3. Богомолов Г.К. Об испытаниях и становлении на НИИП-5 МО СССР первой в СССР специализированной цифровой ЭВМ «Старт» для автоматизированной обработки результатов телеметрических измерений при испытаниях МБР и КА: воспоминания военного инженера. М.: Сам полиграфист, 2021. 123 с.

4. Космодром Байконур: 50 космических лет. Под ред. Л.Т. Баранова. Караганда: Рекслайд, 2005. 594 с.
5. Черных В.А. Первая ЭВМ на космодроме (Первые шаги) // <https://baikonur.palmira.net/history/the-first-computer-first-steps/>
6. Кудряшов В.А. Измерительному комплексу космодрома Байконур – 50 лет. Исторический очерк. СПб., 2011 // <https://epizodsspace.airbase.ru/bibl/kudryashov/kudryashov-ikk-50.pdf>
7. Гудилин В.Е, Завалишин А.П., Меньков Р.П, Ясюкевич В.В. На Челомеевском фланге Байконура. Реутов: ВПК «НПО машиностроения», 2019. 328 с.

## ОС ДИСПАК В РАЗРАБОТКЕ КОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «МИР»

Александр Иванович Немецков<sup>1</sup>, Николай Евгеньевич Балакирев<sup>2</sup>,  
Светлана Александровна Зельдинова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Пензенский филиал АО «НТЦ «Атлас», Москва, Российская Федерация, nai-kant@rambler.ru

<sup>2</sup>Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),  
Москва, Российская Федерация, balakirev1949@yandex.ru

<sup>3</sup>Независимый исследователь, Москва, Российская Федерация, svzel@yandex.ru

**Аннотация** – В статье кратко рассказывается об использовании операционной системы (ОС) ДИСПАК машин БЭСМ-6 [1] при создании космической станции «Мир», одной из важнейших научно-производственных задач космических программ СССР. Представленная в статье информация основана на непосредственном научно-практическом участии одного из авторов в создании пилотируемой космической станции «Мир» (ПКС «Мир»). Коллективом разработчиков были созданы системы разработки, автономной и комплексной отладки штатного (бортового управляющего) программного обеспечения ПКС «Мир» на базе бортовой цифровой вычислительной машины (БЦВМ) «Салют-51», комплексной отработки функционирования аппаратно-программных средств в процессе полного цикла эксплуатации станции, системы принятия решений при возникновении нештатных ситуаций в процессе эксплуатации космического комплекса и другие подсистемы. Стоит отметить, что открытые публикации и отчеты по данному вопросу отсутствуют. С учетом срока давности можно открыть некоторые детали этих разработок и отметить значимость и важность использования многоплановой функциональности ОС ДИСПАК [2] в процессе разработки аппаратно-программных средств ПКС «Мир».

**Ключевые слова** – БЭСМ-6, ОС ДИСПАК, БЦВМ, БЦВК, ПКС «Мир».

### I. ВВЕДЕНИЕ

В 60-х-80-х годах прошлого века в СССР интенсивно и очень широко проводились работы по созданию космических систем различного назначения и в том числе по созданию автоматических и пилотируемых космических станций.

Особое внимание при этом уделялось цифровым человеко-машинным системам, размещаемым на пилотируемых космических аппаратах. Размерность таких систем требовала нового системного подхода к созданию, отработке, испытаниям и эксплуатации. Основными положениями этого подхода, которые требовалось реализовать, были:

- комплексная наземная экспериментальная отработка аппаратно-программных средств бортовых цифровых вычислительных комплексов (БЦВК) совместно с измерительной аппаратурой или их имитаторами;
- создание управляющей программы БЦВМ, обеспечивающей увязку функционирования аппаратуры, программных средств и космонавта в реальном масштабе времени;
- обеспечение живучести системы, в том числе за счет использования возможностей космонавта;
- создание и отработка алгоритмов и программ задач автономной навигации с учетом перехода на новую БЦВМ и расширенную базу измерительной аппаратуры.

Говоря об истории создания космических аппаратов, нельзя не рассказать об одном из крупнейших приборостроительных предприятий МЭП. Ордена Ленина НПО «ЭЛАС» было образовано на базе НИИ микроприборов (НИИМП), завода «Компонент», Конаковского завода «Микроприбор» и Солнечногорского электромеханического завода.

История НПО «ЭЛАС» началась с приходом в качестве директора НИИ микроприборов Г.Я. Гуськова – Героя Социалистического Труда, лауреата Государственной премии. Крупный специалист в области космического приборостроения, Геннадий Яковлевич сумел в короткие сроки сориентировать коллектив НИИ микроприборов в этом направлении. В НИИ и на завод «Компонент» были приглашены специалисты из разных районов Москвы и области. Основными направлениями в работе НИИ стали:

- создание вычислительных средств космического пользования радио;
- создание радиотехнических систем передачи информации и связи;
- создание технологии и конструкции космических приборов.

Определились и основные заказчики: Самарское Центральное специализированное конструкторское бюро (ЦСКБ) во главе с дважды Героем Социалистического Труда Д.И. Козловым.

В начале 1980-х годов НПО «ЭЛАС» было поручено создание трёх сложнейших вычислительных комплексов для создаваемой станции «Мир». С этой целью в НИИ микроприборов были разработаны две новые БЦВМ – «Салют-5Б» и «Салют-51». В качестве заводов – изготовителей составных частей комплексов – были подключены Харьковский приборостроительный завод и Киевский радиозавод. Сборка комплексов осуществлялась на заводе «Компонент», регулировку и сдачу комплексов проводили специалисты НИИ микроприборов. Работы были выполнены в срок. Созданные комплексы полностью обеспечивали работоспособность станции «Мир» более 10 лет.

Генеральной линией Г.Я. Гуськова была ориентация на космическое цифровое приборостроение для головного предприятия космической отрасли, каковым и считалось ЦСКБ Д.И. Козлова. Естественно, основой таких систем была цифровая аппаратура, разработанная в НИИМП. Обеспечению надежности и живучести космических аппаратов уделялось особое внимание. Ведь дело касалось пилотируемых космических аппаратов длительного существования. Необходимы были экстраординарные решения, обеспечивающие возможность выполнения системой основных функций даже при наличии отказов в ее отдельных составляющих. Большие трудности при подготовке систем имелись в комплексной отладке и отработке функционирования аппаратно-программных средств станции.

Велись проектные работы по долговременным станциям следующего поколения. По БЦВМ для новой станции основное содержание проектных работ заключалось в следующем:

1. Коррекция и отработка бортового программного обеспечения с учетом добавления новых функций, наборов статистических данных и расширение перечня тестовых программ;

2. Создание, совершенствование и модернизация отладочного стенда с доведением его до состояния, обеспечивающего не только автоматизированную отладку технических и программных средств системы, отработку документации, но и эффективное сопровождение на нем системы в процессе функционирования станции в полете, включая предварительную проверку закладываемого на борт ПО и анализ нештатных ситуаций в процессе эксплуатации космической станции.

Была создана операционная система БЦВМ «Салют-51» – управляющая программа, обеспечивающая программную увязку всех аппаратных и программных составляющих элементов системы в реальном масштабе времени. На технологической БЦВМ, на стенде, операционная система была отработана, прошита в ПЗУ и далее обеспечивала отработку всей системы. За короткий срок предстояло также выполнить большой объем работ по модернизации алгоритмов и программ автономной навигации, а практически, учитывая переход на новую БЦВМ и принципиальное расширение измерительной аппаратуры, разработать заново.

Функционирование вычислительного комплекса на базе БЦВМ «Салют-51» показало хорошую для того времени надежность разработанной в НИИМП микроэлектронной базы, подтвердив в основном концепцию резервирования сложной бортовой цифровой аппаратуры длительного существования. Это был первый положительный отечественный опыт продолжительной работы БЦВМ в космических условиях, который показал, что на бортовую вычислительную технику разработки НИИМП можно возлагать ответственные жизненно важные задачи управления бортовой аппаратурой, ориентации и стабилизации космических аппаратов длительного существования. Успешная работа всей станции в пилотируемом и беспилотном режимах стала выдающимся достижением отечественной и мировой космонавтики.

В НИИМП начали проводиться работы по разработке новой БЦВМ и других средств, на базе которых возможно было бы создание вычислительной системы для решения всего комплекса задач проектируемой новой станции. Ставилась задача разработать БЦВМ и вычислительную систему не только с существенно лучшими характеристиками, но и с принципиально новым подходом к обеспечению надежности и живучести, структурно перестраиваемую, с меньшими массами и электрической мощностью на новой микроэлектронной базе высокой степени интеграции.

На этих работах выросли руководители, специалисты и целые коллективы. Для нас это было время перманентных прорывов в новую область космической техники – создание сложных бортовых систем на основе БЦВМ. Это были годы активной, интересной и тяжелой работы, результатом которой, кроме созданных систем, приборов, программного обеспечения, алгоритмов и методик решения новых задач, был бесценный опыт практического воплощения новых идей и творческих замыслов. Это было время формирования и проверки на деле созданной кооперации смежных предприятий, также самоотверженно и преданно отдававших все силы для реализации новых задач в космической науке и технике.

Для выполнения таких грандиозных задач усилиями руководства НИИМП произошло оснащение предприятия ЭВМ БЭСМ-6. Они становились основой вычислительных средств нашего Вычислительного центра, и практически всех задач по моделированию и отладке бортовых программ.

Один из авторов, молодой специалист, выпускник факультета ВМК МГУ, сразу же после окончания учебы попал в центр данных событий. С учетом выполнения курсовой и дипломной работы (научный руководитель В.Ф. Тюрин) в рамках ОС ДИСПАК для ЭВМ БЭСМ-6 руководством НИИМП на него были возложены сначала задачи по созданию вычислительного центра космического объединения «ЭЛАС», а затем и лаборатории по разработке программных средств для создания, комплексной отладки и отработки аппаратно-программных средств ПКС «Мир».

Таким образом, приведенные ниже сведения основаны на непосредственном практическом многолетнем опыте разработчика и руководителя работ по созданию наземного комплекса (далее – НКО С-5) для разработки, автономной и комплексной отладки всего комплекса аппаратно-программных средств ПКС «Мир».

## II. ПРИМЕНЕНИЕ ОС ДИСПАК ДЛЯ ЗАДАЧ НКО СЯЛУТ-5

Параллельно с созданием БЦВМ интенсивно велись работы по созданию алгоритмов и программ для решения функциональных задач космической станции «Мир».

В том числе:

- «Сялут-5 – Система автоматизации программирования и автономной отладки программных модулей» (САПО С-5);
- Диспетчер комплексной отладки штатного программного обеспечения и отработки аппаратно-программных средств станции «Мир», включая многозадачный режим;
- Диалоговая система сопровождения программ комплекса аппаратуры станции «Мир»;
- Диспетчер моделей (имитационное моделирование комплекса бортовой микроэлектронной аппаратуры) и регистрации функционирования аппаратных средств станции «Мир», включая систему тестового и сервисного режимов работы;
- Система архивации и документирования комплексной отработки штатного функционирования аппаратно-программных средств станции «Мир»;
- Система защиты информации информационных потоков в комплексе аппаратно-программных средств, функционирующих в реальном времени;
- Система принятия решений при возникновении нештатных ситуаций в процессе эксплуатации станции «Мир».

В вычислительной технике, особенно бортовой, сделать «железо» – это еще полдела. Создать и отработать программное обеспечение, в том числе провести стыковочные и комплексные наземные испытания совместно со смежной аппаратурой или ее имитаторами – это другая, не менее важная, сторона дела.

Основа для создания наземного комплекса отладки бортового (штатного) программного обеспечения, включая средства разработки, автономной и комплексной отладки программ управления аппаратными средствами станции, наработки поведенческого моделирования аппаратных средств станции на весь период эксплуатации, а также системы анализа состояния аппаратно-программных средств в процессе работы станции и принятия решений по восстановлению функционирования станции при возникновении аварийных (нештатных) ситуаций обеспечивалась многомашинным комплексом ЭВМ БЭСМ-6 [1] с ОС ДИСПАК [2-6], в которую были включены специально разработанные в ней системы экстракодов (системных функций) [7-8].

Указанные системные функции стали базовой основой для решения проблем организации больших программных комплексов реального времени в системах специального назначения обработки информации и управления. То есть по факту ОС ДИСПАК выполняла роль операционной системы реального времени.

Исходя из задач, стоящих перед разработчиками НКО С-5, на базе комплекса БЭСМ-6 с ОС ДИСПАК был создан комплексный стенд, объединивший все целевые функции разработки, автономной и комплексной отладки программных средств, включая модули ОС БЦВМ, множество программно-математических модулей имитаторов работы всех составных частей ПКС «Мир» (множество датчиков состояния всех составных частей станции, телеметрическая и управляющая информация и т.д.).

Общая структура взаимодействующих в реальном масштабе времени компонентов ПО наземного комплекса отладки (НКО) С-5 для БЦВМ С-51 схематично показана на рис. 1. (Примечание. По каждой

компоненте программных средств, изображенных на рисунке, существовал целый перечень недоступной и в настоящее время документации). При этом были разработаны:

- использовавшееся САПО С-5 для всего семейства БЦВМ «Салют», включая «Салют-51»;
- диспетчер и диалоговая система сопровождения комплексной отладки штатного программного обеспечения и отработки аппаратно-программных средств станции «Мир», включая многозадачный режим (разработан одним из авторов);
- огромное множество программно-математических модулей, имитирующих функционально работу всех аппаратных элементов ПКС (разработано усилиями специалистов ЦСКБ);
- система архивации и документирования комплексной отработки штатного функционирования аппаратно-программных средств станции «Мир» (разработана совместными усилиями специалистов НИИМП и ЦСКБ);
- система защиты информации информационных потоков в комплексе аппаратно-программных средств, функционирующих в реальном времени (разработана совместными усилиями специалистов НИИМП и ЦСКБ);
- система принятия решений при возникновении нештатных ситуаций в процессе эксплуатации станции «Мир» (разработан совместными усилиями специалистов НИИМП и ЦСКБ).

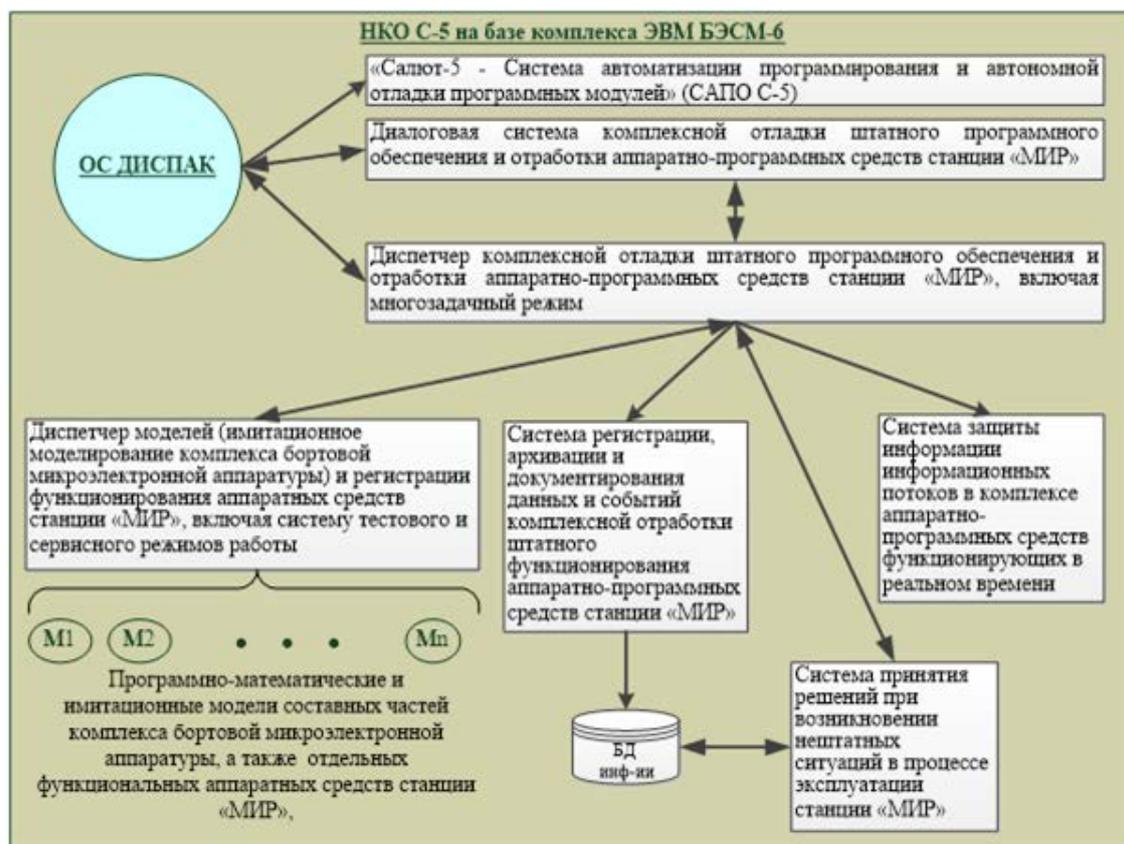


Рис. 1. Общая схема программных компонент ПО НКО С-5

Стенды НКО С-5 на базе комплексов БЭСМ-6 с ОС ДИСПАК были созданы и в НИИМП, и в ЦСКБ. Оба стенда были аналогичны. В стенде ЦСКБ дополнительно была реализована возможность использования по необходимости вместо программно-математических моделей, имитирующих функционально работу аппаратных элементов ПКС, реальных аппаратных средств.

Основную функцию по организации многозадачного режима реального времени выполнял диспетчер и диалоговая система сопровождения НКО. При этом в полной мере использовались все функциональные возможности ОС ДИСПАК.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный НКО С-5 позволил в плановые сроки разработать, провести автономную отладку программных средств, комплексную отработку аппаратно-программных средств ПКС «Мир», обеспечить функционирование станции в течение многих лет.

Все это было выполнено благодаря усилиям разработчиков НИИМП, ЦСКБ, а также широчайшим функциональным возможностям ОС ДИСПАК.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. БЭСМ. <https://ru.abcdef.wiki/wiki/BESM-6>
2. Бокова И.Д., Зельдинова С.А., Зуев В.И. и др. Операционная система Диспак для БЭСМ-6. М.: ИПМ АН СССР, 1973. 80 с.
3. Зельдинова С.А., Зуев В.И., Кошкина Л.В. и др. Инструкция пользователю по работе с операционной системой Диспак для БЭСМ-6. М.: ИПМ АН СССР, 1973. 60 с.
4. Зельдинова С.А., Паремский М.В., Тюрин В.Ф. Некоторые базовые возможности ОС ДИСПАК. М.: ИПМ АН СССР, 1976. 79 с.
5. Балакирев Н.Е., Зельдинова С.А., Копытов М.А. и др. Руководство пользователю по работе с операционной системой ДИСПАК. М.: ВЦ АН СССР, 1982. 128 с.
6. Тюрин В.Ф. Операционная система Диспак. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы. 1985. 336 с.
7. Тюрин В.Ф. События и асинхронные процессы в главной и подчиненной задачах в ОС ДИСПАК. М.: ИТМиВТ, 1980. Препринт № 13. 20 с.
8. Зельдинова С.А., Тюрин В.Ф. Экстракоды ОС ДИСПАК для системных программистов. М.: ИТМиВТ, 1983. Препринт № 15. 33 с.

## ЭЛЕКТРОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ В СССР В 1965-1975 гг.: ПЛАНЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ

**Римма Николаевна Парамонова**

*Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва,  
Самара, Российская Федерация, e-mail: rimmanic@list.ru*

**Аннотация** – В статье сделана попытка определить время, конкретно-исторические условия, обстоятельства появления и развития электронного машиностроения; предоставить широкой публике недавно рассекреченные архивные материалы, сохранившиеся в фондах Российского государственного архива в г. Самаре.

**Ключевые слова** – отрасли машиностроения, микроэлектроника, радиотехника, плановая экономика.

### I. ВВЕДЕНИЕ

История отечественной электроники имеет богатую историографию, представленную биографиями ученых в области математики и программирования, статьями, монографиями и воспоминаниями работников НИИ и высшей школы, специалистов в области электронно-вычислительной техники. Такая научная и научно-популярная литература очень востребована современным российским сообществом и позволяет включиться в работу историкам, которые могут внести свой вклад в изучение истории науки, техники, технологий на том или ином этапе социально-экономического развития.

Исследование истории процесса становления в СССР электроники как одной из отраслей машиностроения представляется перспективным направлением: архивные изыскания позволят уточнить спорное датирование тех или иных событий, возможно, найти утраченное знание о фактах и людях; системный подход – обосновать деление этого процесса на периоды, увидеть деятельность по созданию электронной техники в новом ракурсе.

### II. ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ ОТРАСЛИ

Становление советского электронного машиностроения как отдельной отрасли промышленности началось во втором послевоенном десятилетии (с середины 1950-х до середины 1960-х гг.), когда шло форсированное развитие радиотехнической, приборостроительной, химической, нефтехимической отраслей народного хозяйства. Предысторией электроники можно считать зарождение элементов автоматических систем в довоенное и военное время и развитие технических средств автоматизации в послевоенные годы. Действительно, план восстановления народного хозяйства СССР предусматривал к 1950 г. построение 25 новых заводов по производству радиодеталей и вакуумных приборов. За пятую пятилетку (1951-1955 гг.) число заводов радиоэлектроники увеличилось с 98 до 156; за 1950-е гг. производство электровакуумных приборов выросло более чем в 3 раза, в том числе электроннолучевых трубок более чем в 15 раз, а полупроводниковых приборов более чем в 30 раз [1, с. 155].

В послевоенное время происходили кардинальные изменения в научно-технической политике государства и в управлении экономикой страны. В конце 1940-х гг. партия и правительство были озабочены невыполнением заданий четвертого пятилетнего плана «по росту производительности труда», «медленным внедрением новой и плохим использованием» имевшейся техники, низкими темпами «автоматизации производственных процессов» [2, с. 78]. В октябре 1952 г. XIX съезд ВКП(б)-КПСС принял рассчитанную на ближайшие пять лет программу «дальнейшего развития автоматизации производства» на предприятиях черной металлургии, в горной промышленности, в машиностроении, а также полную автоматизацию гидроэлектростанций. Такие грандиозные задачи невозможно было решить без внедрения новой системы управления всеми технологическими процессами производства, - без цифровых вычислительных машин, которые постоянно бы не совершенствовались. Так, замена механических элементов счетных устройств электронными лампами увеличило скорость вычислений в тысячи раз. В целом, применение электроники привело к созданию машин с циклическими программами, которые могли изменяться самой машиной в процессе вычислений [3, с. 240-241].

В Российском государственном архиве в г. Самаре, в фонде Института точной механики и вычислительной техники АН СССР (ныне – ОАО «ИТМиВТ им. С.А. Лебедева» РАН) сохранились материалы по приемке вычислительной машины БЭСМ (быстродействующей электронной счетной машины) государственной комиссией, созданной распоряжениями Совмина СССР № 15185рс от 20 ноября 1953 г. № 11772рс от 23 октября 1954 г. [4, л. 1]. БЭСМ была спроектирована и изготовлена

Институтом под руководством академиков М.А. Лаврентьева и С.А. Лебедева. В 1953 г. она была выполнена с резервным запоминающим устройством на ртутных линиях задержки, в этом виде была принята комиссией АН СССР и с тех пор находилась во временной эксплуатации. В марте 1955 г. после замены ртутного запоминающего устройства на электронно-лучевые трубки эта экспериментальная машина была предъявлена госкомиссии [4, л. 6]. Одновременно были представлены отчеты (14 томов) с описанием машины и ее устройств, а также принципиальные схемы отдельных устройств [4, л. 9].

С 22 марта по 5 апреля 1955 г. БЭСМ успешно прошла приемные испытания. Как отмечалось в заключении комиссии под председательством академика М.В. Келдыша, испытания машины подтвердили рациональность конструкции и надежность ее работы; показали, что по своему быстродействию БЭСМ в три раза превосходила машину «Стрела». Это было обеспечено за счет применения импульсного принципа работы основных узлов машины, максимальной стандартизации элементов, более совершенной структурной схемы. Особо отмечались: арифметическое устройство машины, система управления, запоминающее устройство на электронно-лучевых трубках, промежуточное запоминающее устройство на магнитном барабане. Сожаление вызывало отсутствие в этом экспериментальном образце разработок новейших элементов. Было признано, что БЭСМ – современная электронная счетная машина, «на уровне лучших серийных образцов современной зарубежной техники», но ниже «Норк» – новейшего на тот момент единичного американского образца универсальной счетной машины. Госкомиссия поставила вопросы о необходимости создания и начале выпуска в 1955-1956 гг. машин типа БЭСМ с быстродействием не менее 20000 операций в секунду, то есть превосходивших «Норк» [4, л. 2-4].

За время испытаний, результаты которых были оформлены в 21 протоколе и заключении экспертной комиссии, выявились сильные и слабые стороны БЭСМ. С одной стороны, впервые в СССР была достигнута скорость вычислений 7-8 тысяч трехадресных операций в секунду при достаточной надежности (среднесуточное время полезной работы составляло 16,5 час.); арифметические и логические операции выполнялись со скоростью 4000-15000 в секунду [4, л. 13-14]. С другой стороны, в целом удобная в эксплуатации мелкоблочная система конструкции машины требовала доработки. В частности, диодное задающее устройство на перфокартах не обеспечивало надежной устойчивости контактов в узлах считывания с перфокарт, что приводило к ошибкам. Кроме того, было неприемлемо для воспроизведения печатающее устройство, выполненное путем приспособления полноклавишной счетной машины фирмы «Континенталь». Неудовлетворительной была и цепочка устройств для фотопечатания результатов: числа читались плохо, скорость печатания была крайне мала (114 чисел в минуту) [4, л. 11-14].

Острая потребность в ЭВМ и всей электронно-компонентной базе заставляла менять структуру советского машиностроения. Проблемой совершенствования конструкции ЭВМ и увеличения их выпуска занимались многие ведомства под эгидой Госкомитета по радиоэлектронике, затем Госкомитета по автоматизации и машиностроению. С образованием в 1961 г. Госкомитета по электронной технике оформилась и стала развиваться быстрыми темпами новая отрасль промышленности – микроэлектроника [5]. В нее вошли научно-исследовательские институты (НИИ), конструкторские бюро (КБ), опытные заводы, производившие радиоэлектронные приборы и электронные компоненты. К 1965 г., когда Госкомитет был преобразован в Министерство электронной промышленности СССР, отрасль обрела свой научный центр в городе Зеленограде и активно развивала собственную научно-производственную базу [6]. В крупных российских городах и республиканских столицах СССР быстрыми темпами шло перепрофилирование старых и строительство новых предприятий, разрабатывавших и массово производивших интегральные схемы (ИС), специальные материалы, технологическое и контрольно-измерительное оборудование. На этом начальном этапе советская микроэлектроника была самодостаточной, а отечественные изделия были оригинальными разработками, не имевшими зарубежных аналогов [7, с. 10].

В целом, за второе послевоенное десятилетие производство полупроводниковых промышленных изделий увеличилось на порядок, в частности: если в 1955 г. в СССР было выпущено 96 тыс. транзисторов, то в 1966 г. – более 11 млн. штук [8]. Есть и такая версия, что с 1957 г. по 1967 г. производство транзисторов в СССР выросло с 2,7 млн штук до 134 млн [1, с. 155]. Проверить и подтвердить (или опровергнуть) данную информацию пока не представляется возможным, так как в официальных статистических сборниках производство приборов, средств автоматизации и средств вычислительной техники за 1940-й, 1950-й, 1960-й гг. представлено не в количестве выражении, а в оптовых ценах предприятий [9, с. 180; 10, с. 94-95]. Кроме того, режим секретности также не позволял вести статистический учет промышленных изделий, относившихся к военно-промышленному комплексу.

В условиях холодной войны все научные силы и производственные мощности СССР были задействованы, прежде всего, в укреплении обороноспособности страны. В частности, совершенствование систем ПВО и создание систем противоракетной обороны (ПРО) во многом зависело от надежности ЭВМ нового поколения (полупроводниковых ЭВМ). Так, в начале 1960-х гг. работники ИТМиВТ АН СССР занимались проектированием вычислительных машин (ВМ), в которых бы отдельные устройства «работали параллельно и асинхронно». Такой характер «движения информации между отдельными устройствами ВМ» («принцип совмещения во время работы различных устройств машины») позволял добиваться «большой скорости вычислений». Разработка элементов и отдельных устройств и выработка подробной общей логической схемы машины велась под руководством академика С.А. Лебедева, к.ф.-м.н. Л.Н. Королева и старшего инженера А.Н. Томилина [11, л. 1-1а]. Согласно отчету по теме «Моделирование логической структуры вычислительной машины 5Э926», датированному 29 сентября 1962 г., «информацией для работы математической модели» являлась «последовательность команд ВМ 5Э926, записанная в специальной кодировке в памяти действующей ВМ БЭСМ-2». Причем, «математическая модель занимала половину памяти ВМ БЭСМ-2» («1000 ячеек, в том числе, 800 ячеек занимала моделирующая программа, 200 – сигналы работы устройства»), вторая половина памяти заполнялась «информацией для работы математической модели». Была «произведена серия испытаний работы математической модели на составленных в коде команд машины 5Э926 программах ряда математических задач, в том числе задач, решаемых на ВМ стрельбового комплекса системы А-35». В ходе испытаний было установлено, что «среднее время выполнения одной операции составило 0,88 микросекунд», «средняя скорость работы машины – 1136000 операций в секунду» [11, л. 10-11]. С созданием опытного образца ЭВМ 5Э926 в СССР появилась первая отечественная полностью полупроводниковая ВМ производительностью 500 тыс. операций в секунду. В 1966 г. было налажено ее серийное производство (с составе многомашинных комплексов находилась на боевом посту до 1980 г.), а в 1967 г. в серию была запущена ее модернизированная версия, ЭВМ 5Э51 (один из четырехмашинных комплексов следил за космическими объектами на околоземной орбите) [12].

ЭВМ непрерывно совершенствовались. Так, весной 1967 г. ИТМиВТ АН СССР занимался разработкой универсального арифметического устройства (АУ-П), предназначенного для выполнения системы операций над числами с фиксированной, плавающей запятой и целыми числами. Это устройство должно было работать в составе вычислительного комплекса 5Э51, причем нельзя было допустить увеличения уже имевшегося в изделии шкафов числом 4. В этих шкафах должно было размещаться оборудование: для выполнения операций над кодами чисел [13, л. 2] (подразумевалась работа с 48-разрядными кодами, из которых три последних разряда использовались для аппаратного контроля) и питания АУ-П (должно было осуществляться от выпрямителей на безнакальных элементах без применения аккумуляторных батарей [13, л. 22]). Устройство должно было нормально функционировать (вырабатывать сигналы аварийного останова программы [13, л. 19-20]) при подключении его к общей системе вентиляции комплекса 5Э51 (параметры подводимого воздуха: не менее 750 куб. м на 1 кВт выделяемой мощности; температура от 17 до 23°C; относительная влажность 65%). АУ-П должно было выдерживать повышенную рабочую температуру (до плюс 40-42°C) и быть устойчиво к воздействию пониженной предельной температуры (минус 45°C). Запасной комплект должен был обеспечить эксплуатацию аппаратуры в течение 10 лет [13, л. 23-24]. Планировалось, что в IV квартале 1967 г. предприятие п/я А-1389 изготовит дополнительные ячейки для АУ-П в количестве не более 200 штук [13, л. 25], а во II квартале 1968 г. будет произведена наладка и сдача на соответствие ТУ и ТТЗ представителю заказчика опытного образца АУ-П [13, л. 26].

Таким образом, к середине 1960-х гг. электроника в СССР стала самостоятельной отраслью промышленности, – отраслью, которая включала в себя весь комплекс работ от научных изысканий и проектирования электронных компонентов и изделий из них до запуска опытного и серийного их производства [14].

Выбор направления дальнейшего развития электронной техники был связан с драматическим эпизодом в истории отечественных ЭВМ, многократно описанным в литературе. На тот момент в СССР существовало четыре типа ЭВМ различного типа назначения: БЭСМ-6 и «Весна» для решения научно-технических задач, «Урал-11» для решения экономических задач (планирование, учет) и «Минск-22» – для решения научно-технических и экономических задач. В рамках подготовки аванпроекта «Разработка комплекса типовых ЭВМ высокой надежности с диапазоном по производительности от 10 тыс. до 1 млн. операций в секунду, построенных на единой структурной и технологической базе и совместных системах программирования», эти четыре типа машин сравнивались по быстродействию, стоимости, надежности и элементной базе. Самой быстрой была БЭСМ-6 (1 млн. операций в секунду), затем шла «Весна» (300 тыс.), «Минск-22» (5-6 тыс.), завершал список «Урал-11» (1-1,5 тыс.). Дорогостоящими были БЭСМ (2,9 млн. руб.) и «Весна» (2,4 млн.), «Урал-11» и «Минск-22» стоили на порядок меньше

(соответственно: 345,3 тыс. и 240 тыс. руб.). Надежность сравнивалась по среднему времени бесперебойной работы: за исключением «Весны» (менее 30 часов), остальные ЭВМ работали 50 часов [15, л. 10]. Подобные аванпроекты были подготовлены и другими НИИ, однако, не нашлось лиц и организаций, которые бы оказались заинтересованными в решении проблем стандартизации средств вычислительной техники отечественного производства и совместимости программного обеспечения советских ЭВМ. Поэтому дискуссии закончились принятием волевого решения о переходе на архитектуру IBM-360 [16]. Показательным является тот факт, что если на начальном этапе становления микроэлектроники плановая экономическая система сыграла положительную роль, способствовала скорейшей консолидации необходимых ресурсов, то в конце 1960-х гг. та же плановая система позволила совершить стратегическую (по мнению многих исследователей) ошибку.

### III. ЭЛЕКТРОНИКА В УСЛОВИЯХ ПЛАНОВОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

О специфике развития отечественной электронной промышленности ярче всего свидетельствует история широкого применения ЭВМ в планировании и управлении советской экономикой. Началось все с обсуждения насущной проблемы на июльском пленуме ЦК КПСС 1955 г., где говорилось о потребности в обработке больших массивов научно-технической и экономической информации с применением электронной вычислительной техники. Было решено постепенно перестраивать государственное управление по мере того, как будут разработаны программы и алгоритмы планирования с помощью электронно-вычислительных машин (ЭВМ). В последующие два десятилетия возникло множество вычислительных центров, в том числе Главный вычислительный центр Госплана СССР [17, с. 14, 20], в котором была создана автоматизированная система плановых расчетов [18, с. 397].

Грандиозные планы пятой и шестой (незавершенной) пятилетки по индустриальному развитию и их реализация изменили структуру, отраслевой состав и систему взаимосвязей в экономике страны. Несмотря на известные слабые стороны отечественной экономики (неудовлетворительное материально-техническое снабжение, ведомственность и бюрократизм, низкая производительность труда в традиционных отраслях промышленности), был сделан промышленный рывок, а достижения в области авиации, космических исследований, использования ядерной энергии показали всему миру значительный научно-технический потенциал СССР и... призрачную возможность «догнать и перегнать Америку».

Ускоренное развитие отраслей, определяющих научно-технический прогресс (электроэнергетика, химическая и радиотехническая промышленность, электроника, приборостроение), планировалось и в дальнейшем, на восьмую (1966-1970 гг.) и девятую пятилетку (1971-1975 гг.). Например, объемы выпуска различных моделей ЭВМ за 1964-1967 г. должны были возрасти на порядок, до уровня нескольких десятков машин в год [17, с. 28].

Статистика показывает непрерывный рост производства приборов, средств автоматизации и средств вычислительной техники (в оптовых ценах предприятий на 1 июля 1955 г.): в 1940 г. – на 30,9 млн руб., в 1950 г. – на 116,8 млн руб., в 1960 г. – на 1182,2 млн руб., в 1965 г. – на 2096,0 млн руб., в 1967 г. – на 2746,0 млн руб. За пять лет, с 1967 г. по 1971 г., стоимость произведенных средств ВТ и запасных частей к ним увеличилась почти в 3,4 раза [9, с. 180].

Мечта об автоматической системе управления ресурсами на всех уровнях производства для обеспечения справедливого их распределения породила много утопических проектов, в том числе – создания единой государственной сети вычислительных центров. Более реальным, соответствовавшим социально-экономическому и научно-техническому развитию страны того времени, оказалось внедрение механизированных и автоматизированных систем управления организацией производственных процессов на предприятии того или иного ведомства. Под эгидой Министерства электронной промышленности функционировал соответствующий институт – НИИ технологии и организации производства (НИИТОП, позже ЦНИИТОП). Например, в тематическом плане института на 1966 г. были предусмотрены такие научно-исследовательские работы как: «Анализ уровня организации производства и состояния организации труда рабочих по отраслям электронной промышленности»; «Анализ уровня состояния организации и технологии контроля качества на предприятиях Министерства электронной промышленности» [19, л. 1]; «Исследование и разработка систем управления производством (СУП) с использованием ЭВМ, составление опытных алгоритмов программ для решений отдельных технологических задач»; «Изыскание и исследование методов механизированной сборки полиэлементных плат» [19, л. 4об]. Кроме того, институту было поручено разработать и изготовить: полуавтомат для сборки проволочных контактных гнезд штепсельных разъемов [19, л. 9об]; типовые автоматические загрузочные устройства для полупроводников-транзисторов и диодов [19, л. 11об]; опытную партию из 10 касетировщиков слюдяных пластин типа КС-I [19, л. 14об]. Многостраничный документ содержит перечень более 100 тем таких НИОКР.

В «Справке об основных технико-экономических показателях работы предприятия п/я-8657 за 1963-1966 гг.» значится выполнение такого комплексного заказа, как разработка автоматизированного технического процесса и оборудования для изготовления и сборки печатных плат переключателя телевизионных каналов. Было изготовлено 14 наименований оборудования (в том числе 4 автоматических линии), которые отправлены для внедрения на завод в г. Каунас [19, л. 45]. Еще один пример выполнения плановых заданий: разработка проекта организации мелкосерийного производства цветных кинескопов для Московского электролампового завода [19, л. 48]. «Справка...» содержит количественные показатели рентабельности разработок за 3 года и 8 месяцев 1966 г.: фактические затраты на НИОКР определены в 13250 тыс руб., годовая экономия от внедрения силами самого института результатов разработок – 12400 тыс руб., экономия, полученная в течение срока действия внедренных разработок (то есть в течение 7 лет) – 86800 тыс руб. [19, л. 49]. Потребность («спрос») советской экономики превышала в то время возможности ИТМиВТ, не имевшего тогда собственной производственной базы (опытного завода). Говорилось, что на очереди 180 заявок промышленных предприятий страны на серийное изготовление 15 типов оборудования общим количеством свыше 1000 единиц [19, л. 49].

В 1967 г. в НИИТОП в составе научно-исследовательской части числилось 1309 человек (902 инженерно-технических работника и 133 служащих), в опытном производстве – еще 1076 человек (812 рабочих, 250 ИТР и 14 служащих) [20, л. 18]. Согласно тематическому плану на 1968 г., основные усилия должны были быть направлены на разработку алгоритма и программы определения производственных мощностей предприятий [20, л. 20], а также выявление перспективных задач в области технологии и организации производства электронной промышленности [20, л. 29об].

В сентябре 1968 г. в ОКБ при Саратовском заводе приемно-усилительных ламп 8-го ГУ МРП был подготовлен доклад по основным направлениям НИОКР на 1969 г. для обсуждения в ЦК партии. В докладе говорилось, что ОКБ (950 человек) – организация, профилированная в области разработок новых типов пальчиковых приемно-усилительных ламп (ППУЛ) и технологических процессов их изготовления. С 1966 г. ОКБ также осуществляло разработку приборов и технологических процессов особой группы полевых транзисторов (на основе эпитаксиальных пленок). Еще одним важным направлением работы являлось исследование возможности разработки многофункциональных ламп с пассивными элементами для создания массового современного телевизора, при условии снижения его стоимости в сравнении с существующими моделями в 1,5-2 раза [21, л. 1]. В докладе предлагалось создать «новую систему планирования и материального стимулирования», чтобы преодолеть незаинтересованность во внедрении новых изделий и КБ и предприятия. Для этого было бы необходимо в составе НИИ создать крупные опытные заводы, способные рентабельно и ответственно вести выпуск новых изделий в объемах, достаточных для обеспечения в течение первых 2-3 лет поставок серийным заводам-потребителям. Причем, прибыль за создание и внедрение новой техники нужно было бы оставлять НИИ на собственное развитие, на расширение научно-исследовательской базы, на культурно-бытовые нужды, а также в фонд поощрения. По мнению авторов, своевременное внедрение новых приборов обеспечивалось бы ограничением получения прибылей во времени, по истечении которого (например, 2 года) они должны были бы изыматься в бюджет [21, л. 9-10]. Низкая эффективность работы НИИ и КБ – следствие того, что они не являлись юридическими лицами и практически лишены были возможности обеспечивать своевременное развитие необходимыми ресурсами (площади, оборудование, жилищные условия, привлечение кадров). Заводы, при которых находились КБ, не были заинтересованы в деятельности этих КБ, показатели их деятельности нигде не учитывались. Не было возможности поощрять творческих работников, отсутствовала система конкурсов на замещение вакантных творческих должностей. Предлагалось, чтобы оценка деятельности и координация работ при условии непрерывного соревнования и сравнения результатов деятельности предприятий по близкой тематике велась не головным институтом, а научно-техническим советом отрасли. Кроме того, отмечалась необходимость коренной перестройки системы материально-технического обеспечения, в то время основанной на предварительных годовых и квартальных заявках. Вместо этого, нужно было организовать сеть магазинов и баз, в которых НИИ и КБ могли бы иметь возможность «приобрести любые из существующих материалов, приборов, оборудования» и «быстро реализовать предметы, в которых миновала надобность» [21, л. 11-12]. Для увеличения числа патентоспособных решений необходимо было бы улучшить информационную работу: образцы техники, патенты, отчеты должны в обязательном порядке доводиться до сведения всех НИИ и КБ, фонд этих материалов должен быть доступен, как и возможность «загранкомандировок ведущим специалистам». В докладе отмечалось, что «ограничение двустороннего приоритетного обмена информацией приносит больший ущерб нашей промышленности, чем зарубежной» [21, л. 14-15].

На протяжении 1965-1975 гг. наблюдался неуклонный рост продукции, проходивший по Министерству электронной промышленности (МЭП). Так, в 1969 г. фактический выпуск изделий электронной техники

составил 5674113 тыс. штук (их стоимость в оптовых ценах предприятий на 1 июля 1967 г. была 1531612 тыс. руб.). Сюда вошли полупроводниковые приборы: диоды (536932 тыс. штук) и транзисторы (184759 тыс. штук), удельный вес которых составил 12,7% по МЭП. 46,3% от общего объема выпуска всей продукции составили резисторы различного вида; 27,5% – конденсаторы; 6,87% – приемно-усилительные лампы; 5,8% – радиокомпоненты; десятые и сотые доли процента – кинескопы, электронно-лучевые трубки, фотоэлектронные умножители, источники света, газоразрядные, генераторные и модулярные приборы [22, л. 11-14].

В «Пояснительной записке к годовому отчету предприятия п/я В-8657 за 1972 г.» отмечены следующие показатели деятельности предприятия. Во-первых, высокая средняя зарплата – 1582,4 руб, ежеквартальные выплаты к должностным окладам в размере 21,8%, 10 премий по 20 рублей («лучший инженер-исследователь», «лучший конструктор», «лучший рабочий по профессии») [23, л. 15, 17]. 42 рабочих опытного завода и макетного цеха имели личные клейма (всего на предприятии числилось по факту 2295 человек). Во-вторых, еще одним показателем успешности являлся процент сдачи технической документации и выполненных работ с первого предъявления: в 1964 г. он составлял 65 %, в 1972 г. – 90,1% [23, л. 20]. В-третьих, были закончены работы по научному прогнозированию развития технологии и организации производства в отрасли, результатом чего стало уточнение пятилетнего плана на 1971-1975 гг., прогнозы развития отрасли до 1980 г., предложения по перспективам до 1990 г [23, л. 28]. В-четвертых, в 1972 г. было разработано 41 наименование оборудования и прогрессивных технологических процессов; изготовлено около 500 единиц оборудования 60 наименований, из которых 47 изготовлено впервые. Кроме того, машиностроительными предприятиями произведено более 300 единиц специального оборудования 16 наименований, разработанного еще в 1970-1971 гг. В-пятых, получено 56 авторских свидетельств на изобретения (из 100 поданных). На 16 предприятиях было внедрено 26 АСУП и 18 АСУТП [23, л. 31]. Много внимания уделялось научной организации труда (НОТ), рациональной организации трудового процесса.

На развитии отечественного электронного машиностроения сказались серьезные просчеты в разработке и реализации государственной промышленной и научно-технической политики. В начале 1970-х гг., в самый разгар промышленной автоматизации [24], власти недооценили значимость высоких технологий, в частности, программируемых микрокомпьютеров [25, с. 290]. В последующем это ускорило процессы торможения научных исследований во всех областях и технического переоснащения производства советской экономики. По мнению исследователей, низкая окупаемость автоматизации предприятий и технологических процессов была связана не столько с дороговизной и сложностью эксплуатации автоматизированных систем, сколько с крайне низкой оплатой труда квалифицированных рабочих и отсутствием заинтересованности предприятий. Ведь, как отмечали контролирующие органы, чем больше предприятие затрачивало «средств на освоение новой техники, тем хуже» выглядели «его показатели объема реализации продукции и рентабельности» [26, с. 293]. Планы девятой пятилетки (1971-1975 гг.) по внедрению АСУП и АСУТП так и не были выполнены. Всего за 1966-1975 гг. в СССР было внедрено 2723 АСУ, в том числе 734 АСУПТ и 989 АСУП. В то же время к 1975 г. в стране было ликвидировано 469 автоматических линий, в том числе 225 АСУПТ [26, с. 155, 160].

#### IV. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование истории становления отечественного электронного машиностроения показало общие закономерности развития отраслей в эпоху научно-технической революции, а также выявило сложности изучения предмета, что связано с разрозненностью и закрытостью части исторической информации. Дальнейшие исследования предполагают систематизацию количественных экономических показателей, сравнительный анализ состояния и деятельности предприятий и учреждений отрасли, выявление новых фактов, имен, процессов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ханин Г.И. Экономическая история России в новейшее время: в 2-х т. Т. 1. Экономика СССР в конце 30-х гг. – 1987 г. Новосибирск: НГТУ, 2008. 516 с.
2. Бодрова Е.В., Калинов В.В. Государственная научно-техническая политика в период «оттепели»: прорывы и причины торможения модернизации // Российский технологический журнал. 2017. Т. 5. № 5. С. 70-85.
3. Пути развития техники в СССР. 1917-1967 гг. М.: Наука, 1967. 275 с.
4. Российский государственный архив в г. Самаре (далее РГА в г. Самаре). Ф. Р-741. Оп. 2-1. Д. 1.
5. По мнению ветерана отечественной электронной промышленности Б.М. Малашевича, годом рождения мировой и отечественной микроэлектроники – «отрасли науки и промышленности, занимающейся созданием и тиражированием интегральных схем», следует считать 1962 год (Малашевич Б.М. Очерки

- истории российской электроники: К 50-летию электронной промышленности. Вып. 5. М.: Техносфера, 2013. С. 17, 19).
6. Электронная промышленность включала весь спектр работ по научным изысканиям, проектированию и созданию электронных компонентов и изделий из них, а также запуск опытного и серийного их производства (См.: Симонов Н.С. Становление советской электронной промышленности (1940-1962 гг.). Взгляд историка. Самиздат, 2012. [http://samlib.ru/s/simonow\\_n\\_s/electron\\_ind.shtml](http://samlib.ru/s/simonow_n_s/electron_ind.shtml)).
  7. Шпак В.В. Формирование организационно-управленческой модели реализации «Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года» // Вестник Челябинского государственного университета. 2021. № 3 (449). Экономические науки. Вып. 72. С. 10-23.
  8. Александр Анатольевич Васенков. Под ред. Б.М. Мадашевича. М.: РПЦ «Техносфера», 2010. 231 с.
  9. Народное хозяйство СССР. 1922-1972 гг.: Юбилейный статистический ежегодник. М.: Статистика, 1972. 848 с.
  10. Народное хозяйство РСФСР в 1987 г.: Стат. Ежегодник. Госкомстат РСФСР. М.: Финансы и статистика, 1988. 590 с.
  11. РГА в г. Самаре. Ф.Р-741. Оп. 2-1. Д. 52.
  12. Карпова В., Карпов Л. СуперЭВМ – от задач к машине // Открытые системы. 2010. № 4. С. 58-63.
  13. РГА в г. Самаре. Ф.Р-741. Оп. 2-1. Д. 71.
  14. Симонов Н.С. Военно-промышленный комплекс СССР в 1920-1950-е годы: темпы экономического роста, структура, организация производства и управление. М.: «Российская политическая энциклопедия» (РОССПЭН), 1996. 336 с.
  15. РГА в г. Самаре. Ф.Р-741. Оп. 2-1. Д. 49.
  16. См., напр.: Пржиялковский В.В. Исторический обзор семейства ЕС ЭВМ. [https://www.computer-museum.ru/histussr/es\\_hist.htm](https://www.computer-museum.ru/histussr/es_hist.htm).
  17. Пионеры цифровизации: к 60-летию создания Аналитического центра при Правительстве РФ // Наша история, 2019. Официальный сайт Аналитического центра. <https://ac.gov.ru/about/story>.
  18. Сафонов А.В. Автоматизированная система плановых расчетов Госплана СССР как необходимый шаг на пути к общегосударственной автоматизированной системе учета и обработки информации (ОГАС) // Экономическая история. 2019. Т. 15. № 4. С. 395-409.
  19. РГА в г. Самаре. Ф.Р-746. Оп. 1-6. Д. 73.
  20. РГА в г. Самаре. Ф.Р-746. Оп. 1-6. Д. 80.
  21. РГА в г. Самаре. Ф.Р-714. Оп. 2-6. Д. 5.
  22. РГА в г. Самаре. Ф.Р-746. Оп. 1-6. Д. 107.
  23. РГА в г. Самаре. Ф.Р-746. Оп. 1-6. Д. 128.
  24. Парамонов В.Н. Промышленная автоматизация СССР в 1960-х – середине 1980-х годов: застой или прорыв // Труды SoRuCom-2017. Зеленоград, 2017. С. 277-285.
  25. Бодрова Е.В., Гусарова М.Н., Калинов В.В. Эволюция государственной промышленной политики в СССР и Российской Федерации: монография. М.: РЕГЕНС, 2014. 940 с.
  26. Бокарев Ю.П. СССР и становление. постиндустриального общества на Западе, 1970-1980-е годы. М.: Наука, 2007. 381 с.

## ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА ЦК КПСС (1969-1970 гг.)

Никита Юрьевич Пивоваров

*Институт всеобщей истории РАН, НИЯУ МИФИ, Москва, Российская Федерация,  
pivovarov.hist@gmail.com*

**Аннотация** – В докладе на основе документов РГАНИ рассмотрен ранний этап истории Информационно-вычислительного центра ЦК КПСС. Показано, почему руководство партии только в конце 1969 – начале 1970 года приняло решение о создании такой структуры и какие задачи с ее помощью планировало решать.

**Ключевые слова** – ЦК КПСС, автоматизированные информационно-вычислительные системы, ЭВМ.

### I. ВВЕДЕНИЕ

Без преувеличения можно утверждать, что одним из главных вопросов научно-технического прогресса с послевоенного времени была попытка создания универсальной системы классификации и управления информацией. Подобная система должна уметь не только функционально и быстро осуществлять поиск данных, но и анализировать их, что было особенно актуально для принятия в том числе политических решений. При этом ведущее значение в этих системах отводилось не ручному труду, а машинному, а точнее эффективной работоспособности электронно-вычислительных машин (ЭВМ).

На рубеже 1950-1960-х годов образ ЭВМ, которая могла обрабатывать большие массивы данных и давать безошибочные прогнозы развития человечества на годы вперед, стал одним из популярных среди фантастов и техноутопистов. Вместе с тем этот образ не отпускал и реальных ученых, пытавшихся сконструировать даже не одну подобную машину, а целую систему из них. В историографии представлено немало работ о такого рода попытках, в том числе об инженерах и ученых из СССР. Исследователи советских проектов сосредоточились преимущественно на изучении идей А.И. Китова и В.М. Глушкова, анализируя как не воплощенную в реальность Общегосударственную автоматизированную систему учета и обработки информации (ОГАС) [1-8], так и реализованные на практике отдельные фрагменты этой глобальной системы, в частности Автоматизированную систему плановых расчетов Госплана СССР [9-11].

В данной публикации на основе документов Российского государственного архива новейшей истории планируется показать начальный этап становления Информационно-вычислительного центра ЦК КПСС, который также можно считать одним из осколков системы ОГАС. В статье будет показано, почему этот центр, несмотря на приложенные усилия академика В.М. Глушкова, так и не смог воплотиться в автоматизированную систему всего Советского Союза.

### II. ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СОВЕТСКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ НА РУБЕЖЕ 1960-1970-Х ГОДОВ

Первые идеи создания глобальной автоматизированной системы появились у советских ученых в 1950-е годы, а попытки их реализации пришлось на начало 1960-х годов. Так, проектирование Единой государственной сети вычислительных центров (ЕГСВЦ), которая должна была стать фундаментом для ОГАС, было положено постановлением ЦК КПСС и Совета министров от 21 мая 1963 г. «Об улучшении руководства внедрением вычислительной техники и автоматизированных систем управления в народное хозяйство». Главный смысл постановления заключался в совершенствовании системы советского планирования. Для реализации постановления решением Госкомитета по координации научно-исследовательских работ от 21 февраля 1964 г. была образована рабочая группа под руководством академика В.М. Глушкова. Спустя несколько месяцев Глушков представил первый проект ЕГСВЦ, а в июле 1966 г. – аванпроект. Однако создать тогда единый центр сбора и обработки информации не удалось. Помешали как бюрократические проволочки, так и низкий технический уровень советских ЭВМ, на базе которых планировалось конструирование ЕГСВЦ. Сказывалось и отсутствие необходимого опыта кооперации автоматических систем управления (АСУ) разных ведомств. В итоге проект был заморожен вплоть до начала 1970-х годов.

Однако это не повлияло на общее развитие советских систем АСУ, а строительство новых Вычислительных центров не останавливалось. Именно вторая половина 1960-х годов стала временем появления самых разнообразных автоматизированных систем. Так, только в 1966-1970 гг. было создано

417 АСУ и открыто 716 ВЦ [12, л. 11]. Все находившиеся на тот момент системы можно было разделить на два основных типа – иерархические и функциональные. Начало 1970-х годов ознаменовалось новым этапом в разработке автоматизированных систем. Юридически это было связано с постановлением ЦК КПСС и Совета министров СССР от 8 октября 1970 г. «О мерах по совершенствованию управления в народном хозяйстве на основе широкого использования средств вычислительной техники», в соответствии с которым предполагалось в течение ближайшего пятилетия ввести в действие не менее 1600 автоматизированных систем управления. Спустя полгода, в марте 1971 г., уже XXIV съезд КПСС поставил задачу создавать совместимые автоматизированные системы управления с целью их последующего объединения в ОГАС на базе ЕГСВЦ и Единой автоматизированной сети связи (ЕАСС) страны.

### III. ИВЦ ЦК КПСС: ОТ ИДЕИ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

На фоне начавшегося нового поворота в развитии советских автоматизированных систем в ЦК КПСС, главном центре принятия решений в СССР, присутствовала явная потребность во внедрении современной вычислительной техники.

Видимо, улавливая этот запрос, академик Н.П. Федоренко 25 января 1969 г. направил секретарю ЦК КПСС П.Н. Демичеву записку с предложением создать и внедрить информационно-вычислительную систему, предназначенную специально для аппарата ЦК (см. документ № 1). Впрочем, потребовалось еще несколько месяцев, прежде чем предложения по созданию такой структуры были подготовлены и представлены. 27 августа 1969 г. С.П. Трапезников, Н.А. Петровичев (первый заместитель заведующего Отделом организационно-партийной работы ЦК) и Г.С. Павлов (управляющий делами ЦК) направили секретарям ЦК записку с соответствующей инициативой (см. документ № 2).

Первое заседание Секретариата ЦК КПСС по вопросу создания ИВЦ ЦК КПСС состоялось уже 2 сентября 1969 г. Председательствовавший на заседании секретарь ЦК М.А. Суслов отметил, что «предложение интересное, но вопрос достаточно не подготовлен» [13, с. 173]. В связи с этим было поручено комиссии в составе Д.Ф. Устинова, И.В. Капитонова, С.П. Трапезникова, Г.С. Павлова, М.В. Келдыша и Н.А. Петровичева с привлечением соответствующих отделов ЦК в течение двух месяцев разработать предложения по этому вопросу [13, с. 542].

В конце декабря комиссия во главе с Устиновым представила как инициативную записку, так и проект постановления. В соответствии с запиской предполагалось, что аванпроект должен быть разработан в течение полугода, первая очередь ИВЦ должна быть запущена к концу 1971 г. Головной организацией был утвержден НИИ автоматической аппаратуры Министерства радиопромышленности (более известный как Почтовый ящик А-3706) во главе с главным конструктором – директором этого НИИ членом-корреспондентом В.С. Семенихиным. 6 января на заседании Секретариата ЦК КПСС проект постановления был утвержден (см. документ № 3). Старт формированию ИВЦ ЦК КПСС был положен. Уже с февраля началась разработка аванпроекта, а в августе 1970 г. к проекту подключился академик В.М. Глушков, попытавшийся придать новое смысловое значение ИВЦ.

Первый этап истории ИВЦ показывает, какие амбициозные задачи ставились перед новой структурой. Речь шла не просто о налаживании работы с информацией, а об изменении механизма принятия политических решений. В какой-то степени советские вожди решились на то, чтобы передать часть своих административных функций машине. Разумеется, речь шла об элементарных операциях, скорее направленных на упрощение делопроизводства, однако потенциально это могло вылиться в конструирование гораздо более амбициозной аналитической системы. Именно с такими идеями в середине 1970 г. и выступил академик В.М. Глушков, предложив свой вариант развития ИВЦ. Однако изучение варианта Глушкова требует дополнительного обобщения.

### IV. ПРИЛОЖЕНИЯ

#### № 1.

*Предложение директора Центрального экономико-математического института А.Н. Федоренко секретарю ЦК КПСС П.Н. Демичеву*

25 марта 1969

Секретарю ЦК КПСС

тов. Демичеву П.Н.

В настоящее время в нашей стране накоплен определенный опыт создания и использования информационных систем, базирующихся на применении электронной вычислительной техники. Практическая эксплуатация таких систем в ряде ведомств показала их высокую эффективность и

обеспечила значительную рационализацию управленческих процессов.

Представляется возможным и целесообразным для решения задач обработки информации, хранения данных и поиска документации в аппарате ЦК КПСС применение современных информационно-вычислительных систем, это может обеспечить:

- повышение оперативности подготовки необходимых данных и выдачи документов для ответственных сотрудников аппарата;
- предотвращение возможных противоречий данных, подготавливаемых различными подразделениями аппарата;
- повышение уровня систематизации и преемственности данных и различных справочных документов, хранящихся у различных сотрудников;
- экономию площадей и средств на организацию архивов.

Конкретная программа создания и внедрения подобной информационно-вычислительной системы может быть разработана сотрудниками ЦЭМИ АН СССР с участием работников аппарата ЦК КПСС и других специализированных институтов и представлена на рассмотрение в ЦК КПСС.

Академик Н.П. Федоренко

*РГАНИ. Ф. 4. Оп. 20. Д. 588. Л. 190. Машинопись на бланке ЦЭМИ АН. Подпись-автограф чернилами Н.П. Федоренко.*

## № 2.

***Инициативная записка заведующего Отделом науки и учебных заведений ЦК КПСС  
С.П. Трапезникова, первого заместителя заведующего Отделом организационно-партийной  
работы Н.А. Петровичева и управляющего делами ЦК КПСС Г.С. Павлова о создании  
Информационно-вычислительного центра ЦК КПСС***

*27 августа 1969 г.*

### О создании в ЦК КПСС Информационно-вычислительного центра

В нашей стране накоплен определенный опыт создания и использования информационных систем, базирующихся на применении электронной вычислительной техники. Эксплуатация таких систем в ряде ведомств показала их высокую эффективность и обеспечила значительную рационализацию управленческих процессов. Возможности, которыми располагают электронно-вычислительные машины (ЭВМ), позволяют значительно улучшить организацию информационной работы и в партийных органах.

В аппарате ЦК КПСС уже внедрены средства механизации в делопроизводство и учет. Создана машиносчетная станция, которая позволила частично механизировать статистические разработки по кадрам, финансово-бухгалтерскую отчетность и некоторые другие виды работ. Однако качество, а главное оперативность получения информации еще серьезно отстают от современных требований. Сбор и обработка отчетных данных по-прежнему выполняется работниками аппарата вручную. Отчеты, как правило, составляются через квартальные или годовые интервалы и поэтому выводы, основанные на них, не всегда могут быть использованы для принятия своевременных решений.

Таким образом, при непрерывном повышении требований к качеству и оперативности информации, аппаратом ЦК КПСС не используются возможности, которые дает применение современной вычислительной техники для этих целей.

Отделы науки и учебных заведений, организационно-партийной работы, Управление делами ЦК КПСС полагают бы целесообразным для решения задач сбора и обработки информации, хранения данных и поиска документации создать в ЦК КПСС Информационно-вычислительный центр.

Создание упомянутого центра позволит обеспечить:

- получение своевременной и полной информации о качественном составе партийная, советских и хозяйственных кадров;
- проведение анализа причин и выявления тенденций в изменении состава кадров при значительном увеличении числа признаков, характеризующих кадры;
- сбор, хранение, обработку и выдачу информации об изменениях в составе КПСС и росте численности партии;
- организацию и контроль за выполнением постановлений партии и правительства, за ходом подготовки съездов партии, выборов и Верховные Советы СССР и РСФСР и других крупных политических кампаний;
- оперативное получение сводных экономико-статистических данных, отражающих тенденции, темпы и пропорции развития ведущих отраслей народного хозяйства, выявление слабых звеньев в структуре и указание путей их совершенствования;
- определение форм взаимосвязи науки, опытного производства и промышленности и мер по ускорению внедрения научных результатов, обеспечивающих повышение темпов научно-технического прогресса;

- оценку эффективности различных идеологических мероприятий путем составления их моделей с использованием электронно-вычислительной техники;
- анализ современного положения и развития различных зарубежных стран, партий, политических группировок и т.д.;
- получение достаточно достоверных выводов из разнородной и противоречивой международной информации, что может оказаться решающим при оценке той или иной ситуации;
- организацию автоматической информационно-справочной службы, что обеспечит быстрое получение любой справки по кадрам номенклатуры ЦК КПСС и некоторым другим вопросам;
- автоматизацию различных видов бухгалтерской, планово-экономической работы, расчетов по планированию и использованию партийных средств, строительству, контролю за финансовой деятельностью подведомственных организаций.

Наличие в ЦК КПСС Информационно-вычислительного центра, оснащенного современной техникой, позволит значительно повысить темпы и качество обработки разнообразной информации, высвободить ответственных работников аппарата от выполнения простейших операций поиска и контроля.

Создание Информационно-вычислительного центра предполагает в дальнейшем организацию соответствующих ячеек в местных партийных органах, которые будут связаны в единую информационно-вычислительную систему.

Полагали бы возможным разработку предложений о проекте Информационно-вычислительного центра в ЦК КПСС поручить Академии наук СССР (т. Келдышу) и Министерству радиопромышленности СССР (т. Калмыкову).

Проект постановления ЦК КПСС прилагается.

С. Трапезников  
27 августа 1969 г.

Н. Петровичев

Г. Павлов

*РГАНИ. Ф. 4. Оп. 20. Д. 588. Л. 188-189. Машинопись. Подписи-автографы С.П. Трапезникова, Н.А. Петровичева и Г.С. Павлова.*

### № 3.

#### **Протокольное постановление Секретариата ЦК КПСС (Ст87/11с) «О создании Информационно-вычислительного центра ЦК КПСС» (с приложением)**

6 января 1970 г.

СОВЕРШЕННО СЕКРЕТНО

### ПРОТОКОЛ № 87

ЗАСЕДАНИЯ СЕКРЕТАРИАТА ЦК КПСС 6.1.1970 г.

Председательствовал т. Сулов

#### ПРИСУТСТВОВАЛИ:

- |  |   |   |
|--|---|---|
| Секретари ЦК КПСС                                  | – | т.т. Демичев, Капитонов, Катушев, Кириленко, Пономарев, Соломенцев, Устинов   |
| Члены ЦК КПСС                                      | – | т.т. Галаншин, Гришин В., Гришин К., Зверев, Зимянин, Кириллин, Кованов, Костоусов, Лапин, Михайлов, Органов, Пельше, Пейве, Толстиков, Трапезников, Фурцева, Шокин           |
| Кандидаты в члены ЦК КПСС                          | – | т.т. Антонов А., Дементьева, Доенин, Егоров, Карлов, Костандов, Кочемасов, Павлов Г., Пастухов, Псурцев, Романов Н., Сербин, Тарасов Н., Толкунов, Фролов В., Черненко, Шауро |
| Председатель Центральной Ревизионной Комиссии КПСС | – | т. Сизов Г.   |
| Члены Центральной Ревизионной                      | – | т.т. Бушуев, Кабков, Московский, Панюшкин,  |

Комиссии КПСС	Симонов
Зав. отделом ЦК КПСС	– т. Дмитриев
Зам. зав. отделами ЦК КПСС	– т.т. Беляков, Боголюбов, Дмитрюк, Долгин, Лобачев, Мальшаков, Моралев, Петровичев, Разумов, Рахманин, Гуманова, Фролов А., Яковлев, Ястребов

#### 11. О создании Информационного вычислительного центра ЦК КПСС

(т.т. Суслов, Кириленко, Пельше, Демичев, Устинов, Пономарев, Соломенцев, Гришин В., Капитонов, Катушев, Павлов Г.)

1. Признать необходимым создание в ЦК КПСС Информационного вычислительного центра (ИВЦ ЦК КПСС), предназначенного для автоматизированного сбора, обобщения, обработки и анализа информации, хранения данных и поиска документов.

Разработку, монтаж и ввод в эксплуатацию ИВЦ ЦК КПСС поручить Министерству радиопромышленности.

Утвердить головной организацией по созданию ИВЦ ЦК КПСС Научно-исследовательский институт автоматической аппаратуры Министерства радиопромышленности и главным конструктором т. Семенихина В.С.

2. Поручить Министерству радиопромышленности совместно с Министерством связи СССР, Академией наук СССР и Академией наук Украинской ССР в шестимесячный срок разработать аванпроект ИВЦ ЦК КПСС по исходным данным, согласно приложению.

Установить, что создание ИВЦ ЦК КПСС осуществляется в две очереди. Первую очередь ИВЦ ЦК КПСС ввести в эксплуатацию в IV квартале 1971 года.

3. Поручить заведующим отделами ЦК КПСС принять участие в разработке аванпроекта в части выработки требований и задач ИВЦ ЦК КПСС по тематике отделов.

Управлению делами ЦК КПСС (т. Павлову) с участием заведующих отделами ЦК КПСС и привлечением специалистов рассмотреть аванпроект ИВЦ ЦК КПСС, подготовить и внести в ЦК КПСС предложения о порядке и сроках выполнения работ.

4. Поручить Управлению делами ЦК КПСС обеспечить финансирование, выделение помещений и выполнение строительных работ, связанных с созданием ИВЦ ЦК КПСС.

5. Управлению делами ЦК КПСС определить порядок допуска специалистов к работам по проектированию ИВЦ ЦК КПСС и установить режим соблюдения строгой секретности этих работ.

6. Поручить Министерству радиопромышленности представить в ЦК КПСС предложения по обеспечению своевременного выполнения Научно-исследовательским институтом автоматической аппаратуры работ по созданию ИВЦ ЦК КПСС.

*[Приложение к протокольному постановлению С87/11с «О создании информационно-вычислительного центра ЦК КПСС»]*

Секретно

Приложение  
к п. 11, пр. № 87

#### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

на разработку аванпроекта Информационного вычислительного центра ЦК КПСС (ИВЦ ЦК КПСС)

1. ИВЦ ЦК КПСС предназначается для решения следующих основных задач:

- сбора и обобщения статистических и отчетных данных о составе и изменениях рядов КПСС;
- учета и анализа состава руководящих кадров, входящих в номенклатуру ЦК КПСС, ЦК компартий союзных республик, крайкомов и обкомов КПСС;
- учета и анализа данных, характеризующих руководящие кадры зарубежных стран;
- сбора и обобщения по установленным формам информации о ходе подготовки к съездам КПСС, проведения отчетно-выборных кампаний и других политических мероприятий;
- учета и классификации решений ЦК КПСС, ЦК компартий союзных республик, крайкомов и обкомов КПСС, а также выдачи по установленным формам справочных данных по этим решениям;
- учета и классификации информации по отдельным международным вопросам, вопросам международного рабочего и коммунистического движения и выдачи по установленным формам справочных данных по этим материалам и вопросам;
- учета и классификации вопросов, содержащихся в письмах трудящихся, поступающих в ЦК КПСС;

– получения по установленным формам из информационных массивов главных вычислительных центров центральных ведомств СССР данных по вопросам народного хозяйства, науки и техники, а также данных по международным, экономическим, научно-техническим и культурным связям (перечень данных определяется при разработке аванпроекта);

– учета исполнения бюджета партии;

– учета хозяйственной деятельности подразделений и организаций ЦК КПСС.

Состав и содержание отдельных задач, решаемых ИВЦ ЦК КПСС, могут уточняться в ходе разработки аванпроекта.

При разработке аванпроекта должна быть рассмотрена возможность анализа тенденций развития международных отношений, рабочего и коммунистического движения.

2. ИВЦ ЦК КПСС должен иметь автоматизированные связи с ЦК компартий союзных республик, крайкомами, обкомами КПСС, центральными ведомствами СССР и другими организациями, состав которых уточняется на этапе аванпроекта.

3. На первом этапе развертывания ИВЦ ЦК КПСС должен обеспечить решение задач сбора и обобщения статистических и отчетных данных о составе и изменениях рядов КПСС, учета и анализа состава руководящих кадров, входящих в номенклатуру ЦК КПСС, и учета исполнения бюджета партии.

4. При разработке аванпроекта должны быть рассмотрены вопросы обеспечения надежности и секретности передачи, обработки и хранения информации.

5. В аванпроекте должна быть произведена оценка стоимости создания ИВЦ, определена численность обслуживающего персонала и необходимая площадь для размещения аппаратуры ИВЦ и его служб.

6. При разработке аванпроекта должны быть рассмотрены вопросы обеспечения дистанционного запроса и получения отделами ЦК КПСС информационных данных из массивов ИВЦ.

*РГАНИ. Ф. 4. Оп. 19. Д. 376. Л. 5-6. Машинопись. Чистовой вариант протокола (подписной экз.), заверенный секретарем ЦК КПСС М.А. Суловым (подписью-автографом). Там же. Л. 45-46. Машинопись. Чистовой вариант приложения к протокольному постановлению.*

#### ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Публикация подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 23-18-00621.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутейников А.В. На заре компьютерной эры: предыстория разработки проекта Общегосударственной Автоматизированной Системы управления народным хозяйством СССР (ОГАС) // История науки и техники. 2010. № 2. С. 39-54.
2. Кутейников А.В. Проектирование автоматизированной системы управления народным хозяйством СССР в условиях экономической реформы 1965 г. // Экономическая история: ежегодник. 2012. Т. 2011-2012. С. 596-617.
3. Кутейников А.В., Шилов В.В. АСУ для СССР: письмо А. И. Китова Н. С. Хрущеву, 1959 г. // Вопросы истории естествознания и техники. 2011. Т. 32. № 3. С. 45-52.
4. Кутейников А.В., Шилов В.В. Последняя попытка реанимировать проект Общегосударственной автоматизированной системы управления советской экономикой (ОГАС). Письмо А. И. Китова М. С. Горбачеву, 1985 г. // Вопросы истории естествознания и техники. 2013. Т. 34. № 2. С. 100-109.
5. Стрюкова Е.П. Модели автоматизированных систем управления в СССР в 1950-1980-е гг. // Гуманитарные науки в Сибири. 2012. № 4. С. 70-73.
6. Стрюкова Е.П. Развитие концепции автоматизированных систем управления (АСУ) в работах А.И. Китова // Вопросы истории естествознания и техники. 2013. Т. 34. № 2. С. 94-99.
7. Benjamin P. How Not to Network a Nation: The Uneasy History of the Soviet Internet. London, 2016. 298 p.
8. Анатолий Иванович Китов. Под редакцией В.В. Шилова и В.А. Китова. М.: МАКС-Пресс, 2020. 688 с.
9. Китов В.А., Сафронов А.В. Страницы истории Главного вычислительного центра Госплана СССР // Цифровая экономика. 2019. № 1 (5). С. 17-24.
10. Сафронов А.В. Компьютеризация управления плановой экономикой в СССР: проекты ученых и нужды практиков // Социология науки и технологий. 2020. Т. 11. № 3. С. 22-41.
11. Сафронов А.В. Автоматизированная система плановых расчетов Госплана СССР и технологические ограничения внедрения ЭВМ в государственное управление в СССР // Труды SORUCOM-2020. М., 2020. С. 271-281.
12. РГАНИ. Ф. 5. Оп. 67. Д. 957.
13. Секретариат ЦК КПСС. Рабочие записи и протоколы заседаний. 1969 г. М., 2022. 1040 с.

## ИДЕИ АКАДЕМИКА В.М. ГЛУШКОВА И СОВРЕМЕННЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТООБОРОТ

Юрий Евгеньевич Поляк

Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Российская Федерация,  
polak@cemi.rssi.ru

**Аннотация** – 40 лет назад вышла книга «Основы безбумажной информатики». А в августе 2023 года отмечается 100-летие со дня рождения ее автора, выдающегося ученого В.М. Глушкова. В работе приведены цитаты из этой монографии, описано современное развитие описанных в ней идей и прогнозов применительно к различным сферам жизни общества.

**Ключевые слова** – В.М. Глушков, информатизация, безбумажная информатика, электронный документооборот.

### I. ВВЕДЕНИЕ

24 августа 2023 года отмечается 100-летие со дня рождения академика Виктора Михайловича Глушкова, выдающегося математика и кибернетика. Его последняя книга, «Основы безбумажной информатики» [1], увидела свет в 1982 году, через несколько месяцев после смерти автора (в 1987 г. вышло второе издание, рис. 1). В ней описаны идеи и математический аппарат, относящиеся к проблемам информатизации всех сторон жизни и переходу к информационному обществу. Автор пишет: «К началу следующего столетия в технически развитых странах основная масса информации будет храниться в безбумажном виде: в памяти ЭВМ. Тем самым человек, который в начале XXI века не будет уметь пользоваться этой информацией, уподобится человеку начала XX века, который не умел бы ни читать, ни писать. Поэтому уже в самом ближайшем будущем каждому образованному человеку надлежит быть знакомым с основами безбумажной информатики» [1, с. 7].

Этот прогноз, как и многие другие предвидения Глушкова, сбывлся в полной мере.

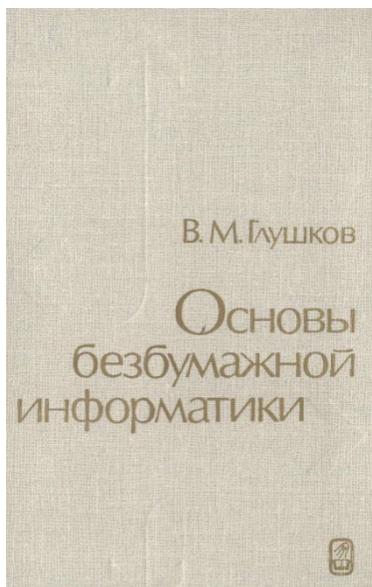


Рис. 1. Книга В.М. Глушкова «Основы безбумажной информатики», 2-е издание (1987 г.)

В начале своей научной деятельности В.М. Глушков был алгебраистом. Его докторская диссертация «Топологические локально нильпотентные группы» (МГУ, 1955) содержала формулировку и доказательство одной из интерпретаций пятой проблемы Гильберта [2]. Но затем его жизнь резко изменилась. С августа 1956 года он жил и работал в Киеве, где руководил лабораторией вычислительной техники, переросшей в 1957 г. в ВЦ АН УССР, а в 1962 г. – в Институт кибернетики АН УССР. Сейчас этот институт носит имя Глушкова. К тому времени ученый познакомился с книгой А.И. Китова «Электронные цифровые машины» и в дальнейшем сам внес огромный вклад в теорию и практику проектирования ЭВМ. Под его руководством созданы ЭВМ «Днепр» и «МИР». Он также разработал проект ОГАС – общегосударственной автоматизированной системы сбора и обработки информации для

учета, планирования и управления народным хозяйством, которую можно назвать предтечей современного интернета. Подробнее о жизни и творчестве В.М. Глушкова см. [3-6].

## II. КНИГА, ОПЕРЕДИВШАЯ ВРЕМЯ

Книга «Основы безбумажной информатики» подвела итог многолетней работы ученого. Академик В.С. Михалевич, унаследовавший от Глушкова пост директора Института кибернетики, назвал эту монографию «лебединой песней Виктора Михайловича». Далее он писал о том, что автор «рисует открывающуюся заманчивую перспективу органического вхождения в нашу жизнь машинной безбумажной информатики. Этот поистине революционный в научно-техническом смысле этап сравним с появлением письменности и книгопечатания. Речь, по существу, идет о новейшей глобальной технологии организации всей интеллектуальной деятельности человеческого общества. Только настоящему энциклопедисту-кибернетику под силу было обозреть столь широкий фронт исследований, практических достижений, обрисовать на этой основе общую цель для самых разных специалистов: математиков, физиков, инженеров, экономистов, биологов, медиков. Книга будет очень полезна всем, кто так или иначе использует достижения новых научных направлений кибернетической науки, кто работает над коренным изменением информационного обеспечения процессов обучения, обслуживания, проектирования, управления и руководства»<sup>1</sup>.

Тогда, несомненно, так и было. Но при перечитывании книги спустя несколько десятилетий возникают необычные ощущения. Естественно, многие конкретные детали, особенно в том, что касается отдельных устройств и технологий, потеряли актуальность. С другой стороны, основные идеи не устарели, и вызывают восхищение визионерские таланты автора. И не покидает чувство легкой ностальгии при воспоминаниях о каких-нибудь устройствах ввода информации или сопряжении с экспериментальной аппаратурой.

В книге описаны идеи и математический аппарат для информатизации всех сторон жизни и перехода к информационному обществу. Автор пишет: «К началу следующего столетия в технически развитых странах основная масса информации будет храниться в безбумажном виде: в памяти ЭВМ. Тем самым человек, который в начале XXI века не будет уметь пользоваться этой информацией, уподобится человеку начала XX века, который не умел бы ни читать, ни писать. Поэтому уже в самом ближайшем будущем каждому образованному человеку надлежит быть знакомым с основами безбумажной информатики» [1, с. 7].

К 1970-м годам экономика СССР столкнулась с проблемой обработки колоссального объема информации для планирования и принятия управленческих решений. Чтобы узнать результат действий правительства в экономике, нужно было ждать 9 месяцев – такой был средний срок получения показателей и обработки их бюрократическими инстанциями<sup>2</sup>.

Эта ситуация беспокоила серьезных ученых. Так, «академик Глушков предположил, что к 1980 году без автоматизации все взрослое население СССР было бы занято планированием и управлением. На вопрос, придерживается ли он по-прежнему этого решения, он сказал, что пойдет еще дальше: чтобы должным образом решить все проблемы управления всей национальной экономикой на каждом уровне без автоматизации, нужно 10 миллиардов человек. Автоматизация является весьма актуальной задачей из-за темпов технологического роста. По мнению академика Глушкова, советский взгляд на кибернетику охватывает не только управление, но и любой вид преобразования данных». И далее: «Учитывая способность компьютера генерировать бумагу, перспектива обширной компьютерной сети, привитой к жесткой централизованной системе – с распухшими потоками бумаги, текущими в Москву для анализа и принятия решений, – кошмарна» [7].

Вернемся к монографии. «Увеличение мощности управленческого аппарата возможно лишь на основе непрерывного повышения производительности труда всех занятых в управлении людей. Такого повышения нельзя достичь в рамках традиционной (бумажной) технологии, когда все информационные потоки замыкаются, в конечном счете, через людей. Необходима комплексная автоматизация управленческого труда, при которой все большая часть информационных потоков замыкается вне человека. В этом и состоит сущность безбумажной технологии. Следует особо подчеркнуть, что она никоим образом не устраняет человека из системы управления, а лишь передвигает его усилия от рутинной работы в более творческие области. В конечном счете, обязанности человека в системе

<sup>1</sup> <https://archive.org/details/B-001-033-196-ALL/page/40/mode/2up>

<sup>2</sup> <https://integral-russia.ru/2020/08/14/istoriya-pervogo-v-mire-proekta-avtomatizatsii-narodnogo-hozyajstva-strany-opyt-sssr/>

управления сведутся к постановке задач, выбору окончательных вариантов управленческих решений (приданию им юридической силы) и к неформализуемой работе с людьми» [1, с. 12].

### III. ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТООБОРОТ, ПЕРВЫЕ ШАГИ

Говоря о безбумажной технологии, В.М. Глушков прежде всего имел в виду электронный документооборот (ЭДО) – единый механизм по работе с документами, представленными в электронном виде, с реализацией концепции «безбумажного делопроизводства». Это современная удобная альтернатива обычным бумажным документам, которые используются для любого вида бизнес-деятельности.

Основные задачи, которые решают системы электронного документооборота:

- автоматизация процессов коллективной работы с документами,
- повышение эффективности бизнес-процессов, сокращение времени движения и исполнения документов,
- сокращение расходов на управление бумажной документацией,
- эффективная система поиска документов,
- контроль исполнительской дисциплины,
- формализация деятельности каждого сотрудника, возможность идентифицировать ответственного за исполнение документа [8].

В России сегмент систем электронного документооборота (СЭД) начал формироваться в 1995 году, когда стали заметными первые тиражные системы, ориентированные на делопроизводство. Примерами таких систем стали «Евфрат» и «Дело»<sup>3</sup>. Однако отдельные решения, ориентированные на делопроизводство внутри крупных компаний, появились еще в начале 80-х. При росте объемов документооборота согласование документов занимало недели и даже месяцы. Возможно, впервые автоматизация делопроизводства была реализована для секретариата и политбюро КПСС, см. воспоминания В.Э. Баласаняна<sup>4</sup>, который сейчас работает над новыми версиями СЭД Дело в созданной им компании ЭОС (электронные офисные системы). Затем появились персональные компьютеры и интернет, началось бурное развитие СЭД, при этом нормативная база отставала от этого развития. Только в 2009 г. появилось правительственное постановление № 754 от 22.09.2009, утвердившее «Положение о системе межведомственного электронного документооборота». В нем МЭДО определяется как защищенная технологическая система, обеспечивающая взаимодействие федеральных информационных систем электронного документооборота.

### IV. ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТООБОРОТ СЕГОДНЯ

Число СЭД продолжает расти. Сейчас «самый полный список», по утверждению составителей, включает 50 российских СЭД<sup>5</sup>. Регулярно проводятся сравнения систем электронного документооборота по различным критериям, составляются рейтинги. Назовем несколько таких материалов: Лучшие СЭД-системы 2023 года<sup>6</sup>; Рейтинг СЭД 2023 от компании Snews<sup>7</sup>; 10 лучших систем электронного документооборота для бизнеса в России<sup>8</sup>. Во всех трех списках присутствуют системы 1С:Документооборот, Directum, ELMA, Тезис; дважды упоминаются Comindware, DocsVision, TESSA, Дело, Первая Форма.

Пандемия и переход на дистанционный режим работы ускорили развитие российских систем электронного документооборота, спрос на них растет. В 2020 году динамика российского рынка СЭД оценивалась в 10%, в 2021 – уже в 15-20%<sup>9</sup>. Цифровизация бизнеса и импортозамещение стимулируют внедрение российских систем документооборота.

С 2022 г. создается ГИС ГосЭДО – информационная система внутриведомственного и межведомственного документооборота. ГосЭДО повысит скорость и качество оказания государственных и муниципальных услуг для граждан и бизнеса, ускорит снятие барьеров в цифровизации государственного электронного документооборота<sup>10</sup>. ГосЭДО направлен на создание юридически

<sup>3</sup> <https://iecp.ru/articles/item/400276>

<sup>4</sup> <https://www.kommersant.ru/doc/127612>

<sup>5</sup> <https://software-expert.ru/2019/01/14/office-administration>

<sup>6</sup> <https://top10-sed.ru>

<sup>7</sup> [https://www.cnews.ru/reviews/edms2023/review\\_table/2d7c4df2456a884f411e7c8fd97596b98fd4332e](https://www.cnews.ru/reviews/edms2023/review_table/2d7c4df2456a884f411e7c8fd97596b98fd4332e)

<sup>8</sup> <https://neiros.ru/blog/business/sed-10-luchshikh-sistem-elektronno-go-dokument-oborota-dlya-biznesa-v-rossii>

<sup>9</sup> <https://ict2go.ru/events/38511>

<sup>10</sup> <https://digital.gov.ru/ru/events/41471>

значимых документов в сфере госуправления, эти документы могут обрабатываться автоматически и использоваться для поддержки принятия решений.

Частью единого информационного пространства станет система «Типовое облачное решение системы электронного документооборота» ГИС TOP СЭД. Подключение к системе будет бесплатным и добровольным. Это типовое, унифицированное решение для всех, у кого не хватает своих ресурсов для создания собственной системы. В условиях обязательного импортозамещения и всеобщей цифровизации создание подобного решения весьма актуально. Кроме того, применение облаков упрощает администрирование и дальнейшее развитие инфраструктуры<sup>11</sup>. Как сообщает сайт ГосЭДО, более 75 ОИВ внедряют типовое решение; к ГИС TOP СЭД подключены более 5000 органов местного самоуправления<sup>12</sup>.

## V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

40 лет назад академик Глушков писал в своей последней монографии: «...недалек тот день, когда исчезнут обычные книги, газеты и журналы. Взамен каждый человек будет носить с собой «электронный блокнот», представляющий собой комбинацию плоского дисплея с миниатюрным радиоприемопередатчиком. Набирая на клавиатуре этого «блокнота» нужный код, можно, находясь в любом месте на нашей планете, вызвать из гигантских компьютерных баз данных, связанных в сети, любые тексты, изображения (в том числе и динамические), которые и заменят не только современные книги, журналы и газеты, но и современные телевизоры» [1, с. 539]. Тогда этот прогноз казался смелой фантастикой, сейчас любой школьник воспринимает мобильный интернет как нечто вполне естественное и необходимое; при этом в обиходе остаются и телевизоры, и печатные издания. Точно так же электронный документооборот не отменяет бумажные документы. Будем надеяться, что переход к полноценному электронному государству потребует меньшего времени, чем появление «электронных блокнотов», о которых мечтал В.М. Глушков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. Изд. 2-е, испр. М.: Наука, Глав. ред. физ.-мат. лит-ры, 1987. 552 с.
2. Глушков В.М. Структура локально бикомпактных групп и пятая проблема Гильберта // УМН. 1957. Т. 12. № 2 (74). С. 3-41.
3. Малиновский Б.Н. История вычислительной техники в лицах. К.: ПТОО «А.С.К.», 1995. 384 с.
4. Глушкова В.В. У отца был кибернетический подход к истории [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/dataart/articles/513214/>
5. Китова О.В., Китов В.А. История создания методов и автоматизированных систем поддержки государственного управления // Развитие вычислительной техники в России, странах бывшего СССР и СЭВ: история и перспективы: Труды Пятой международной конференции, Москва, 06-07 октября 2020 года. М., 2020. С. 161-166.
6. Китова О.В., Китов В.А., Неделькин А.А. Пионер информатики и кибернетики, идеолог цифрового государства академик Виктор Михайлович Глушков: К 100-летию со дня рождения. М.: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2023. 32 с.
7. Lieberman H.R. Soviet Devising a Computer Net for State Planning // The New York Times. 1973. December 13. P. 12.
8. Поляк Ю.Е. От безбумажной информатики – к электронному государству // Информационные ресурсы России. 2010. № 2 (114). С. 13-25.

<sup>11</sup> <https://www.comnews.ru/content/219511/2022-03-30/2022-w13/gosedo-svedet-gosudarstvennyy-dokumentooobrot-voedino>

<sup>12</sup> <https://gosedo.ru/сервисы-госэдо/>

## ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СИСТЕМ ДИСКРЕТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ АППАРАТУРЫ

Аркадий Константинович Поляков<sup>1</sup>, Игорь Иванович Ладыгин<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>НИУ «МЭИ», Москва, Российская Федерация, [Poliakovak@rambler.ru](mailto:Poliakovak@rambler.ru)  
<sup>2</sup>НИУ «МЭИ», Москва, Российская Федерация, [Ladyginii@mail.ru](mailto:Ladyginii@mail.ru)

**Аннотация** – Рассматривается история развития отечественных систем дискретного моделирования цифровой аппаратуры и ЭВМ. От начального, исследовательского этапа с кодированием описаний моделей в машинных кодах, до систем моделирования на базе стандартных языков описания аппаратуры типа VHDL, VERILOG и SystemVerilog.

**Ключевые слова** – отечественные системы моделирования ЭВМ, языки моделирования аппаратуры.

### I. ВВЕДЕНИЕ

Под системами дискретного моделирования цифровой аппаратуры в статье подразумеваются системы программирования, реализующие языки описания и дискретного моделирования цифровой аппаратуры (ЦА). Они являются важной частью систем автоматизации проектирования (САПР) электронной аппаратуры и больших интегральных схем (БИС), обеспечивая процесс анализа проектных решений.

Проектирование ЦА можно представить последовательностью ряда этапов.

1. Системный (структурный), на котором рассматриваются варианты структуры проектируемой системы, состав устройств и их функции. Моделируемая система представляется как система массового обслуживания.

2. Функционально-алгоритмический, на котором определяется алгоритм функционирования выбранного варианта системы и его структура с точностью до функциональных узлов-регистров и памяти. Моделируемая система представляется на уровне регистров и межрегистровых передач информации (RTL, Register Transfer Level).

3. Логический, на котором разрабатываются и проверяются логические схемы проектируемой системы.

4. Конструкторский, на котором реализуется размещение схемы по конструктивам, трассировка связей элементов, выпуск документации на производство.

Основное внимание в статье уделено отечественным системам моделирования, доведенным до стадии практической реализации и использовавшимся на этапах 2 и 3.

Историю развития систем дискретного моделирования цифровой аппаратуры можно разбить на несколько этапов.

1. Анализ методов организации моделирующих программ, способов кодирования описаний моделей в машинных кодах. Начальный, исследовательский этап (1956-1962 гг.).

2. Создание первых отечественных языков и систем моделирования (1963-1969 гг.).

3. Развитие пакетных и диалоговых систем моделирования (1970-1990 гг.).

4. Создание систем моделирования на первых ПЭВМ (1990-2000 гг.).

5. Современные разработки на базе стандартных языков описания аппаратуры (HDL) VHDL и VERILOG.

### II. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИИ МОДЕЛИРУЮЩИХ ПРОГРАММ, СПОСОБОВ КОДИРОВАНИЯ ОПИСАНИЙ МОДЕЛЕЙ В МАШИННЫХ КОДАХ

В конце 50-х годов прошлого столетия был получен ряд результатов, позволявших создавать САПР цифровых автоматов и вычислительных машин. Работы по автоматизации проектирования вычислительных машин были направлены, во-первых, на проектирование функциональных и логических схем, во-вторых, на конструирование печатных плат и оформление конструкторской документации.

История САПР вычислительных машин в нашей стране тесно связана с такими организациями как ИТМиВТ, ИНЭУМ, НИИ автоматической аппаратуры (НИИАА), НИИ микроэлектроники (НИИМЭ), ЦКБ «Алмаз», ведущими инженерными вузами (МЭИ, МВТУ, ЛЭТИ и др.). Создатели первых отечественных ЭВМ в 50-60-е годы прошлого столетия естественно стали одними из первых разработчиков средств автоматизации проектирования и моделирования цифровых систем и ЭВМ в том числе.

Анатолий Иванович Китов, например, отмечал, что при создании его коллективом ламповой ЭВМ М-100 для отладки программного обеспечения они использовали ЭВМ «Стрела» и программу, моделирующую машину М-100 на уровне команд. Для оценки вариантов структуры ЭВМ академик С.А. Лебедев в 1960 г. предложил А.Н. Томилину разработать модель крупноблочной структуры ЭВМ [1]. Однако следует отметить, что при создании этих моделей еще не использовались средства автоматизации их разработки. Первые отечественные исследовательские средства автоматизации моделирования базировались на кодировании информации в машинном (восьмеричном коде).

Одной из первых систем, пригодных для использования на этапе системного проектирования ЭВМ была система М-1, реализованная в МЭИ Г.М. Кольнером в 1962 г. на машине М-20. Идеология системы М-1 базировалась на идеологии языка GPSS, созданного Дж. Гордоном в США [2]. Пользователю предлагался набор блоков-аналогов блоков GPSS (seize, release, advance и т.п.). Вся информация о блоке и схеме их связей – тип блока, номер блока, номер блока-последователя и т.п. кодировались в восьмеричном коде. Сообщения (транзакты) передвигались по структуре моделируемой системы, представленной схемой из блоков и обслуживались в них. Соответственно, каждое сообщение отображалось в моделирующей программе стандартной структурой данных, т.е. имело свой номер, номер блока в котором оно находится и номер блока-последователя, время начала очередного этапа обслуживания, приоритет и несколько других параметров. Программа моделирования по событиям в списке сообщений находила сообщение с ближайшим временем события, текущее модельное время становилось равным этому значению. По номеру блока-последователя данного блока программа выходила на его тип и по типу – на функцию блока, выполняла эту функцию и меняла в сообщении время его будущего продвижения и номер блока в котором оно находится. С помощью системы М1 исследовались варианты организации структур машин с высоким уровнем параллелизма. Развитие этого направления работ вылилось в последующем в создание отечественных языков и систем моделирования дискретных систем: СЭНГ (Л.А. Калинин, 1969 г.), АЛСИМ (Литвинов, 1973 г.), НЕДИС (В.В. Гусев, 1975 г.), СКИФ, МПЛ/1, СТРУМ, КИМДС и др. Но анализ этого направления не является предметом рассмотрения данной статьи.

Такого же исследовательского типа были разработанные в МЭИ на базе публикаций Т.А. Connly [3] на машине М-50 программы моделирования логических схем, описания которых кодировались в восьмеричном коде и набивались на перфокартах. Программа интерпретирующего типа реализовала алгоритм моделирования по событиям (В. Фальк и И. Катарова). Программа компилирующего типа реализовала алгоритм моделирования по интервалам времени (А. Поляков и С. Петровский).

### III. СОЗДАНИЕ ПЕРВЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЯЗЫКОВ И СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Упомянутая ранее модель крупноблочной структуры ЭВМ [1] в 1964-1966 гг. была усовершенствована сотрудниками ИТМ и ВТ Б.А. Бабаяном, Е.А. Кривошеевым и А.М. Степановым и использовалась С.А. Лебедевым наряду с моделью, отражавшей только временные соотношения, при выборе структуры ЭВМ БЭСМ-6.

Первой широко известной публикацией по отечественным языкам и системам моделирования ЦА был вышедший в 1968 г. сборник статей под редакцией Н.Я. Матюхина [4]. В сборнике были представлены: язык функционально-логического (регистрового, RTL) уровня моделирования МОДИС (Н.Я. Матюхин, А.М. Енгальчев, Е.И. Гурвич и др.), логического уровня МОЛК (Е.И. Гурвич, Т.П. Куликовская и др.) и ЛМ (В.Н. Лошаков и Г.Г. Былова). На созданной под руководством Н.Я. Матюхина первой в СССР системе автоматического проектирования (АСП-1), в которую входил МОДИС, в 1968-1969 гг. было проведено комплексное проектирование ЭВМ третьего поколения. Кроме того, в 1968 г. вышел сборник докладов межвузовской конференции по моделированию [5, 6], где рассматривался универсальный язык и система моделирования ЭВМ Автокод М (А.К. Поляков, М. Кава, Г. Кацаров и др.). Система Автокод М использовалась при проектировании ЭВМ М4000 в ИНЭУМ [7] и в других организациях, а также в ряде отечественных и зарубежных ВУЗов. В учебном пособии А.Г. Шигина [8] этот язык использовался для функционального описания схем. В середине 60-х годов на кафедре вычислительной техники МЭИ Н.Я. Матюхиным и А.Г. Шигиным был организован один из первых в стране научный семинар по автоматизации проектирования ЦВМ, на который с докладами приезжали ведущие ученые в этой области из Ленинграда, Киева, Минска и других городов СССР. За работы в области автоматизации проектирования ЦВМ, которые выставлялись в качестве экспонатов на выставке ВДНХ, сотрудники кафедры ВТ МЭИ были удостоены медалей.

Первые отечественные языки описания аппаратуры на уровне регистровых передач (RTL) строились как расширения Алгол-60 за счет введения в язык операций над двоичными переменными и их полями, введения концепции модельного времени и (в Автокоде М) параллелизма процессов. Язык МОДИС был реализован на ЭВМ М-220, Автокод М – на ЭВМ Минск-22. Описание устройства на МОДИС состояло

из описаний регистров, представленных как автоматы Мура. Новое состояние автомата  $S_{t+1}$  является функцией старого состояния  $S_t$  и входных сигналов  $X$ . Выходной сигнал  $Y$  является функцией старого состояния автомата.

$$S_{t+1} = \Phi(X, S_t) \quad Y = f(S_t)$$

В моделирующей программе выделяется как минимум два массива ячеек памяти под хранение старых и новых значений состояния памяти автоматов. И только после того, как моделирующей программой определяются новые состояния всех автоматов, происходит увеличение модельного времени на 1 и замена старых состояний новыми (метод моделирования по интервалам времени). В МОДИС для проверки неизменности новых состояний при втором просчете выделялось не два, а три массива памяти.

В качестве примера ниже в таблице 1 приводится описание накапливающего 16-ти разрядного сумматора РГСМ (RGSM) с входом  $A$  и управляющими сигналами: тактовым  $C$  (C), асинхронного сброса СБР (R), сложения СЛ (ADD) и вычитания ВЫЧ (SUB) на языках моделирования МОДИС и Автокод М и для сравнения – на современных HDL VHDL и Verilog. В обоих отечественных языках применяется кириллица для обозначения ключевых слов (в тексте примеров они выделены жирным шрифтом).

Таблица 1  
Примеры функциональных описаний накапливающего сумматора

Язык описания	Пример	Примечания
Модис	<pre>РГСМ[1:16]:= <b>если</b> ( ( СЛ +ВЫЧ)&gt;1) <b>то</b> ? <b>иначе если</b> (СБР) <b>то</b> (0) <b>иначе если</b> (С * СЛ) <b>то</b> (РГСМ[1:16]+ А[1:15]) <b>иначе если</b> (С * ВЫЧ) <b>то</b> (РГСМ[1:16]- А[1:15]) <b>иначе</b> (РГСМ[1:16]);</pre>	<p>При одновременном поступлении сигналов сложения и вычитания (СЛ+ВЫЧ)&gt;1 происходит останов моделирования</p>
Автокод М	<pre><b>память двоичный</b> РГСМ[16]; <b>двоичный</b> А[15]:<b>двоичный</b> С,СЛ,ВЫЧ,СБР; -- после раздела объявлений идут операторы описания схемы РГСМ := <b>если</b> СБР=1 <b>то</b> 0 <b>иначе если</b> С ^ СЛ <b>то</b> РГСМ+А <b>иначе если</b> С ^ ВЫЧ <b>то</b> РГСМ-А <b>иначе</b> РГСМ;</pre>	<p>Описатель вида память указывает на выделение двух ячеек под переменную. РГСМ. Смена значений происходит только после вычисления всех новых значений переменных вида память, т.е. в конце такта модельного времени</p>
VHDL	<pre>library IEEE;use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL; use IEEE.numeric_std.all;  Signal RGSM: unsigned(1 to 16); signal A: unsigned(1 to 15) ; Signal R, C,ADD,SUB,C: std_logic ; ----- process ( C,R) begin if R='1' then RGSM&lt;= (others=&gt;'0'); elsif C'event and C='1' then if ADD='1' then RGSM&lt;= RGSM+A ; else if SUB ='1' then RGSM&lt;=RGSM-A ; end if; end if; end if; end process;</pre>	<p>Сброс RGSM асинхронный, а операции сложения и вычитания происходят по фронту синхросигнала С. Для контроля запрещенных комбинаций входных сигналов можно добавить оператор assert. Assert (ADD and SUB)='0' report "RGSM ERROR" severity Failure;</p>
VERILOG	<pre>reg [1:16] RGSM; wire [1:15]A; wire C,R,ADD,SUB; //////////////////////////////////// always @(posedge C or posedge R) begin if (R) RGSM&lt;=0; else if (ADD) RGSM&lt;= RGSM+A; else if (SUB) RGSM&lt;= RGSM-A; end</pre>	<p>Пришлось описать накапливающий сумматор RGSM оператором процесса с условным оператором</p>

В МОДИС оператор присваивания (:=) присваивает переменной в левой части значение условного выражения в его правой части не сразу, а в конце такта модельного времени. В явном виде задержки элементов и сигналов не учитываются.

В Автокоде М организацию поинтервального моделирования пользователю приходится создавать самому, представляя модель как процесс с разделами, помеченными метками типа ВВОД, СХЕМА и т.д. В конце раздела СХЕМА приходится использовать системный оператор ТАКТ, меняющий старые состояния автоматов (переменных вида ПАМЯТЬ) на новые. После его выполнения можно увеличивать значение времени на 1 и передавать управление на метку ВВОД, где задаются новые значения входных сигналов схемы...

Язык Автокод М отличался от МОДИС в первую очередь введением концепции параллельных процессов, операторов задержки и ожидания и их сокращенных форм. Ниже перечислены ключевые слова операторов и их VHDL аналоги. Оператор **параллельно** содержит список меток операторов, с которых начиналось описание соответствующих процессов, оператор **финиш (wait)** завершает процесс. Оператор **задержка (wait for)** приостанавливает процесс на указанное в нем значение задержки, оператор **ждать (wait until)** приостанавливает процесс до выполнения соответствующего условия. Как пример фрагмента модели, похожей на ту, что была упомянута нами ранее и использовалась С.А. Лебедевым для оценки вариантов структуры ЭВМ БЭСМ-6, в таблице 2 приводятся примеры описаний процесса чтения из ПЗУ (задержка 100 нс).

Таблица 2  
Примеры функциональных описаний процесса чтения из ПЗУ

Язык	Пример описания процесса чтения из ПЗУ	Примечания
Авто код М	двоичный массив ПЗУ[4096,37]; двоичный РА[12],РЧ[37],ЧТ; ----- параллельно ЧтениеПзу, Продолжить; ----- ЧтениеПзу:ждать( ЧТ=1);задержка 100; РЧ:=ПЗУ[РА]; финиш;	. строка символов ---- для наглядности разделяет части примера. сам процесс чтения из ПЗУ порождается оператором <b>параллельно</b> и прекращается оператором <b>финиш</b>
VHDL	Process (RD) begin if RD='1' then wait for 100 ns; PH<=PZU(PA);end if; end process;	Предполагается, что РА типа целый, PZU-массив
VERI LOG	always @(posedge RD) begin #100; PH<=PZU[PA];end	reg[1:37]PH; reg [1:37]PZU[1:4096];

Первые отечественные языки и системы моделирования на уровне регистров (RTL модели) в целом соответствовали уровню соответствующих зарубежных систем, но конечно, с современной точки зрения имели много недостатков. Не было независимо компилируемых модулей, средств структурного описания моделируемых систем. Используемый двоичный алфавит моделирования не позволял просто описывать тристабильные буфера и неопределенные состояния сигналов. Максимальная разрядность двоичных переменных не превышала разрядности инструментальных ЭВМ, которые использовались в монопольном режиме и т.д.

Кроме языков RTL уровня в сборнике [4] были представлены две системы логического уровня моделирования. В системе МОЛК схема описывалась в форме списка цепей (довольно непривычный для моделирования способ) – проводников, связывающих входы элементов с выходами. Сопоставление выходных сигналов с типами генерирующих их элементов описывалось в отдельном списке. Элементы схемы идентифицировались номерами. Так же у каждого типа элементов пронумеровывались их входы и выходы. Например, запись ВХ01[8]:=ВЫХИН[9]; ВХ00[8]:=ВЫХПР[12]; описывала цепи сигналов, поступающих на единичный и нулевой входы триггера номер 8. Отдельно указывалось соответствие номеров элементов их типам: например триггер ТГ [8], клапан 2И-И2ПР [12] и т.д. Сами модели элементов описывались на машинном языке и включались в систему разработчиками МОЛК. В системе имелся режим анализа полноты тестов методом имитации одиночных константных неисправностей.

В системе логического моделирования ЛМ схемы представлялись на языке булевских уравнений. Например, описание RS-триггера А1 с входным сигналом P10, поступающим на вход установки S и сигналом E22, поступающим на вход сброса R, выглядит так:  $A1 = P10 \cdot E22 + (P10 + E22) \cdot A1$ ; на VHDL это можно представить следующим образом:  $A1 \leq P10 \text{ and not } E22 \text{ or } ( \text{not } P10 \text{ or not } E22 ) \text{ and } A1$ ; на VERILOG соответственно  $assign A1 = (P10 \& \sim E22) | ( (\sim P10 | \sim E22) \& A1 )$ .

В обеих системах логического моделирования использовался интервальный метод моделирования схем в двоичном алфавите без явного учета задержек сигналов. Для ускорения применялось предварительное автоматическое ранжирование описаний. Повышение компактности описаний достигалось за счет возможности сокращенной формы записи повторяющихся фрагментов схем. Однако нельзя не отметить те же недостатки, что были отмечены ранее в языках функционального уровня: примитивность форм описания, двоичный алфавит моделирования и т.д. Большой вклад в работы по автоматизации логического моделирования ЭВМ, синтеза и анализа тестов внес коллектив ИНЭУМ под руководством Д.М. Гробмана [9]. Всего, начиная с 1959 г., было создано пять систем моделирования, синтеза и анализа тестов с использованием ЭВМ М-2, БЭСМ-4, М-4030 (с адаптацией программ для ЕС-ЭВМ). Наиболее совершенной была последняя система, разработанная в начале 80-х годов. Она была рассчитана на моделирование, анализ и синтез тестов цифровых схем, у которых общее количество выходных контактов ИС достигало 30000. Разработанные в ИНЭУМ автоматизированные системы моделирования синтеза и анализа тестов использовались в институте при отладке блоков элементов ЭВМ М-5, ЭВМ серии АСВТ-М, различных моделей СМ-ЭВМ. Кроме ИНЭУМ данные системы применялись в НПО «Агат», НИИСчетмаш и других организациях.

#### IV. РАЗВИТИЕ ПАКЕТНЫХ И ДИАЛОГОВЫХ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Следующее поколение отечественных систем моделирования аппаратуры реализовалось на ЭВМ с операционными системами, обеспечивающими сначала пакетный режим, а потом и диалоговый режим работы пользователя. Что касается функционально-логического уровня моделирования, то типичным представителем этого класса языков был АЛГОРИТМ-80 в САПР ТАИС, реализованный в начале 80-х годов А.А. Летичевским и применявшимся при моделировании проекта макроконвейерной ЭВМ В.М. Глушкова. К сожалению, авторам статьи не удалось найти описания этого языка. Известны попытки создания нескольких отечественных языков и систем моделирования регистрового уровня на ЕС ЭВМ.

Среди практически реализованных следует отметить язык OCC-2 [10] О.Н. Юрина, позиционировавшийся как многоуровневый язык описания с возможностью построения как алгоритмических (RTL), так и схемных описаний. На RTL уровне описание строилось из модулей. В составе модуля располагалась последовательность сложных операторов. Внутри сложного оператора находились простые операторы типа оператора присваивания. Они выполнялись параллельно, каждый со своими задержками. Следующий составной оператор мог выполняться только после завершения всех простых операторов (скобочная форма параллелизма, аналог пары fork-joint в VERILOG). Схемное описание строилось как система логических уравнений (как в языке ЛМ [4], рассмотренном ранее). Так как язык OCC-2 не базировался на известные языки программирования (в рассмотренных ранее системах первого поколения это был Алгол-60), он был сложен в освоении. Что касается языка ФОРЭС [11], предложенного И.Я. Ландау и метода моделирования ЦВМ с переменной детализацией ее блоков Г.К. Григаса [12], то авторам статьи неизвестны сведения о их реализации и применении. Начинаясь работы по RTL уровню языка MPL/1, строившегося как программно-ориентированное расширение языка программирования PL/1 и языку МОДИС-ВЕС, являвшегося развитием языка МОДИС с введением средств учета задержек сигналов и многозначного алфавита моделирования. Но они не были доведены до стадии конечной реализации. Это можно объяснить не только местными интересами различных министерств и организаций («даже если ваша система будет лучше нашей, мы все равно будем использовать нашу»), но и недостатком наработок в области логического синтеза на базе RTL описаний. В этом смысле появление в США в середине 80-х годов общего стандарта – языков описания аппаратуры VHDL и VERILOG у нас в стране в то время осталось как бы незамеченным, а в 90-е годы «смутного времени» было не до них. Можно лишь отметить созданную по инициативе Ю.А. Татарникова [17] Российскую ассоциацию пользователей языка VHDL и программу VHDL-анализатор, разработанную В.А. Пеженковым.

Более успешными были работы в области логического уровня описания и моделирования схем, т.к. они кооперировались с конструкторским уровнем проектирования за счет использования одного и того же описания для двух задач. Количество отечественных САПР этого уровня исчислялось десятками. Из них можно выделить ЕСАП разработки НИИЦЭВТ, САПРы БИС: ТОПАЗ, КОМПАС-82, ПРАМ-2, РАПИРА-2, КОНДИЦИЯ, ФЛП-3000 и др.

Типичным представителем этого поколения языков логического уровня описаний аппаратуры можно считать язык диалоговой системы моделирования ПУЛЬС [13-15], реализованной в начале 1980-х годов Г.Л. Лакшиным и коллегами в ИТМиВТ на ЭВМ БЭСМ-6. Система ПУЛЬС входила в состав САПР КОМПАС-82 и использовалась как в ИТМ и ВТ при проектировании ЭВМ серии «Эльбрус» и специальных ЭВМ, так и в других организациях. В ПУЛЬС реализовано трехзначное представление

значений сигналов (0, 1, X – неопределенность) с учетом номинальных задержек базовых элементов. Использовался метод моделирования по событиям. Отличительной особенностью этой системы был многопользовательский диалоговый режим с интерактивной работой пользователей на алфавитно-цифровых дисплеях, мощная база данных, сопряжение с системой автоматизации конструкторского этапа проектирования, наличие режима анализа полноты тестов методом имитации одиночных константных неисправностей. Система моделирования ПУЛЬС имела как бы два языка пользователя: язык описания схем – это обычный способ кодирования связей элементов проектируемого объекта и язык описания моделей элементов (объектов низшего уровня). Основными особенностями языка являются использование индексации, обеспечивающей компактность описаний и единообразное описание объектов различных уровней иерархии. Описание каждого объекта состоит из заголовка и схемы (описание базового элемента – только из заголовка). В заголовке определяются входные и выходные сигналы объекта и форма обращения к нему. В описании схемы перечисляются объекты и базовые элементы (в соответствии с их заголовками), из которых состоит описываемый объект. Такая запись аналогична обращению к процедурам в языках программирования, поэтому в дальнейшем при описании объекта будет применяться термин «обращение». При обращении к объекту указываются имена реальных сигналов, подаваемых на данную схему, согласование сигналов схемы осуществляется по именам. В архиве описаний элементов было более 500 компонентов, включая БИС и микропроцессоры.

Более поздним типичным представителем логического уровня моделирования можно считать язык моделирования ОЦИС-РП, реализованный в конце 80-х годов в САПР БИС ФЛП-3000 [16]. В системе использовалось как трехзначное (0, 1, X) так и пятизначное представление уровня сигналов (0, 1, X, (переключение из 0 в 1)/(из 1 в 0)), возможность как алгоритмического, так и структурного способа описаний элементов – функциональных узлов, из которых строится описание схемы. Последние версии Зеленоградских систем моделирования использовали 9-тизначный алфавит.

В качестве примера в таблице 3 представлены описания комбинационного узла (схема рис. 1), реализующего функцию 2И2ИЛИ(AND2OR2) на ПУЛЬС, ОЦИС-РП и на HDL. На языке ПУЛЬС дано только функциональное описание узла. На ОЦИС-РП представлены два варианта описания узла – алгоритмическое – функция 2И2ИЛИ и структурное – как схема из двух библиотечных элементов БМК – W15 и V2, реализующих соответственно функции 2И2ИЛИ-НЕ и НЕ.

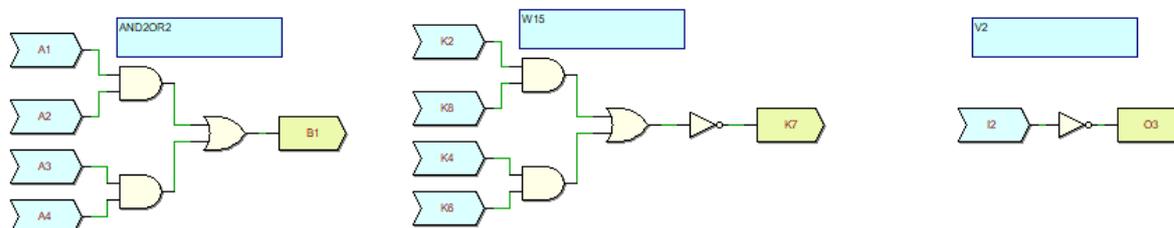


Рис 1. Схемы: слева – элемент проекта 2И2ИЛИ (and2or2), в середине – цифровые элементы ячеек БМК (W15 и V2), из которых создано структурное описание элемента проекта 2И2ИЛИ

Таблица 3  
Примеры описаний узла 2И2ИЛИ – библиотечного элемента схемы

Язык описания	Пример	Примечания
ПУЛЬС	"ЗАГОЛОВОК СХ1" В:1:=2И2ИЛИ[ А:1-4 : ]. В1=А1 *А2 +А3 *А4.	Первая строка – заголовок. Вторая строка описывает интерфейс объекта, третья – его функцию
ОЦИС-РП	<b>ФУ:</b> 2И2ИЛИ (А1,А2,А3,А4,В1)# <b>АЛГОРИТМ:</b> А[1] & А[2] ! А[3] & А[4]=>В1(TZ=25,R=5)# <b>КОНЕЦ#</b> ----- <b>ФУ:</b> 2И2ИЛИ (А1,А2,А3,А4,В1)# <b>ЯЧЕЙКА/ВАНК.bmK/:</b> D1=>W15(K2=А1;K8=А2;K4=А3;K6=А4,K7=D1_7);	Алгоритмическое описание узла 2И2ИЛИ в примере включает так же задержку узла TZ=25 нс. ----- Схемное описание узла 2И2ИЛИ состоит из базовой ячейки БМК типа W15 с входными контактами K2,K8, K4,K6 и выходом

	D2=>V2(I2=D1_7;O3=B1)# <b>КОНЕЦ#</b>	К7,реализующую функцию 2ИИЛИ-НЕ и ячейки инвертора V2 с контактами вход I2 и выход O3
VHDL	<pre>Library IEEE; use IEEE STD_LOGIC_1164.all; Entity AND2OR2 is Port(A:in std_logic_vector (1 to 4); B1: out std_logic); end; Architecture BEH of AND2OR2 is Begin B1 &lt;= ( A(1 )and A(2)) or (A(3) and A(4)) after 25 ns; End; ----- Architecture STRUCTURAL of AND2OR2 is signal D1_7 : std_logic; Begin M1:W15 port map (K2=&gt;A(1),K8=&gt;A(2),K4=&gt;A(3),K6=&gt;A(4),K7=&gt;D1_7); M2:V2 port map(I2=&gt;D1_7,O3=&gt;B1); End;</pre>	<p>Алгоритмическое (поведенческое) описание узла AND2OR2, реализующего функцию 2ИИЛИ в 9-тизначном алфавите в примере включает задержку узла 25 нс.</p> <p>-----</p> <p>Структурное описание узла AND2OR2 состоит из инсталляций компонентов W15 и V2 и использует поименованное сопоставление портов компонентов сигналам.</p> <p>Описание самих компонентов W15 и V2 опущено для краткости</p>
VERIL OG	<pre>timescale 1 ns/100 ps module AND2OR2 (input [1:4]A,output B1); assign #(25) B1=(A[1] &amp; A[2])   (A[3] &amp; A[4]); endmodule //////////////////////////////////// module AND2OR2_S (input [1:4]A,output B1); wire D1_7; W15 M1 (.K2(A[1]),.K8(A[2]),.K4(A[3]),.K6[A4],.K7(D1_7); V2 M2(.I2(D1_7),.O3(B1)); endmodule</pre>	<p>Алгоритмическое описание узла AND2OR2, реализующего функцию 2ИИЛИ в 4-хзначном алфавите в примере включает задержку 25 нс.</p>

На этом этапе было внедрено многозначное событийное моделирование логических схем с учетом задержек сигналов, пакетный и диалоговые режимы работы пользователей, реализовано сопряжение логического и конструкторского проектирования. Однако вопрос о стандартизации в этой области и разработки отечественного высокоуровневого универсального языка описания аппаратуры не был решен.

## V. СИСТЕМЫ ЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПЭВМ

С появлением персональных вычислительных машин на них стали реализовываться и системы моделирования ЦА логического уровня. Среди них можно отметить СИМПАТИЮ – систему моделирования и проектирования тестов для цифровых устройств на БИС. Она была разработана в НПО «АЛМАЗ» А.Г. Биргером на ПЭВМ IBM-PC AT (процессор Intel 486) в начале 1990-х. Использовался четырехзначный алфавит моделирования (0, 1, X, Z), допускалось моделирование с единичными или номинальными задержками, проверкой временных соотношений сигналов (время предустановки-удержания и т.п.). Анализ тестов осуществлялся методом введения одиночных константных неисправностей и оценкой полноты тестов по критерию переключений. Библиотека элементов содержала более 700 моделей микросхем СИС и БИС. Алфавитно-цифровое описание схемы могло вводиться пользователем на языке системы или импортироваться из других САПР (P-CAD, OrCAD, SL-2000).

Другим примером подобной системы можно считать пакет прикладных программ «Логический анализ цифровых схем» (ППП ПРОПЛАН), реализованный В.М. Аничковым и др. на СМ 1700 в НПО Центрпрограммсистем. В системе имелся набор моделей базисных элементов (от вентилей И, ИЛИ, НЕ до счетчиков, ОЗУ, ПЗУ, ПЛИМ, из которых пользователь создавал текстовое описание схемы).

Однако с середины 90-х большинство отечественных организаций стали использовать зарубежные САПР (фирм SYNOPSYS, CADENCE, MENTOR GRAPHICS и др.) и соответствующие системы моделирования, реализованные на рабочих станциях фирм SUN и ИБМ с описанием моделей на стандартных языках описания аппаратуры VHDL и VERILOG.

## VI. СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА БАЗЕ HDL VHDL И VERILOG

В настоящее время самой продвинутой отечественной САПР, в состав которой включены системы HDL описаний, моделирования и синтеза ПЛИС, можно считать DELTA DESIGN [18], позиционирующейся как комплексная среда сквозного проектирования электронных устройств и в том числе печатных плат. Она включает в себя множество отдельных модулей – начиная от ведения библиотек и заканчивая подготовкой данных для производства. В состав этой САПР входит система цифрового моделирования SIMTERA [19, 20]. Поддерживаются языки описания аппаратуры VHDL, VERILOG, System Verilog и расширение VERILOG, ориентированное на моделирование аналоговых систем: Verilog-AMS. Помимо возможности текстового способа описания проекта на HDL пользователь имеет возможность схемотехнического (блок-диаграммного, графического) способа описания проекта. Обеспечена стыковка с САПР ПЛИС фирмы МИЛАНДР и ПЛИС других отечественных и зарубежных фирм.

SIMTERA находится в состоянии комплексной отладки – язык VHDL реализован почти полностью (2003 года), другие компоненты в стадии бета-тестирования. Пока по степени отлаженности системы, скорости компиляции проекта и моделирования SIMTERA сильно уступает аналогичным параметрам ведущих зарубежных систем моделирования (Modelsim, Active-HDL, XSIM), но разработчики обещают скоро устранить эти недостатки.

## VII. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Отечественные языки и системы моделирования цифровой аппаратуры прошли большой путь в своем развитии – от двузначного до многозначного алфавита представления значений сигналов, от алгоритма моделирования по интервалам времени до моделирования по событиям с учетом задержек элементов, от многообразия форм описаний до стандартных языков описания аппаратуры, на базе которых ведется не только моделирование, но и синтез и формальная верификация проектов.

Если в начале отечественные языки и системы моделирования цифровой аппаратуры почти не уступали по возможностям системам, разработанным в США, то провал 90-х годов привел к сильному отставанию. Одной из непоправимых потерь был распад ведущих коллективов в организациях (ИТМ и ВТ, НИИАА и др.). Что касается работ в области унификации языков и систем моделирования, то кроме местничества трудно объяснить, почему стандартные языки описания аппаратуры не были реализованы в СССР, хотя Н.Я. Матюхин в проекте МОДИС ВЕС и пытался создать стандартный язык для МРП. Создание современных САПР, в состав которых входят и системы HDL описания, моделирования и синтеза представляется весьма сложной задачей. Например, трудоемкость создания САПР ПЛИС VIVADO фирмы XILINX (вошла в состав AMD), одной из компонентов которой является симулятор XSIM, оценивается в 1000 человеко-лет, а ее стоимость в 200 миллионов долларов [21]. На фоне таких цифр усиление поддержки отечественных разработчиков в этой области представляется актуальным и необходимым.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рябов Г.Г. Начало автоматизации проектирования // С.А. Лебедев – творец отечественных ЭВМ. М.: ИТМ и ВТ, 1990. С. 126-128.
2. Gordon G. A General Purpose Systems Simulation Program. Proc. Eastern Joint Computer Conference. December 1961.
3. Connolly T.A. Automatic System and Logical Design Technique for RW-35 Computer System. The International Convention Record. Vol. 8. Pt. 2. 1960.
4. Применение вычислительных машин для проектирования цифровых устройств. Сб. статей под ред. Н.Я. Матюхина. М.: Советское радио, 1968. С. 5-123.
5. Поляков А.К. Универсальная система автоматизации моделирования ЦВМ. Доклады 5-ой межвузовской конференции по применению физического и математического моделирования. М.: МЭИ. 1968. С. 51-71.
6. Поляков А.К. Система автоматизации моделирования ЦВМ на ЦВМ. Цифровая вычислительная техника и программирование. Вып. 4. М.: Советское радио, 1968.
7. Салихджанова Р.О., Чумаков Л.Я. Автоматизация проектирования блока микропрограммного управления для М-4000 // Автоматизация проектирования и контроля ЭВМ. Труды ИНЭУМ. Вып. 23. 1972.
8. Шигин А.Г. Цифровые вычислительные машины. М.: Энергия, 1971. 320 с.
9. Басок Б.М. Отдел диагностического контроля Д.М. Гробмана и его школа // computer-museum.ru/articles/predpriyatiya-i-nii/2140
10. Юрин О.Н. Единая система автоматизации проектирования ЭВМ. М.: Советское радио, 1976. 176 с.

11. Ландау И.Я. Применения ЦВМ при проектировании ЦВМ. М.: Энергия, 1974. 152 с.
12. Григас Г.К. Моделирование ЦВМ с переменной детализацией ее блоков. М.: Вопросы Радиоэлектроники. Серия Электронная вычислительная техника. Вып. 2. С. 60-70.
13. Рябов Г.Г., Лакшин Г.Л. Поэлементное моделирование вычислительных систем. М.: ИТМ и ВТ АН СССР, 1978. 90 с.
14. Рябов Г.Г., Лакшин Г.Л., Конопкин В.Н., Капишевская А.П. Принципы построения системы «Пульс». Электронная техника. Сер. 10. Вып. 5. 1982.
15. Рябов Г.Г., Лакшин Г.Л., Конопкин В.Н., Коротаяев Ю.С. Система Логического Проектирования Высокопроизводительных Вычислительных Комплексов. В сборнике «Электронная вычислительная техника». Вып. 1. М.: Радио и связь, 1987. С. 142-150.
16. Савельев П.В., Коняхин В.В. Автоматизация проектирования БИС. Книга 2. Функционально-логическое проектирование БИС. М.: Высшая школа. 1990. 156 с.
17. Татарников Ю.А., Рындин А.А. Описание и моделирование цифровых систем на языке VHDL: Учеб. пособие / Гос. ком. Рос. Федерации по высш. образованию. Воронеж. гос. техн. ун-т, Междунар. ун-т высоких технологий. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 1994. 70 с.
18. САПР Дельта Дизайн // [www.ere mex.ru](http://www.ere mex.ru)
19. Малышев Н. Цифровое моделирование цифровых и цифро-аналоговых узлов в системе Delta Design Simtera .Современная электроника. № 1. 2021. С. 60-62.
20. Малышев Н., Поляков А. Библиотеки HDL-тестов для систем моделирования цифровой аппаратуры. Современная электроника. 2023. № 3. С. 12-14.
21. URL [https://en.wikipedia.org/wiki/Xilinx\\_Vivado](https://en.wikipedia.org/wiki/Xilinx_Vivado)

## К ИСТОРИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В СТРАНАХ БАЛТИИ

Эдуард Михайлович Пройдаков

*Виртуальный компьютерный музей, Москва, Российская Федерация, proydakov@yandex.ru*

**Аннотация** – В докладе приведены сведения об основных предприятиях и институтах стран Балтии, оказавших заметное влияние на развитие вычислительной техники в СССР. Приведена история проекта создания Единой системы средств коммуникационной техники (ЕС СКТ).

**Ключевые слова** – история вычислительной техники (ВТ) в странах Балтии, проект ЕС СКТ, НИИ ВЭФ.

### I. ВВЕДЕНИЕ

В советский период ВТ в странах Балтии (Литовская ССР, Латвийская ССР и Эстонская ССР) развивалась усилиями нескольких общесоюзных министерств и академий наук (АН) этих республик. Среди этих министерств следует отметить Министерство приборостроения (Минприбор), Министерство электронной промышленности (МЭП) и Министерство радиопромышленности (МРП) и Министерство промышленности средств связи (МПСС). Из-за того, что предприятия и организации часто меняли свою ведомственную подчинённость, составить исчерпывающий список их принадлежности по министерствам оказалось совсем не просто. В табл. 1 приведён список предприятий, подчинённых этим министерствам в странах Балтии.

Таблица 1  
Предприятия стран Балтии

Подчинённость	Предприятие	Город
Минприбор	Завод «Сигма»	Вильнюс
МЭП	Завод «Альфа»	Рига
МПСС	Завод ВЭФ	Рига
	Рижский электроламповый завод [1]	Рига
	Вильнюсское КБ магнитной записи (ВКБМЗ) [4]	Вильнюс
	Электротехнический завод «Эльфа»	Литва
	Завод «Коммутатор»	Рига
МРП	Каунасский НИИ радиоизмерений	Каунас
Совет министров Латвийской ССР	Республиканский ВЦ	Рига
Латвийский госуниверситет	ВЦ университета	Рига
АН Латвийской ССР	Институт электроники и вычислительной техники	Рига
Министерство местной промышленности ЛатССР	Завод «Радиотехника»	Рига

### II. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ИТ-ОРГАНИЗАЦИЙ

Ниже приведена краткая история наиболее крупных из перечисленных центров в части ВТ.

**Завод «Сигма».** Вильнюсский завод счётных машин им. В.И. Ленина.

Одно из крупных предприятий Минприбора, производственное объединение «Сигма» создано в 1965 г. и было в непосредственном подчинении МПСАиСУ (прежнее название Минприбора). Далее Литовское ПО «Сигма» – в ведении «Союзэлектронмаша» Минприбора. В его составе (02.1966 г.): Вильнюсские заводы счётных машин и электросчётчиков, Экспериментальный завод средств автоматизации (Каунас), Пабрадский завод, Паневежисский завод, Завод узлов счётных машин (Таураге), Тельшайский завод, СКБ вычислительных машин, Вильнюсское ПКБ АСУ, ЦПКБ (Вильнюс). Далее в состав объединения входило также СКТБ средств автоматизации. В соответствии с ПСМ № 580 от 22.07.1989 г. ПО «Сигма» передано из Минприбора в ведение МРП [4].

Завод «Сигма» выпускал: электронный вычислитель ЭВ-80 (1960-е); ЭВМ: РУТА-110 (с 1969-го), ВК М-5000, М-5010 (1973-), СМ-1600 (1980-е), суперминиЭВМ СМ-1700 (1987-1990 гг.). Выпущено около 3000 шт. [4]

Интересна история создания малоизвестной ЭВМ «Рута». В 1963 году доцент Института математики и информатики Вильнюсского университета Гинтаутас Григас со своей командой создал компьютер «Rūta», который одновременно мог выполнять до трёх программ, а для его изготовления было использовано 410 км проводов и более 16000 транзисторов и диодов. Размером он был примерно 2 м в ширину и столько же в высоту, а рядом с ним стояло устройство для ввода данных величиной с тумбочку. На таких компьютерах осуществлялись бухгалтерские расчеты, вёлся учёт деятельности предприятий, кроме того, работа с ним не требовала специальных знаний. Было собрано 37 таких компьютеров, один из которых сегодня можно увидеть в вильнюсском Музее энергетики и техники [3].

**НПО «ВЭФ»** (Рижский ордена Ленина государственный электротехнический завод ВЭФ имени В.И. Ленина).

ВЭФ (лат. Valsts Elektrotehnikas Fabrika) – крупнейший производитель электроники, радиоприёмников, телефонов, станков. ВЭФ обеспечивал рабочими местами больше 14 тыс. человек на заводе в Риге и ещё 6 тыс. – в остальной Латвии и давал прибыль до 580 миллионов долларов в год [2]. С ВЭФ связан один из крупнейших в СССР проектов – создание Единой системы средств коммуникационной техники (ЕС СКТ), который выполнялся в рамках Совета экономической взаимопомощи (СЭВ). В отличие от достаточно хорошо известной истории появления ЕС ЭВМ о проектах по созданию средств ВТ существует обширная литература, то об одном из крупнейших и важных в то время проектов по созданию цифровых АТС известно немного. Работы по ним были засекречены.

Отметим, что с начала 1980-х в мире разрабатывалось следующее поколение телефонных станций – электронные АТС. Следуя этой тенденции с СССР стартовал проект ЕС СКТ, в котором участвовали все страны соцлагеря, даже Куба и Монголия. Основными в проекте были ГДР, СССР, Болгария и Чехия. От СССР главным в проекте было МПСС. Координирующей организацией от СССР выступал НИИ ВЭФ (Рига). Прототипом системы служила АТС System 12, корпорации IT&T. ГОСТ 28704-90 (полностью соответствует СТ СЭВ 6818-89) определяет ЕС СКТ (Switching technics resources uniform system) как «Комплекс унифицированных технических средств коммутационной техники связи и программного обеспечения, предназначенный для построения международных, междугородных, местных, учрежденческих цифровых коммутационных станций и узлов» [5].

Целью ГДР в этом проекте было поднять отечественную электронную промышленность. В этой работе им качественно помогала разведка ГДР, которая доставала не только описания, но и конструкторскую документацию, поэтому ГДР-овская команда опережала советскую на полтора года.

При этом IT&T была только официальной крышей проекта. Реальную работу по проекту осуществляла фирма SEL (ФРГ). Позже результат немецкой разработки был втридорога продан французскому концерну Alcatel. Франция в то время была в Европе лидером в области телекоммуникаций, а ФРГ не считалась передовой в этой области и хотела подтянуть свою элементную базу.

Микропроцессорное программное управление пришло в отечественную коммутационную технику вместе с проектом ЕС СКТ. Эта была попытка повторить проект ЕС ЭВМ по копированию компьютеров IBM-360, но в качестве прототипа была выбрана коммутационная станция типа «Система 12». Естественно, в проекте ЕС СКТ речь о законном приобретении «Системы 12» не шла, но в распоряжении разработчиков, тем не менее, оказался полный комплект документации. Несмотря на это, несмотря на участие в проекте всех восточноевропейских стран, входящих в СЭВ, несмотря на талантливое руководство проектом со стороны главного конструктора, начальника отдела НИИ ВЭФ Михаила Авраамовича Товбы, несмотря на созданную Андреем Николаевичем Колесниковым, начальником другого отдела того же головного рижского НИИ ВЭФ, уникальную технологию проектирования ПО и другие существенные достижения, проект не был завершён и прошёл две стадии распада при выходе из конструктората сначала стран-членов СЭВ, а потом и республик СССР [6].

В конце 1970-х А.Н. Колесников сначала стал заместителем главного конструктора и руководителя проекта ЕС СКТ. В этой гигантской затее в 1985–1990 гг. участвовали все страны СЭВ – только у Колесникова на ВЭФе в подчинении было более тысячи человек [7]. Объём ПО System 12 в то время оценивался в колоссальные 40 млн. строк кода. К его разработке было привлечено 8 тыс. программистов. Для сравнения – такой объём ПО был достигнут не так давно в операционной системе Windows 10 корпорации Microsoft. Отмечу, что для написания ПО этой станции был специально разработан язык программирования Chill.

Следует признать, что по мнению некоторых участников проекта выбор прототипа был неудачен, хотя, по замыслу, System 12 обладала многими положительными свойствами. Первая АТС System 12

была установлена в 1982 в Бельгии. Но полноценное серийное производство не удалось наладить, и в преддверии банкротства в 1986 компания IT&T продала всю разработку System 12 (включая заводы) французско-голландской компании Alcatel Alsthom, наследницей которой сегодня является Alcatel-Lucent. Было несколько причин, почему в то время провалился проект IT&T, в том числе: высокая интеграция микросхем (опережающая уровень развития микроэлектроники того времени), недоработки ПО. Прежде всего, из-за высокой интеграции микросхемы не выдерживали тепловой режим, перегорали (потом только – уже в компании Alcatel этот кардинальный недостаток устранили, перейдя на новую технологию микроэлектроники). Естественно, что даже широкая кооперация не могла спасти самый сложный проект ЕС СКТ, хотя бы потому, что в социалистическом лагере отставала микроэлектронная промышленность, и проект ЕССКТ прекратил существование с распадом СССР и СЭВ [4]. Замечу, что Alcatel-Lucent всё же наладила производство System 12 и даже в 90-е годы установила одну из них в г. Сургут.

Сейчас о проекте ЕС СКТ мало кто помнит, но в 1980-е в СССР ему отводилась очень важная роль, которая со временем, возможно, не уступала бы исторической роли ЕС ЭВМ.

### III. ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЁНЫЕ СТРАН БАЛТИИ, РАБОТАВШИЕ В ОБЛАСТИ ИТ

Важную роль в истории ВТ играл Институт электроники и вычислительной техники (ИЭВТ) при АН Латвийской ССР, созданный в 1960 году и возглавляемый академиком Э.А. Якубайтисом. ИЭВТ проводил фундаментальные и прикладные исследования в области автоматов, полупроводниковых структур, измерительных устройств, вычислительных комплексов и сетей. В 1967 г. под редакцией с Э.А. Якубайтиса стал выходить всесоюзный журнал «Автоматика и вычислительная техника», который также переиздавался на английском языке за рубежом. С начала 1980-х годов научные и организационные интересы Э.А. Якубайтиса полностью перешли в область информационно-вычислительных сетей. Сам Э.А. Якубайтис стал председателем Комиссии по вычислительным центрам коллективного пользования и сетям ЭВМ Комитета АН СССР по вычислительной технике, главным конструктором Академсети СССР, председателем секции многомашинных вычислительных систем Совета по автоматизации научных исследований АН СССР, председателем Общей секции специалистов по сетям ЭВМ стран — членов СЭВ, руководителем проекта «Интерсеть» стран – членов СЭВ [8].

Следует отметить роль в ВТ и программировании ещё одного академика. Энн Харальдович Тыгу (1935–2020), академик Эстонской Академии наук, почетный профессор Таллинского технического университета. Многие годы его научная деятельность была тесно связана с Новосибирским Академгородком. В 70-е годы молодой и красивый математик из Таллина был докторантом ВЦ СО АН, под руководством Андрея Петровича Ершова, в 1980-е годы Энн Харальдович был одним из лидеров проекта «Старт» [7], разработчик системы программирования ПРИЗ.

Когда в 1979 была образована Комиссия по системному математическому обеспечению АН СССР, которой руководил член-корреспондент АН СССР А.П. Ершов, Тыгу был включен в состав её бюро, он также стал во главе Рабочей группы по синтезу программ. Кроме того, он являлся членом комиссии по распределению и использованию вычислительной техники в АН СССР. В 1981 г. Тыгу был избран членом-корреспондентом АН Эстонской ССР, в 1985 – действительным членом, стал академиком-секретарем Отделения информатики и механики АН ЭССР (1985-1991) [7].

### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мне повезло в советское время увидеть многие из перечисленных заводов и ВЦ. Поэтому к тем описаниям, которые можно найти в литературе, добавляется многое из воспринятого лично во время многочисленных командировок в Латвию и Литву. Следует отметить, что вычислительная техника в странах Балтии в советский период бурно развивалась и оказала значительное влияние на развитие ВТ в СССР, вопреки мнению, что их влияние на неё было минимальным. Описание всех значимых ВТ-организаций прибалтийских стран и выполненных ими работ требует объёмной систематической работы и может вылиться в отдельную монографию.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рижский электроламповый завод. [https://www.archiv.org.lv/apraksti/F/LV\\_LVA\\_F1346\\_VI.pdf](https://www.archiv.org.lv/apraksti/F/LV_LVA_F1346_VI.pdf)
2. Telksnys L., Žilinskas A. Computers in Lithuania // IEEE Annals of the History of Computing. 1999. Vol. 21. No. 3. Pp. 31-37.
3. Вильнюсский завод счетных машин. <https://www.700vilnius.lt/ru/yunyj-vilnyus/sem-puteshestvij-po-marshrutu-vilnius-700/xx-vek-vilnyusskie-peremeny-so-skorostyu-sveta/vilnyusskij-zavod-schetnyh-mashin/>
4. Прочие предприятия «В». <https://oboron-prom.ru/page,3,prochie-predpriyatiya-v.html>

5. ГОСТ 28704-90 Единая система средств коммутационной техники. Термины и определения. <https://docs.cntd.ru/document/1200015852/titles/2CIAA3T>
6. Опмане И., Балодис Р. История конвергенции телекоммуникаций и вычислений на примере Латвии // Труды SoRuCom-2017. С. 269-276.
7. Крайнева И., Сэнборн К., Меристе М. Энн Тыугу: история эстонского программиста // Право на имя. Биографика 20 века: Девятнадцатые чтения памяти Вениамина Иофе. Сборник докладов. СПб., 2022. С. 67-78.
8. Левин В.И. «Учитель, перед именем твоим...» // Педагогика и просвещение. 2014. № 1 (13). С. 76-87.

## КОЛЛЕКЦИЯ ЛОГАРИФМИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ В ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ МУЗЕЕ

Марина Эрнестовна Смолевицкая

*Политехнический музей, Москва, Российская Федерация, tsmolevitskaya@yandex.ru*

**Аннотация** – В статье приведены результаты научно-исторического исследования предметов коллекции логарифмических приборов, хранящихся в Политехническом музее. Представлена краткая историческая характеристика логарифмических приборов до 1917 года, а также краткая история их производства в СССР. Представлены краткие исторические описания некоторых особо значимым экспонатов. Уделено некоторое внимание классификации предметов коллекции. Выявлены конструктивные признаки предметов, разработана структура коллекции.

**Ключевые слова** – музей, коллекция, логарифмические линейки, прямые, круглые, цилиндрические.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В России логарифмы в вычислительную практику входили медленно. В XVII веке необходимость в широком распространении математических знаний была велика, однако создание Петром I широкой сети общеобразовательных и специальных школ и училищ, в которых на изучение математики было бы обращено особое внимание, не сразу было воспринято обществом и проходило трудно. Логарифмические таблицы, напечатанные за границей для действующих учебных заведений, были невысокого качества, что затрудняло их использование. В России первые «Таблицы логарифмов, синусов, тангенсов и секансов», составленные по методу Влакка, были изданы в 1703 году русским математиком Л.Ф. Магницким совместно с англичанами, преподавателями Московской школы математических и навигацких наук, в которой Магницкий преподавал математику. С этого времени логарифмы все больше используются при вычислениях, и логарифмические таблицы регулярно выписываются из-за границы. Со второй четверти XIX века составляются и издаются отечественные таблицы на основе наиболее широко применяемых таблиц Веги, Калетта, Лаланда. Они были предназначены, как правило, для навигацких и землемерных школ, университетов и гимназий. В собрании печатных изданий Политехнического музея имеется книга «Сокращенные таблицы обыкновенных логарифмов, составленные по руководству Веги для употребления в учебных заведениях». Эта книга была издана в Санкт-Петербурге в 1835 году.

Массовое применение логарифмических таблиц начинается в первой половине XX столетия после Октябрьской революции, особенно в 1930-е годы в период интенсивного промышленного развития СССР. В стране в эти годы существенно возросло число средних и высших учебных заведений, были организованы специальные научно-исследовательские математические институты. Растет потребность в логарифмических таблицах, о чем свидетельствуют их многочисленные издания большими тиражами. В 1921 году впервые появляются логарифмические таблицы В.М. Бадиса (1890-1975), советского математика, педагога, член-корреспондента Академии педагогических наук СССР, основные труды которого были посвящены теоретической и методической разработке вопросов повышения вычислительной культуры учащихся средней школы.

Логарифмическая шкала в России стала известна в начале XVIII века. Этому способствовала «Книжца о сочинении и описании сектора, шкал плоской и гонтеровской с употреблением оных документов в решении разных математических проблем» (1739 г.) шотландского профессора А. Фархварсона, приглашенного в Москву Петром I в 1698 для преподавания математики и морских наук в Школе математических и навигацких наук (школе Пушкарского приказа). Первое руководство по изучению и применению логарифмической линейки на русском языке было опубликовано в 1837 году Н.А. Дмитриевым («Наставление к употреблению числительной линейки Коллардо»). Линейка входила в употребление медленно. Л.И. Уманский, составитель «Графических таблиц логарифмов чисел и тригонометрических величин» [1] (1906 г.) пишет в предисловии: «В Германии, классической стране научного исследования и научной техники логарифмическая линейка не сходит со стола немецкого техника. В русской технике расчеты не имеют большого значения. У нас предпочитают пользоваться уже готовым, созданным в других краях. Почти слепое копирование с готового позволяет обойтись без расчетов. По этим причинам счетная линейка еще очень мало в ходу. Широкая распространенность счетной линейки затрудняется также ее дороговизной и тем, что необходимо много времени и упражнений, чтобы наловчиться быстро и безошибочно работать ею». Вместе с тем автор продолжает: «Счетные машины так дороги, что их весьма редко приобретают, они так сложны и ломки, что пока несколько человек научится ими действовать, они уже испорчены. Обычные таблицы логарифмов имеют неудобные свойства. Последние заключаются в большом количестве страниц, которые приходится перелистывать

взад и вперед, в массе цифр, которые так и пестрят в глазах и в сложности отыскивания чисел». Таким образом, можно сделать вывод, что серьезной альтернативы логарифмической линейке не было, и она с последней трети XIX века использовалась учеными, инженерами, военными специалистами, землемерами. В дальнейшем интерес к этому инструменту еще более увеличивается. Инженеры и учёные начинают вести поиск оптимальной конструкции, которая сочетала бы в себе точность вычислений с удобством пользования и возможностью массового производства. Отечественные логарифмические линейки начинают появляться во второй половине XIX века. В 1880-х годах появились прямые логарифмические линейки М.М. Черепашинского [2] и А.Ф. Гассельблата [3], но эти линейки в коллекции Политехнического музея отсутствуют.

## II. ОПИСАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ

Коллекция «Логарифмические таблицы и счетные аналоговые устройства» входит в состав фонда вычислительной техники Политехнического музея. В данной коллекции представлены логарифмические таблицы и аналоговые логарифмические счетные устройства от первых – несовершенных, с малыми вычислительными возможностями, до более поздних современных – сверхточных логарифмических таблиц, многочисленных специализированных номограмм и счетных линеек с усовершенствованными шкалами. Коллекция демонстрирует основные тенденции развития, многообразие областей применения этих устройств, их значение в вычислительной практике в различные периоды времени.

Основой для создания коллекции стали предметы, поступившие в Политехнический музей с выставки «Социалистический учет». В 1926 году в Москве была организована выставка счетных машин. Материалы этой выставки показывали технику механизации труда счетных работников, плановиков, экономистов, статистиков, инженеров и научных работников, имеющих дело с расчетами, а также эффективность механизации учета и вычислительных работ, участки применения отдельных видов счетных машин, опыт использования счетных машин в различных отраслях народного хозяйства. Предметы выставки «Социалистический учет» были переданы в Политехнический музей в 1952 году. В их числе оказались такие ценные экспонаты, как счетная логарифмическая доска инженера К. Гудевича, счетный логарифмический цилиндр А. Нестлера, различные логарифмические линейки, расчетные линейки Глебова и другие логарифмические приборы.

Для названия логарифмических приборов использовались наименования: логарифмическая доска, логарифмическая планшетка, логарифмическая линейка, логарифмические счеты, логарифмическая шайба, логарифмический диск, логарифмический счетный круг.

Коллекция «Логарифмические таблицы и счётные аналоговые устройства» включает в себя более ста тридцати музейных предметов и охватывает период с начала XVII до конца XX в. Структура коллекции приведена на рис. 1.

По конструктивному признаку счётные линейки могут быть сгруппированы следующим образом: – прямые линейки с прямой шкалой, – прямые линейки с разрезной шкалой, – круглые линейки с круговой шкалой, – круглые линейки со спиральной шкалой, – цилиндрические линейки со спиральной шкалой, – цилиндрические линейки с разрезной шкалой.

В коллекции «Логарифмические таблицы и счетные аналоговые устройства» Политехнического музея присутствуют как устройства обычной точности, так и прецизионные.

По конструктивному признаку прецизионные логарифмические устройства могут быть сгруппированы следующим образом:

- круглые линейки (логарифмическая шкала нанесена по кругу);
- круглые спиральные линейки (логарифмическая шкала имеет вид плоской спирали);
- цилиндры со спиральной шкалой (логарифмическая шкала нанесена по спирали на поверхность цилиндра);
- разрезные цилиндры (логарифмическая шкала разрезана на отдельные части, которые нанесены параллельно друг другу по направляющим цилиндра);
- разрезные линейки (логарифмическая шкала разрезана на отдельные части, которые нанесены параллельно друг другу на плоскую поверхность).

В настоящее время в музее хранятся девять счётных линеек, сделанных в России в конце XIX – начале XX вв. Среди них:

- счётная линейка системы С. Пертриджа (Партриджа) (прямая линейка с прямой шкалой);
- круглая логарифмическая линейка (круглая линейка с круговой шкалой);
- вычислительный прибор инженера К. Гудевича (прямая линейка с разрезной шкалой);

- счётный цилиндр А.Н. Щукарёва (цилиндрическая линейка со спиральной шкалой);
- логарифмическая пластина Д.Г. Ананова (прямая линейка с разрезной шкалой);
- счётные цилиндры (в количестве четырех) системы профессора Подтягина (цилиндрическая линейка с разрезной шкалой).

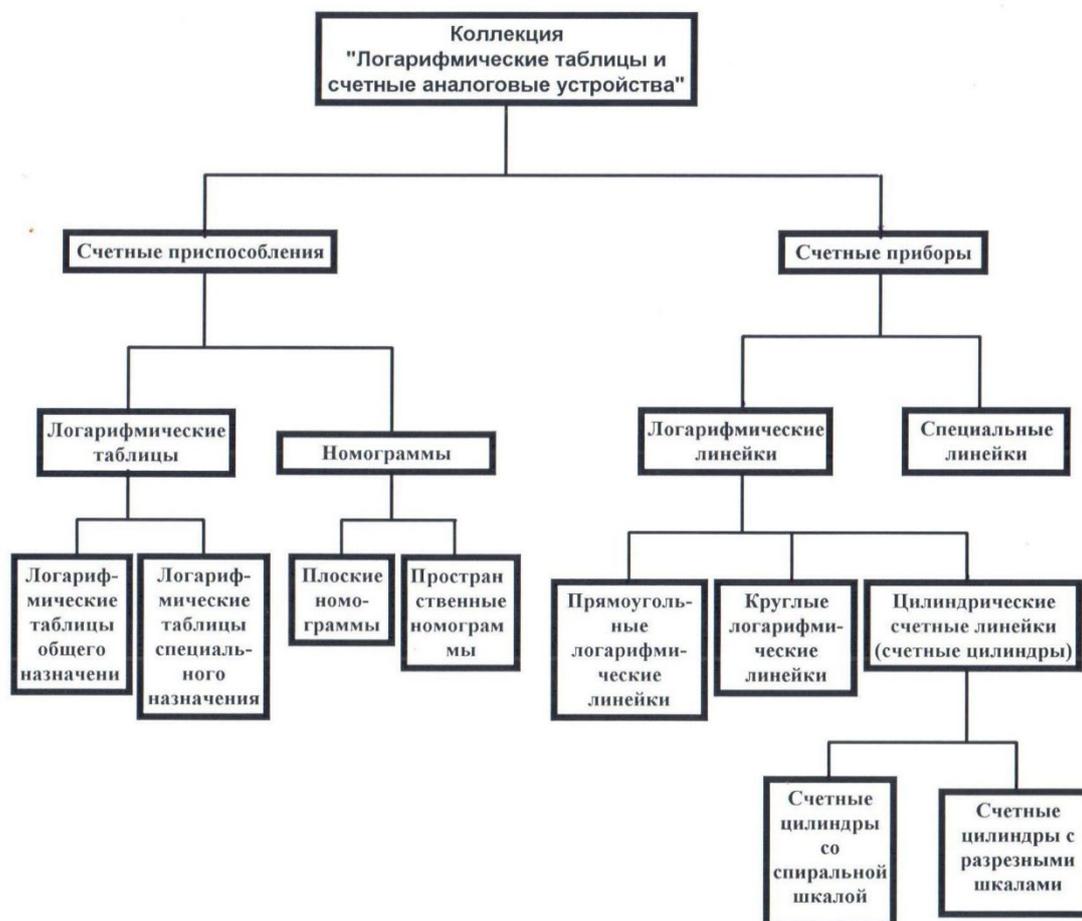


Рис. 1. Структура коллекции «Логарифмические таблицы и счетные аналоговые устройства»

Остановимся на самых первых логарифмических линейках в музейной коллекции.

Счётная логарифмическая линейка системы Пертриджа (Российская империя, 1801-1850 гг.) была передана в музей В.П. Степановым, внуком А.И. Бюксенмейстера. Александр Иванович Бюксенмейстер (1845-1931) был землемером, занимался изобретательством и использовал данную логарифмическую линейку для выполнения необходимых в его деятельности расчетов.

Впервые данный вариант логарифмической линейки был описан на русском языке в монографии В.Г. фон Бооля [4]. В соответствии с этим описанием данную линейку можно отнести к самому первому варианту логарифмических линеек с «движком». До этих линеек использовался способ передвижных шкал, когда одна линейка прикладывалась к другой с идентичной шкалой. В.Г. фон Бооль отмечает, что в отличие от логарифмических приборов, в которых применен способ индексов, в логарифмической линейке Пертриджа применён способ передвижных шкал. Также фон Бооль отмечает, что такие линейки делались не только деревянными, но и металлическими, иногда даже картонными, покрытыми стеклянной или целлулоидной пластинкой. Из этого можно сделать вывод, что линейки с «движком» к 1896 году получили в России достаточно широкое распространение. Вероятно, что при написании книги В.Г. фон Бооль мог использовать именно эту линейку, принадлежавшую А.И. Бюксенмейстеру. Установлено, что и фон Бооль, и Бюксенмейстер были членами Постоянной комиссии при отделе прикладной физики Музея прикладных знаний и даже присутствовали на заседаниях, состоявшихся 16 февраля, 13 апреля 1890 года и 16 февраля 1893 года. В настоящее время такие линейки на антикварных аукционах отсутствуют. О наличии подобных линеек в других музеях России сведений нет. В музеях за рубежом удалось обнаружить подобную линейку только в Музее искусств и ремёсел в Париже.

В коллекции музея представлено несколько вариантов модификации линейки системы Пертриджа, т.е. без бегунка, сделанных в других странах, как деревянных (Франция, Германия), так и металлических (Франция).

В 1893 г. межевой инженер, надворный советник К. Гуцевич получает привилегию за № 18002 на «Счетную доску», логарифмический счетный прибор [5]. Он предпринимает попытку повысить точность вычислений за счет увеличения длины логарифмической шкалы. Обе шкалы на приборе К. Гуцевича устроены одинаково, каждая из них «разрезана» на 50 отрезков равной длины, общая длина шкал составляет 20,7 м, что позволяет проводить вычисления с точностью до 5 знаков, в то время как точность всех логарифмических приборов того времени составляла 3 знака. Счетная доска Гуцевича имела довольно внушительные размеры для настольного прибора 54,3×57,9×5,5 см, так как логарифмическая шкала нанесена не по спирали, и не по направляющим цилиндра, а на плоскую поверхность. Эта идея с разбивкой шкалы на меньшее количество частей, использовалась и дальше. В 1930-х годах большое распространение получили линейки со шкалой, разрезанной на две равные части. В СССР выпускались картонные линейки такого типа [6].

В 1909 г. русский ученый А.Н. Щукарёв (1864-1936), физико-химик, изобретатель, философ, впервые в нашей стране изобретает счетный цилиндр со спиральной шкалой с точностью вычислений 4-5 знаков [7]. Самый первый цилиндрический прибор со спиральной шкалой был разработан в XVII веке англичанином Мильберном. В 1875 году Джордж Дарвин предложил два цилиндра такого класса, но это были только модели. Джордж Фуллер, профессор королевского колледжа в Белфасте, создал цилиндрическую линейку, построенную по принципу подвижных указателей. Она заменяет 4-значные таблицы логарифмов. В коллекции Политехнического музея есть два счётных логарифмических цилиндра конструкции Фуллера, 1914 года и 1953 года выпуска. Эти счетные устройства долго выпускались и использовались инженерами и банковскими служащими на протяжении почти 70 лет.

В монографии В.Г. фон Боля упоминается, что в 1881 году Тэчер (Thacher) сконструировал счетный логарифмический цилиндр, логарифмическая шкала которого составила 30 футов или 9,144 метра. В коллекции Политехнического музея представлен счетный логарифмический цилиндр Тэчера (Thacher), США, Нью-Йорк, 1911-1920 гг.

Мысль Щукарёва пошла дальше своих предшественников. Используемые в конструкции прибора прозрачный внешний цилиндр и кольцеобразные указатели приближают цилиндрическую линейку к прямой, облегчая ее применение (рис. 2). Подобные элементы появляются затем и в разрезных цилиндрах. Однако, как и прямые линейки, они построены по принципу подвижных шкал: движок в них имеет шкалу, скользящую относительно другой, неподвижной. Щукарёв же, делая движок «немым», развивал идею подвижных указателей. Остроумная конструкция прибора позволила увеличить точность вычислений. Новая форма прибора была создана Щукарёвым благодаря использованию нового материала – целлулоида.



Рис. 2. Счетный логарифмический цилиндр системы профессора А.Н. Щукарёва

Счетный логарифмический цилиндр для математических расчетов в банковской деятельности, в частности при вычислении сложных процентов и при расчетах, связанных с обменом валюты запатентовал Генрих Даемен-Шмид (Heinrich Daemen-Schmid) в Швейцарии в 1915-1920 гг. Счётный логарифмический цилиндр «LOGA» устроенный по принципу графического логарифмирования, подобно обыкновенной логарифмической линейке, имеет целью получить большую чем в ней точность вычислений. В 1920-х годах едва ли не каждый солидный банк в Будапеште, Вене, Берлине, Париже, Лондоне и Нью-Йорке использовал логарифмические цилиндры. На данный цилиндр Генрих Даемен-Шмид получил патент (U.S. Patent 1,036,575 issued August 27, 1912). Созданная им фирма «LOGA» (первоначальное название – «Heinrich Daemen-Schmid») производила логарифмические цилиндры, линейки и расчётные диски. Логарифмические цилиндры были преобладающим бизнесом до 1930-х годов, их было выпущено около 30 000 экземпляров. После 1930-х годов фирма перешла на выпуск расчётных дисков. В 1979 фирма прекратила свое существование.

Но отечественные линейки широкого распространения не имели, так как в лучшем случае изготавливались в небольших количествах в кустарных мастерских. В России по-прежнему пользовались зарубежными линейками.

Российские фирмы, торговавшие логарифмическими линейками, «Г. Герлях» в Варшаве, «Оптико-механический институт Тауберъ, Цветков и Ко», АО «Швабе» в Москве, изготавливали геодезические, оптические, чертежные инструменты. Логарифмические линейки они заказывали известным фирмам по производству этих счетных приборов.

Немецкими фирмами «A.W. Faber», «Gebr. Wichmann», швейцарскими фирмами «Albert Nestler», «KERN and Co AARAU», германскими фирмами «Aristo» и «Rosita», фирмой «REISS», американской фирмой «Pickett and Eckel, Inc.», японской фирмой «Sun Hemmi», английской фирмой «Stanley» и другими изготавливались логарифмические линейки специально для России. Некоторые руководства по их применению печатались на русском языке. Логарифмические приборы перечисленных выше фирм представлены в коллекции Политехнического музея.

В советское время ситуация резко изменилась. Огромный размах строительства в различных областях социалистического хозяйства сопровождался рационализацией вычислительных работ. В это время резко возросла потребность в логарифмических, а также в специальных счетных линейках, линейках, предназначенных для решения задач определенного типа.

Появление и развитие специальных счетных линеек тесно связано с развитием номографии – области математики, изучающей теорию и методы построения номограмм – особых чертежей, служащих для решения различных уравнений. Применение специальных счетных линеек не требовало никаких математических познаний, что было немаловажно, и значительно повышало скорость вычислений. В советское время появляется большое количество логарифмических и специальных счетных линеек, выполненных кустарным способом из картона, целлулоида, дерева. В коллекции музея представлена одна из первых советских логарифмических линеек, выполненная из картона с металлическим бегунком, с надписью на обратной стороне линейки: «Авторство охраняется Комподизом ВСНХ-СССР» (Комподиз – Комитет поддержки изобретений Всесоюзного Совета народного хозяйства СССР).

Издаются руководства по самодельному изготовлению специальных и логарифмических линеек. Всесоюзное объединение «Союзоргучет» организует производство заготовок для счетных линеек (линеек без шкал). Ощущается подъем в изобретательской деятельности. В 1920-е годы инженер путей сообщения Д.Г. Ананов (1878-1947) предложил карманные логарифмические пластинки для инженерных вычислений [8]. В Политехническом музее хранится логарифмическая пластинка типа III, которая предназначена для технических расчётов и даёт точность вычислений до четвёртого знака. Также в 1921 году были выпущены четыре пластинки для: определения высоты и расстояния теодолитом (тип IV); для определения плана по координатам (тип V); для подсчета времени хода поезда по техническим условиям для железнодорожных изысканий 1921 года (тип VI и тип VII). Ананов предполагал в дальнейшем выпустить пластины для решения задач из разных областей техники: инженерно-строительной, машиностроительной, электротехники, гидротехники, по вопросам железнодорожного, водного и воздушного транспорта.

Также к специальным расчётным линейкам относится логарифмическая линейка для расчёта пружин инженера В.Д. Астафьева 1962 года (рис. 3) [9].

Специальные линейки предназначались для облегчения и ускорения выполнения расчётов в различных областях науки и техники. В Специальном конструкторском бюро при Институте горного дела разрабатывалось оборудование для горнодобывающих работ. Линейка Астафьева предназначена для расчёта цилиндрических винтовых пружин сжатия – растяжения из любого материала круглого сечения. Такие типы пружин наиболее часто используются в технике. Эффективность линейки была проверена на

образцах, разработанных и изготовленных автором по краткой публикации в зарубежной печати. По своей конструкции она лишь немного сложнее обычной логарифмической линейки, но значительно упрощает работу расчётчика. Автор предусмотрел встречающиеся на практике варианты расчёта пружин и порядок их выполнения на линейке: основной проектировочный расчёт, проектировочный расчёт, уточняющий расчёт, уточняющий расчёт или расчёт пружин из имеющейся проволоки, проверочный расчёт, проверка готовой пружины. Окончательный расчёт на линейке завершается определением по простейшим формулам диаметра пружины, числа витков и других данных для рабочего чертежа. На сегодня это единственная известная линейка для расчёта пружин в СССР.



Рис. 3. Расчетная линейка системы В.Д. Астафьева

В начале 1920-х годов профессор М.Е. Подтягин сконструировал цилиндрический логарифмический прибор, запатентованный не только в СССР, но и во Франции, Англии и других странах. Его цилиндрическая линейка размером  $240 \times 22$  мм по точности превосходила обыкновенную прямую линейку в 4 раза. В 1930-х годах этот прибор производился в СССР Государственным московским областным объединением «Мосхим» (рис. 4). Он продавался в комплекте с руководством по эксплуатации, составленным самим изобретателем [10].



Рис. 4. Счётная цилиндрическая линейка системы профессора М.Е. Подтягина

В это время умение пользоваться логарифмическими линейками становится обязательным для каждого инженера и техника. Появляется множество руководств с описанием линеек и большим количеством примеров расчетов.

Линейка гидротехника (В.Ф. Пояркова) ЛПГ-1 предназначена для гидравлических расчетов потока с равномерным режимом в трапециевидных каналах, напорных и безнапорных трубах круглого сечения, лотках прямоугольного, параболического и полуциркульного сечения [11]. Все расчеты выполняются

путем взаимного перемещения колодок со шкалами и бегунка, результаты считываются со шкал. Относится к специальным счетным линейкам, предназначенных для решения задач определенного типа, что значительно повышало скорость вычислений. Линейка была создана В.Ф. Поярковым (1900-1968) в 1933 году на основе обычной логарифмической линейки. Сначала у себя дома Поярков выполнил двухметровый макет из фанеры с наклеенными шкалами, вычерченными на ватмане. Затем с этого макета делались уменьшенные фотокопии, которые наклеивались специальным клеем на колодки. Более 20 лет линейку изготавливали таким кустарным способом. Ее фабричное производство было впервые налажено в 1956 г. на ленинградской Фабрике счетных приборов, уже после смерти изобретателя под маркой ЛПП-1 ее выпускали в Киеве. Линейка получила признание у отечественных и зарубежных гидротехников, и использовалась более 40 лет.

В коллекции музея представлены также и другие специальные линейки: инженера-строителя П.В. Михеева 1925 г. (рис. 5), Орга-линейка Ф-1 системы инженера Д.Н. Федотова для нормирования работ по обработке металлов, электротехническая счетная линейка М.А. Белина и ряд других.

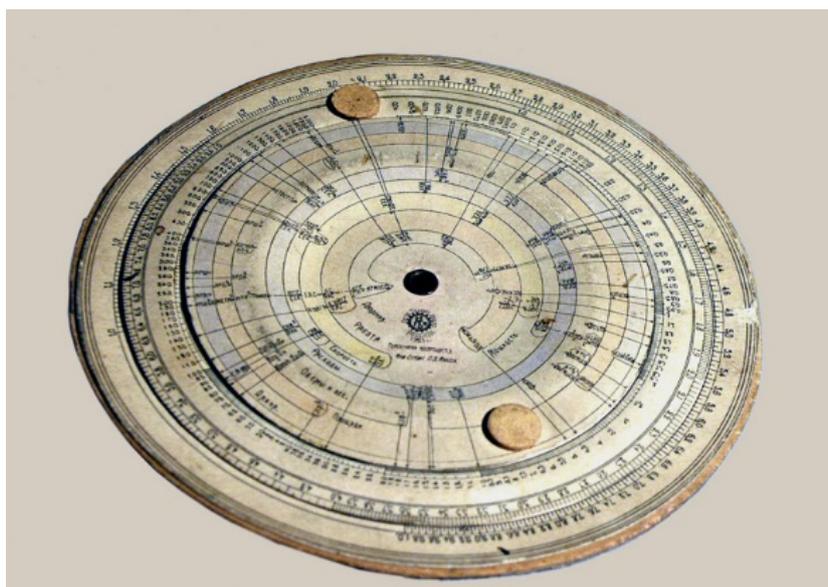


Рис. 5. Расчетная линейка инженера-строителя П.В. Михеева

В 1930-х годах самыми популярными в Советском Союзе были логарифмические линейки «Прометей». Они выпускались с 1930 по 1937 год Латышским культурно-просветительским обществом «Прометей» в Ленинграде на фабрике счетных приборов того же названия. Ведущими инженерами этой фабрики были Я.М. Баскин и Е.А. Клещев, благодаря которым было налажено производство отечественных логарифмических линеек. Они предложили способ изготовления целлулоидных шкал для логарифмических линеек и измерительных приборов, который позволил лучше предохранять краску на шкалах от стирания в процессе их использования (патент № 18929 от 31 января 1931 г. и патент № 23284 от 30 сентября). «Прометей» выпустил несколько сотен тысяч линеек, руководство по их использованию вышло семью изданиями [12]. Кроме нормальных логарифмических линеек общество «Прометей» производило специальные логарифмические линейки – навигационные НЛ-6 и НЛ-7, электротехническую, психрометрическую таблицу для Ассмана и др. Общество «Прометей» было закрыто 14.7.1937 г. постановлением Совета Народных Советов Комиссаров СССР. Все сотрудники и многие члены общества (например, известный художник Густав Клуцис, предполагаемый автор логотипа общества) были расстреляны как националисты или враги народа. Собственность общества была конфискована, но производство логарифмических линеек на фабрике продолжалось. Инструкции, написанные профессором В. Мрочком, получили новое имя: «Краткое руководство к вычислениям при помощи нормальной логарифмической линейки по использованию логарифмических линеек “СПАР”».

В 1933 году ленинградский Завод школьных металлических изделий «Союз» имени Л.Б. Красина также осваивает выпуск логарифмических линеек, а спустя три года – выпуск артиллерийских логарифмических линеек систем Иориша и звукометрических линеек Позоева ЛЗ-11. В течение нескольких десятилетий этим предприятием выпускались самые различные линейки, наиболее известна из них прямая линейка «Ленинград».

Производство счетных линеек не прекращалось в годы Великой Отечественной Войны, развивалось в послевоенное время и значительно возросло в 1960-1970-е годы. В широком ассортименте

изготавливались не только универсальные, но и специальные счетные линейки – геодезические, гидравлические, навигационные и др. В СССР логарифмические линейки производились следующими предприятиями: заводом «Геофизика» (Москва); заводом «Авиаприбор»; Акционерным обществом «Оргаметалл» (Москва); Государственной карандашной фабрикой им. Сакко и Ванцетти (Москва), фабрикой «Прометей» (Ленинград); Московским заводом счетных приборов; Комбинатом «Школьные принадлежности» (Киров); Московским заводом «Контрольприбор» (круговая логарифмическая линейка КЛ-1); Московским заводом «Калибр» (счетная шайба «Спутник»); Раменским заводом счетных приборов (Раменское Московской области); Фабрикой счетных приборов «Оргтехника» (Ленинград); заводом «Союз» (Ленинград); киевским заводом счетных приборов (линейка УСЛ-12 [13]) Типы логарифмических линеек, которые производились в СССР, приведены в Табл. 1.

В конце 1980-х годов в связи с широким распространением электронных вычислительных устройств – калькуляторов и компьютеров, логарифмические линейки стали использоваться все меньше и меньше. В то же время, специальные счетные линейки не потеряли своего значения в самых различных областях: в расчете траекторий космического полета, в строительном деле, машиностроении, водоснабжении, гидравлике, горном деле, геодезии и др.

Таблица 1  
Типы логарифмических линеек, производившихся в СССР

Типы линеек	Шкалы	Действия
простейшая	квадратов, основные	умножение, деление, возведение в квадрат, извлечение квадратного корня
нормальная	квадратов, кубов, основные, логарифмов	умножение, деление, возведение в квадрат и куб, извлечение корней, нахождение логарифма по числу и числа по логарифму, возведение в дробные степени (с помощью шкалы логарифмов в несколько приемов)
полная	логарифмов, квадратов, обратных величин, основные	умножение, деление, умножение, деление на обратные числа, возведение в квадрат и извлечение корней, возведение в любые целые и дробные степени и извлечение степеней (непосредственно в один прием)
простейшая прецизионная	квадратов (начало), начало основных шкал, конец основных шкал, квадратов (конец)	те же действия, что и на простейшей, но вдвое точнее

Линейки, имеющие мемориальное значение, представлены в личных фондах отечественных изобретателей, ученых и конструкторов: А.А. Штернфельда, В.А. Грачева, Б.И. Рамеева, В.М. Глушкова, В.С. Петрова, М.А. Карцева.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Коллекция «Логарифмические таблицы и счетные аналоговые устройства» является единственной в нашей стране, так как в отечественных музеях систематические коллекции по вычислительным устройствам не формируются. Отдельные логарифмические счетные приспособления и линейки хранятся в музее «Государственный Эрмитаж», Пулковской обсерватории, музеях Московского государственного технического университета им. Баумана и Московского государственного университета геодезии и картографии, в частных коллекциях.

Коллекция «Логарифмические таблицы и счетные аналоговые устройства» служит для изучения истории вычислительной техники. Предметы коллекции активно используются в просветительской деятельности музея при проведении экскурсий и лекций. Часть предметов экспонируется в фондохранилище музея «Открытая коллекция», отдельные предметы предоставляются сторонним организациям для выставочной деятельности. На основе предметов данной коллекции совместно с музейными предметами других коллекций возможно воссоздание интерьеров счетных контор, рабочих мест банковских служащих, инженеров, математиков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уманский Л.И. Графические таблицы логарифмов чисел и тригонометрических величин с прибавлением натуральных тригонометрических величин и различных справочных таблиц. Одесса: типо-лит. Шульце, 1906. VI, 30 с., 19 л.
2. Черепашинский М. Теория и употребление карманной счетной линейки инженера М. Черепашинского. Москва, 1883. 37 с.
3. Лейпяля Т., Шилов В.В. Артур Гассельблат и его логарифмическая линейка // Информационные технологии. 2012. № 8. Приложение. С. 14-20.
4. Фон-Бооль В.Г. Приборы и машины для механического производства арифметических действий, Москва, Тов. И.Н. Кушнерев и К, 1896. 244 с.
5. Соловьева О.В. Исторический обзор к научному каталогу коллекции «Логарифмические линейки». Научный архив Политехнического музея, 2003. 85 с.
6. Фивейская М.М. Логарифмические линейки с разрезными шкалами: Прецизионные линейки. М., Л.: ОНТИ. Глав. ред. общетехн. лит-ры и номографии, 1935. 44 с.
7. Поваров Г.Н. Счетный цилиндр А.Н. Щукарева // Памятники науки и техники 1982-1983. М.: Наука, 1984. С. 39-52.
8. Ананов Д.Г. Логарифмическая пластина для технических вычислений: Тип Ш / Ленинградский Политехникум Путей Сообщения. Л.: типо-лит. Транспечать, 1924. 62 с.
9. Астафьев В.Д. Номограммы и таблицы для расчета пружин и пружинных механизмов. Метод. справочное пособие / Ин-т горного дела им. А.А. Скочинского. Спец. конструкторское бюро. М.: [б. и.], 1965. 59 с.: черт.
10. Краткое руководство пользования цилиндрической счетной линейкой сист. проф. Подтягина, 1931. 29 с.
11. Литт Б.Я. Линейка Пояркова для гидравлического расчета каналов. Ташкент: Госиздат УзССР, 1955. 32 с., 1 отд. л. схем.
12. Баскин Я.М. Логарифмы и счетная линейка. М.: Прометей, 1933. 100 с.
13. Дидковский П.В., Дидковская М.М. Универсальная счетная линейка УСЛ-12. Киев: гос. Изд. технической литературы УССР, 1963. 86 с.

## РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В СССР И ВЕДУЩИХ КАПИТАЛИСТИЧЕСКИХ СТРАНАХ В 1960-70-е гг.: ВЗГЛЯД ИЗ ЦК КПСС

Виталий Витальевич Тихонов

*Институт российской истории РАН, Архив РАН, Москва, Российская Федерация,  
tikhonovvitaliy@list.ru*

**Аннотация** – Статья построена на документах аппарата ЦК КПСС, хранящихся в фондах Российского государственного архива новейшей истории (РГАНИ). Данные материалы позволяют проследить восприятие руководящими партийными органами развитие электронно-вычислительной техники в СССР и ведущих капиталистических странах. Делается вывод о внимательном отношении аппарата ЦК к данным вопросам в связи с международной конкуренцией и развертыванием проекта ОГАС в СССР.

**Ключевые слова** – ЦК КПСС, ЭВМ, электронная промышленность.

Проблема развития электронно-вычислительной техники в СССР имеет довольно внушительную историографию [1-9]. Проведенные исследования позволили отказаться от представлений о том, что советское руководство не понимало значение ЭВМ для развития экономики и поддержания статуса ведущей технологической державы в условиях холодной войны. Более того, можно утверждать, что именно глобальное противостояние стало основным фактором развития электронно-вычислительной техники в Советском Союзе. На протяжении 1960-70-х гг. можно было наблюдать, что в СССР происходило постепенное наращивание ресурсов, направленных на развитие данной отрасли [10]. Документы Российского архива новейшей истории (РГАНИ) наглядно демонстрируют, что развитие советской электронно-вычислительной техники происходило в режиме внимательной сверки с развитием данной отрасли в ведущих державах мира, особенно США. В определенном смысле можно говорить о том, что внешнеполитические противники являлись «значимыми иными», чьи достижения определяли вектор работы.

Особое внимание к зарубежным достижениям можно объяснить не только логикой холодной войны. Во второй половине 1960-х гг. стартовал поддержанный на самом верху проект академика АН СССР В.М. Глушкова по созданию Общегосударственной автоматизированной системы управления советской экономикой (ОГАС) [11-13]. В этой ситуации зарубежный опыт по созданию технологий и интегрированных систем вызывал особый интерес.

Между тем ситуация не выглядела очень уж радужной. В материалах, поступавших в аппарат ЦК в 1967 г., признавалось, что СССР значительно отстает от США в наукоемких отраслях экономики, а производительность труда меньше в среднем в 2-2,5 раза [14]. Специальная Комиссия Государственного комитета по науке и технике под председательством А.Н. Мямлина сделала вывод, что к середине 60-х гг. отставание СССР от США в области компьютеростроения было очень серьезным: по количеству ЭВМ – в 17,2 раза, по надежности аппаратных и периферийных устройств – в 10 раз [4, с. 59].

Предполагалось, что ставка на научно-технический прогресс должна исправить ситуацию. В докладе «Технико-экономические показатели развития народного хозяйства СССР в сравнении с соответствующими показателями для США и некоторых других стран» указывалось: «Быстрейшее использование новейших достижений науки в практике, таких как вычислительная техника и электроника, атомная энергетика, новые методы обработки материалов... должны быть основой повышения производительности труда... Повышение эффективности работы научно-исследовательских учреждений, лучшая организация внедрения всего нового и прогрессивного в производство являются нашими важнейшими задачами» [15].

К концу 1960-х гг. СССР все больше отставал от ведущих стран мира в производстве и внедрении ЭВМ. Советские конструкторы и производители сталкивались с невозможностью справиться исключительно своими силами в разработке современных моделей ЭВМ. В 1966 г. ГКНТ, при поддержке министра В.Д. Калмыкова и президента АН СССР М.В. Келдыша, принял решение об унификации архитектуры советских ЭВМ на базе американских серийных компьютеров ИВМ и ДЕС. Против выступили академики А.А. Дородницын и С.А. Лебедев, а также М.К. Сулим, считавшие, что перспективнее работать с западноевропейскими производителями и развивать отечественные наработки [4, с. 241]. С.А. Лебедев в своем письме в ЦК указывал, что копирование готовой системы ИВМ приведет к свертыванию собственных перспективных разработок [16]. На самом деле многие перспективные

разработки были продолжены [4, с. 242], но принцип копирования заметно снизил их интенсивность и скорость внедрения.

В 1968-69 гг. Аппарат ЦК заказал ряд аналитических записок, раскрывающих основные тенденции развития экономики, в том числе и ЭВМ (чему было уделено особое внимание) в западных странах. В записке по США отмечалось быстрое внедрение ЭВМ третьего поколения. Указывался возрастающий уровень продаж электроники, особенно военного назначения, что связывалось с идущей войной во Вьетнаме. Однако и внедрение электроники в промышленность также шло очень быстро. Подчеркивалось «бурное» внедрение в производство интегральных схем. Отмечалось поступательное усовершенствование и удешевление существовавших моделей ЭВМ, применение принципиально новых идей и материалов. Особое внимание было уделено проблеме создания в США крупных вычислительных центров, что коррелировалось с планами развертывания советской ОГАС. Отмечалось, что количество таких центров растет и быстро увеличивается общая стоимость продаваемым ими услуг. Однако указывалось, что альтернативой таким центрам все больше становится растущий спрос на малые ЭВМ. Резюмировалось, что развитием электронно-вычислительных устройств в США в течение ближайших 5-ти лет будет идти «эволюционно» в направлении повышения быстродействия и удешевления существующих моделей. Ожидалось, что основной упор будет сделан на создание новых периферийных устройств [17]. Таким образом, в данном прогнозе не была предсказана начавшаяся в начале 1970-х гг. микропроцессорная революция.

В 1969 г. усилиями специалистов советских посольств были подготовлены записки по развитию науки и техники во Франции и Великобритании. Относительно Франции признавалось, что в области электронно-вычислительных устройств она является отстающей среди развитых стран. Описывались планы по сокращению этого отставания, заключающиеся в создании собственного производства и кооперации с США [18].

В записке по Великобритании, переживавшей не лучшие времена своего экономического развития, указывалось, что радиоэлектроника – одна из ведущих отраслей ее экономики и страна занимает второе место по выпуску ЭВМ в капиталистическом мире [19].

В 1969 г. в США Министерством обороны была создана компьютерная сеть ARPANET, выполнявшая, помимо оборонных задач, в том числе и функции объединения научного потенциала исследовательских учреждений. Многие видят в этой сети прообраз Интернета. Следует отметить, что в Советском Союзе внимательно следили за развитием американских проектов создания информационных сетей Сайбернет и ARPANET [20].

Предполагалось, что в 9 пятилетке (1971-1975) производство и установка ЭВМ в СССР заметно увеличатся, но все равно будет кратно отставать от мировых лидеров, в особенности от США. Так, в докладе 1973 г. «О состоянии разработки, производства и использования в народном хозяйстве электронно-вычислительных машин», подготовленному для ЦК, давались следующие цифры производства и установки ЭВМ.

Таблица 1  
Объемы выпуска ЭВМ в США и СССР [21]

	<b>1965</b>	<b>1970</b>	<b>1975 (прогноз)</b>
<b>США</b>	7200	21700	45500
<b>СССР</b>	311	1518	4475

Таблица 2  
Количество установленных ЭВМ [22]

	<b>1965</b>	<b>1972</b>	<b>1975 (прогноз)</b>
<b>США</b>	30100	100420	195000
<b>ФРГ</b>	1657	15000	30000
<b>Франция</b>	1043	10000	25000
<b>Англия</b>	1160	11000	20000
<b>Япония</b>	1164	14000	38000
<b>СССР</b>	1322	7032	20500 (план)

Как видно из приведенных данных, в количестве используемых ЭВМ СССР значительно уступал США, но еще в 1965 г. был наравне с остальными крупными экономиками мира. Отставание стало

заметным в начале 1970-х гг. При этом отставание по количеству ЭВМ на один миллион человек было еще заметнее – СССР занимал только 19 место в мире [23].

Итак, в аппарате ЦК понимали, что отставание СССР по сравнению с ведущими капиталистическими странами в электронно-вычислительной технике будет только нарастать. Даже если плановые показатели удастся выполнить.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Usdin S.T. *Engineering communism: how two Americans spied for Stalin and founded the Soviet Silicon Valley*. New Haven (Conn.), 2005.
2. Бокарев Ю.П. СССР и становление постиндустриального общества на Западе. 1970-1980-е годы. М.: Наука, 2007. 380 с.
3. Герович В. Интер-Нет! Почему в Советском Союзе не была создана общенациональная компьютерная сеть // *Неприкосновенный запас*. 2011. № 1. С. 21-42.
4. Симонов Н.С. Несостоявшаяся информационная революция: Условия и тенденции развития в СССР электронной промышленности и средств массовой коммуникации. Часть I. 1940-1960-е годы. М., 2013. 270 с.
5. Afinogenov G. Andrei Ershov and the Soviet informational age // *Kritika*. 2013. Vol. 14. № 3. Pp. 561-584.
6. Peters B. *How Not to Network a Nation: The Uneasy History of the Soviet Internet*. Cambridge: MIT Press, 2016.
7. Крайнева И.А., Пивоваров Н.Ю., Шилов В.В. Становление советской научно-технической политики в области вычислительной техники (конец 1940-х - середина 1950-х гг.) // *Идеи и идеалы*. 2016. Т. 1. № 3 (29). С. 118-135.
8. Крайнева И.А., Пивоваров Н.Ю., Шилов В.В. Советская вычислительная техника в контексте экономики, образования и идеологии (конец 1940-х – середина 1950-х гг.) // *Идеи и идеалы*. 2016. Т. 1. № 4 (30). С. 135-155.
9. Крайнева И.А., Марчук А.Г. Академик А.П. Ершов и история информатики в СССР (к 90-летию со дня рождения ученого) // *Гуманитарные науки в Сибири*. 2022. Т. 29. № 1. С. 81-90.
10. Пивоваров Н.Ю. ЦК КПСС и развитие электронной вычислительной техники в СССР в 1958-1962 гг. // *Развитие вычислительной техники в России, странах бывшего СССР и СЭВ: история и перспективы: Труды Пятой международной конференции, Москва, 06-07 октября 2020 года*. М., 2020. С. 248-254.
11. Кутейников А.В. Проект общегосударственной автоматизированной системы управления советской экономикой (ОГАС) и проблемы его реализации в 1960-1980-х гг. Автореф. дисс... на соиск. к.и.н. М., 2011. С. 15-18.
12. Gerovitch S. *InterNyet: Why the Soviet Union Did Not Build a Nationwide Computer Network* // *History and Technology*. 2008. Vol. 24. Pp. 335-350.
13. Peters B. *How Not to Network a Nation: The Uneasy History of the Soviet Internet*. Cambridge: MIT Press, 2016.
14. РГАНИ. Ф. 5. Оп. 60. Д. 231. Л. 13.
15. Там же. Л. 19.
16. РГАНИ. Ф. 5. Оп. 59. Ед. хр. 40. Л. 38-40.
17. РГАНИ. Ф. 5. Оп. 61. Д. 54. Л. 27-33.
18. Там же. Л. 49-51.
19. Там же. Л. 127-128.
20. РГАНИ. Ф. 5. Оп. 66. Д. 25. Л. 44-49.
21. РГАНИ. Ф. 5. Оп. 66. Д. 25. Л. 20.
22. Там же. Л. 20.
23. Там же. Л. 21.

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ НЕФТЯНОЙ КОМПАНИИ «ТАТНЕФТЬ»: ОТ АВТОМАТИЗАЦИИ РУЧНЫХ РАСЧЕТОВ ДО ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Марина Владимировна Тумбинская<sup>1</sup>, Владимир Михайлович Трегубов<sup>2</sup>,  
Олег Владимирович Денисов<sup>3</sup>, Александр Владимирович Чириккин<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева, Казань, Российская Федерация, [tumbinskaya@inbox.ru](mailto:tumbinskaya@inbox.ru)

<sup>2</sup> Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева, Казань, Российская Федерация, [vmtregubov@kai.ru](mailto:vmtregubov@kai.ru)

<sup>3</sup> Лениногорский филиал Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева, Лениногорск, Российская Федерация, [denisovov@tatneft.ru](mailto:denisovov@tatneft.ru)

<sup>4</sup> Лениногорский филиал Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева, Лениногорск, Российская Федерация, [chirikinav@tatneft.ru](mailto:chirikinav@tatneft.ru)

**Аннотация** – В докладе описана история создания и развития информационных технологий и средств вычислительной техники. Описана хронология развития средств вычислительной техники и автоматизированных систем управления, применения средств автоматизации и специального программного обеспечения в производстве нефтяной компании «Татнефть». Представлен обзор музея вычислительной техники на базе предприятия. Описывается современное состояние и перспективы развития цифровых технологий нефтяной компании «Татнефть». Современные цифровые технологии, внедряемые и эксплуатируемые на предприятии, дают возможность непрерывно производить обновление вычислительного оборудования, систем хранения данных и коммуникационных линий, эффективно решать задачи принятия решений на основе технологий искусственного интеллекта.

**Ключевые слова** – вычислительная техника, цифровизация, принятие решений, Татнефть, искусственный интеллект.

### I. ВВЕДЕНИЕ

Внедрение современных интеллектуальных цифровых технологий в нефтегазовую отрасль на сегодняшний день актуальная задача. Применение цифровых технологий в нефтегазовой отрасли сводится к автоматизации всего процесса добычи и переработки нефти и газа и успешно интегрируется с цифровыми системами управления, которые разрабатываются для решения задач предприятий нефтегазоперерабатывающей промышленности в целом [1]. В статье рассматриваются вопросы истории развития информационных технологий и средств вычислительной техники и особенности применения современных интеллектуальных технологий ПАО «Татнефть».

Стратегией компании «Татнефть» является увеличение добычи нефти до 38,4 млн. т. в год к 2030 г. при 100% восполнении запасов. Так как на сегодняшний день практически все крупные нефтяные месторождения Татарстан находятся на последней стадии разработки, для поддержания уровня добычи углеводородов одной из наиболее важных проблем является обеспеченность добычи запасами [2]. ПАО «Татнефть» рассматривает пути увеличения капитализации компании в том числе за счет эффективного использования современных технологий цифровизации производства.

В настоящий момент в ПАО «Татнефть» инициирован ряд крупных проектов, связанных с цифровизацией всех элементов производственных цепочек, целью которых является получение эффектов при формировании цифровых моделей физических и экономических процессов на основе применения современных подходов обработки данных, включающих в себя использование систем высокопроизводительных вычислений и машинного обучения [3].

### II. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НЕФТЯНОЙ КОМПАНИИ «ТАТНЕФТЬ»

Блок информационных технологий нефтяной компании «Татнефть» прошел весь путь становления средств вычислительной техники и информационных технологий – от простой механизации до автоматизации производства. Хронология развития средств вычислительной техники и автоматизированных систем управления нефтяной компании «Татнефть» (1952-2017 гг.) представлена в таблице. В настоящее время IT-блок компании «Татнефть» обслуживает 45,6 тысячи рабочих мест, реализует более 500 проектов, имеет 80 патентов и свидетельств, годовую вычислительную мощность в 500 ТФлопс и обрабатывает один петабайт (1024 терабайта) информации [4].

Хронология развития средств вычислительной техники и автоматизированных систем управления нефтяной компании «Татнефть» [5]:

**1952 г.** *Создание машиносчётного бюро.* Приказом от 01.10.1952 г. объединения «Татнефть» при Бугульминской автотранспортной конторе организовано машиносчётное бюро (МСС) с персоналом в количестве 10 человек. Работа ведется на базе суммирующих машин СДУ-110 и полуавтоматов.

**1954 г.** *Внедрение табуляторов Т-4.* Внедрение табуляторов Т-4МИ, перфораторов, сортировки. Внедрены проекты механизации учета заработной платы, учета работы автотранспорта, учета материальных ценностей объединения.

**1962 г.** *Внедрение табуляторов Т-5М.* Внедрение в Центральную машинно-счетную станцию табуляторов Т-5, итоговых и позиционных перфораторов, репродукторов. Ввод в эксплуатацию системы комплексной механизации 11 предприятий и системы механизации отдельных участков 30 предприятий объединения «Татнефть».

**1965 г.** *Создание фабрики механизированного счета. Создание центральной научно-исследовательской лаборатории.* Центральная машинно-счетная станция переименована в фабрику механизированного счета (ФМС). Распоряжением от 4 сентября 1965 года организована центральная научно-исследовательская лаборатория (ЦНИЛ) при производственном объединении «Татнефть».

**1967 г.** *Комплексная механизация учета в нефтяной промышленности.* Внедрение проекта под руководством В.Ю. Пак и И.В. Петровой «Комплексная механизация бухгалтерского учета в нефтяной промышленности». Проект становится основой всех проектов комплексной механизации предприятий нефтяной промышленности СССР

**1969 г.** *Ввод в эксплуатацию ЭВМ «Минск-22».* 30.08.1969 г. специалистами нового отдела совершенствования управления производством на базе ЭВМ при центральной научно-исследовательской лаборатории (ЦНИЛ) объединения Татнефть.

**1972 г.** *Ввод в эксплуатацию ЭВМ «Минск-32».* Пуск в эксплуатацию двух ЭВМ «Минск-32» с операционной системой «Диспетчер». Разработка информационного, математического обеспечения для решения задач оперативного управления, учета и отчетности в добыче нефти и закачке воды.

**1973 г.** *Создание кустового информационно-вычислительного центра.* Приказом Министерства Нефтяной промышленности СССР от 23.11.1972 г. № 524 и объединения «Татнефть» от 29.12.1972 г. № 464 центральная научно-исследовательская лаборатория (ЦНИЛ) реорганизована в кустовой информационно-вычислительный центр (КИВЦ). Начало строительства Вычислительного Центра.

**1974 г.** *Внедрение ЭВМ Burroughs B6700.* Внедрение большой ЭВМ Burroughs B6700 (США) в 23 объединениях СССР (в том числе в объединении «Татнефть»). Установка в кустовой информационно-вычислительный центр (КИВЦ) рабочей станции Burroughs L6000. Организация передачи суточных сводок в главный информационно-вычислительный центр.

**1975 г.** *Внедрения объединения «Татнефть».* Внедрение системы решения задач оперативного управления, учета, отчетности и текущего планирования в добыче нефти и закачке воды. Тиражирование задач оперативного управления и текущего планирования, сдача в эксплуатацию первой очереди автоматизированной системы управления (АСУ) объединения «Татнефть».

**1977 г.** *Внедрение ЭВМ «Микко-3».* Оснащение всех предприятий объединения мини ЭВМ «Микко-3». Создание системы телеобработки цех-предприятия-кустовой информационно-вычислительный центр. Разработка проекта автоматизации нефтедобывающих скважин с использованием мини ЭВМ по радиоканалам.

**1978 г.** *Ввод в эксплуатацию ЭВМ ЕС-1040.* Разработчик и изготовитель: отделение VEB Robotron-Anlagenbau в г. Карл-Маркс-штадт, ГДР. Главный конструктор ЕС ЭВМ от ГДР – М. Гюнтер.

**1980 г.** *Разработка программ на базе ЕС ЭВМ. Создание отраслевого фонда алгоритмов и программ.* Освоение системы управления базами данных «Ока». Разработка и внедрение 50 комплексов программ централизованного решения задач учета и анализа по подсистемам основного производства, технологического обслуживания производства, бурения, бухгалтерского учета, технико-экономического планирования. Приказом Министерства нефтяной промышленности СССР в ПО «Татнефть» при кустовом информационно-вычислительном центре создан отраслевой фонд алгоритмов и программ (ОФАП). Численность кустового информационно-вычислительного центра достигает 767 человек – максимальное количество за всю историю существования предприятия.

**1983 г.** *Ввод в эксплуатацию ЭВМ ЕС-1045.* Пуск в эксплуатацию ЭВМ ЕС-1045 Казанского завода электронно-вычислительных машин. Пуск в эксплуатацию вычислительного комплекса ВК-2М45, состоящего из двух ЭВМ ЕС-1045 производства Казанского завода электронно-вычислительных машин. Пуск в эксплуатацию ЭВМ СМ-4.

**1984 г.** *Разработка автоматизированной системы управления «Добыча нефти».* Разработка и внедрение типовой отраслевой автоматизированной системы управления «Добыча нефти» совместно с КИВЦ «Башнефть» и «Нижневартовскнефтегаз». Начало интенсивного освоения малых ЭВМ общего назначения отечественного производства СМ-1600, СМ-1420.

**1988 г.** *Оснащение первыми персональными компьютерами.* Начало оснащения объединения персональными компьютерами. Приобретены первые компьютеры IBM, Amstrad PC1512, Robotron 1715, Robotron 1910, Искра 1256, Электроника ДЗ-28, DRS-6000, МикроЭВМ ЕС 1841, МикроЭВМ Электроника-60.

**1990 г.** *Разработка концепции развития ИТ. Разработка локальных задач.* Разработка концепции развития информационных технологий на 1990-1995 годы. Концепция подразумевала нецентрализованное развитие программных продуктов на базе персональных продуктов без использования единого вычислительного центра. Разработка и внедрение 50 комплексов задач децентрализованной обработки информации на базе персональных компьютеров по оперативному управлению, учету и отчетности в добыче нефти и закачке агента в пласт, по промышленным исследованиям скважин и пластов, по ремонтному обслуживанию и обеспечению нефтедобычи (на базе FoxPro).

**1992 г.** *Создание типографии.* Организация в кустовом информационно-вычислительном центре собственной типографии. Получена лицензия на издательскую и полиграфическую деятельность.

**1994 г.** *Создание управления «ТатАСУнефть». Массовое внедрение компьютеров.* В связи с расширением выполняемых функций и задач кустового информационно-вычислительного центра, внедрением средств вычислительной техники, программных продуктов в подразделениях АО с 01.10.1994 г. КИВЦ, согласно приказу № 278 от 03.10.1994 г. АО «Татнефть», переименован в Управление по внедрению и техническому обслуживанию автоматизированных систем управления производством (ТатАСУнефть). Приобретение по контракту, заключённому с Казанским производственным объединением (КПО ВС), 500 единиц персональных компьютеров. Компьютеры на базе процессора Intel 80386 установлены во всех структурных подразделениях АО «Татнефть».

**1996 г.** *Контракт с Hewlett Packard.* Разработка программы внедрения информационных технологий до 2001 г. Заключение контрактов для создания современной информационной технологии управления на базе волоконно-оптических линий передачи информации, СУБД 4-го поколения Oracle, геоинформационной системы ArcInfo, пакетов программ геологического и гидродинамического моделирования, ЭВМ с риск-процессорами.

**1997 г.** *Создание первых цифровых карт.* Создание структурированной кабельной сети. Внедрение единой системы бухгалтерского учета на базе пакета Fort Dialogue. Создание первых цифровых карт: начата оцифровка системы нефтегазосбора НГДУ «Иркеннефть» с бумажных носителей. Оцифровка карты города Альметьевска с бумажных носителей. Внедрение ГИС GeoDraw, GeoGraph и векторизатора EasyTrace. Создание первой в Альметьевске структурированной кабельной сети в головном здании АО «Татнефть». Создание структурированной кабельной сети во многих структурных подразделениях АО «Татнефть». Внедрение единой системы бухгалтерского учета на базе пакета Fort Dialogue. Разработка комплексов на ПЭВМ по учету финансовых операций через расчетно-кассовый центр, по анализу дебиторской и кредиторской задолженности, по расчету налогов.

**1999 г.** *Запуск центра обработки данных ОАО «Татнефть». Начало внедрения системы управления предприятием с использованием ERP-системы на базе SAP R/3.* Кардинальное переоснащение парка информационно-вычислительных средств ОАО «Татнефть» высокопроизводительными серверами, современными средствами информационных технологий. Запуск центра обработки данных (ЦОД) ОАО «Татнефть». Основные вычислительные мощности Центра обработки представлены серверами компании Hewlett Packard (сервера L и N-классов). Решение Совета директоров Компании «Татнефть» о создании единой системы управления предприятием с использованием ERP-системы на базе SAP R/3. Старт первого проекта по созданию системы управления финансовой деятельностью на базе системы SAP R/3 версии 4.0B.

**2000 г.** *Внедрение ГИС ArcView и ArcInfo. Внедрение программного комплекса «Производственный учёт месторождений нефти и газа». Внедрение системы делопроизводства СЭД «Дело».* Внедрение геоинформационных систем на платформе ESRI ArcView и ArcInfo. Внедрение программного комплекса «Производственный учёт месторождений нефти и газа» (OilServer) российской компании Sterling Group, системного интегратора и разработчика прикладного ПО для решения технологических задач нефтегазовой отрасли. Внедрение системы делопроизводства СЭД «Дело». СЭД «Дело» была утверждена в качестве стандарта документооборота для всех предприятий ОАО «Татнефть». Издан приказ «О внедрении системы «Дело» в подразделениях и дочерних предприятиях ОАО «Татнефть».

**2001 г.** *Внедрение АСУТП ЦДНГ «МЕГА».* Внедрение системы АСУТП ЦДНГ «МЕГА» – набора аппаратно-программных средств, позволяющего решить следующие задачи: локальная автоматизация технологических объектов; автоматический контроль и управление технологическим процессом в целом.

**2002 г.** *Внедрение программно-аппаратного комплекса ДИСК-110.* Внедрение программно-аппаратного комплекса ДИСК-110 компании Sterling Group для измерения и автоматизированного коммерческого и технического учета производства, распределения и потребления электрической энергии и мощности (АСКУЭ).

**2003 г.** *Создание Центра компетенции SAP. Внедрение комплекса «Татнефть-Нефтедобыча».* На базе отдела внедрения финансовых подсистем R3 управления «ТатАСУнефть» создан Центр компетенции по внедрению SAP R/3. Введены в промышленную эксплуатацию система управления финансовой деятельностью и система управления складами и хозяйственной деятельностью на базе SAP R/3. Внедрение в промышленную эксплуатацию комплекса «Татнефть-Нефтедобыча» (подсистемы «Добыча, ППД, разработка», «Учет изменений конструкции ствола скважины и скважинного оборудования», «Ремонты скважин», «Гидродинамические исследования», «Планирование затрат, учет и контроль геолого-технологических мероприятий»).

**2016 г.** *Создание центра моделирования.* В «Татнефть» создали центр моделирования, перед которым поставлена задача обеспечить постоянно действующими геолого-гидродинамическими моделями все основные объекты разработки. Основными элементами визуализации результатов моделирования являются карта эффективных нефтенасыщенных толщин, структурная карта, карта проницаемости и пористости коллекторов, карта пластовых давлений.

**2017 г.** *Внедрение экспертно-аналитической программы NGT Smart. Разработка единого программно-технического комплекса автоматизированной системы дистанционного контроля и управления. Разработка «Эдисон плюс».* Начато внедрение экспертно-аналитической программы NGT Smart для решения оперативных задач по мониторингу и управлению разработкой нефтяных месторождений. Программа является рабочим инструментом промысловых инженеров-разработчиков, обеспечивает качество геолого-промысловой информации, создаёт единое информационное пространство и обеспечивает визуализацию данных для принятия решений. Разработано и завершено внедрение первого этапа АСДКУ, который разрабатывался в рамках концепции «Интернета вещей». АСДКУ – Единый программно-технический комплекс Автоматизированной Системы Дистанционного Контроля и Управления. АСДКУ состоит из набора программных и технических средств, предназначенных для сбора, обработки и хранения телеметрических данных из различных источников: системы сбора, системы подготовки, системы ППД и системы энергоснабжения в единое информационное пространство, представления их на устройства мобильных пользователей, а также автоматизированные рабочие места в виде стандартного набора экранных форм и отчетов, предназначенных для оперативного контроля и управления технологическими объектами нефтедобычи [6]. Внедрение IT-инструмента «Эдисон плюс», позволяющего вовлечь в процесс создания инноваций каждого сотрудника. Число корпоративных пользователей данной системы, являющейся банком десятков тысяч рацпредложений, насчитывает около 3 тыс. [7].

Нефтяная компания «Татнефть» ежегодно регистрирует более 200 патентов на изобретения, полезные модели и программы для ЭВМ. В 2016 году было в общей сложности получено 294 охранных документа. В том числе ведется активная работа по защите разработок компании за рубежом. В настоящее время ПАО «Татнефть» имеет 21 зарубежный патент. Компания контролирует все этапы цепочки создания ценностей, начиная от идентификации существующих технологических вызовов и завершая этапами создания прототипов с дальнейшим испытанием, внедрением в производство и коммерциализацией. С этой целью создан современный IT-инструмент «Эдисон», позволяющий вовлечь в процесс создания инноваций каждого сотрудника [8].

### III. МУЗЕЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НЕФТЯНОЙ КОМПАНИИ «ТАТНЕФТЬ»

Согласно [4], история IT-блока «Татнефти» началась в 1952 году с нескольких полуавтоматов и четырех суммирующих машин СДУ-110. Компания стала первопроходцем в развитии вычислительной техники всей нефтяной промышленности нашей страны. На базе предприятия создан музей вычислительной техники. Первые экспонаты музея вычислительной техники были собраны при личном участии первого руководителя подразделения Б.А. Загирова. Значительная часть компьютеров, средств связи и других уникальных предметов находятся в рабочем состоянии. На рис. 1 и 2 представлены фрагменты экспозиции музея вычислительной техники [4].

В 1952 году обрабатывать вручную большое количество путевых и приходных листов, ордеров, расчеток заработной платы было сложно, в связи с чем возникла потребность в механизации ручных расчетов и учетных задач. Информатизация началась с нескольких полуавтоматов и четырех суммирующих машин СДУ-110. Одна из этих машин сохранилась и представлена в экспозиции, с ее помощью можно было быстро умножать и складывать большие числа. Довольно быстро вычислительные машины начали использовать во всех направлениях деятельности компании.

С появлением в нефтяной компании «Татнефть» компьютеров второго поколения «Минск-22» были вовлечены в процесс автоматизации программисты, которые работали на языках программирования: Cobol, Algol, Fortran. Особое место среди сотен экспонатов музея занимает «командирский» телефон, который модернизирован под индивидуальные потребности руководителя. Другого такого в мире нет. В

конце 1980 годов инженеры «Татнефти» носили с собой аналог современной флэш-карты. Выглядела она как небольшой стальной ящик с застежками и ручкой. Внутри было устройство, которое могло записать на магнитную кассету около 150 килобайт информации.



Рис. 1. Фрагмент экспозиции музея вычислительной техники



Рис. 2. Страницы альбома по истории вычислительной техники

Изначально появились первые персональные компьютеры Robotron из ГДР, затем более совершенная техника, например, ноутбуки «Макинтош» с оперативной памятью в два мегабайта и жестким диском на 40 мегабайт. Спустя короткое время компания «Татнефть» стала использовать сетевые технологии и полностью связала все свои подразделения единой сетью [9].

#### IV. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НЕФТЯНОЙ КОМПАНИИ «ТАТНЕФТЬ»

Современное состояние цифровых технологий ПАО «Татнефть» характеризуется направленным развитием корпоративных информационных систем, одной из которых является корпоративная информационная система «АРМИТС», представляющая собой базовую информационную систему оперативного контроля и управления процессами нефтедобычи, обеспечивая эффективную разработку месторождений, в которой пользователю предоставляется широкий спектр инструментов для решения задач, покрывающих все основные бизнес-процессы компании. Система представляет собой единую базу данных, содержащую полный перечень показателей добычи нефти и информацию об эксплуатации нефтепромысловых объектов [10].

Кроме того, совместно с ведущими вузами разрабатываются отдельные программные решения, призванные решать насущные задачи нефтяников. Примером успешной разработки программного

комплекса в современных условиях может служить разработка ПО EPSILON, которая производилась совместными усилиями специалистов Центра обслуживания бизнеса ПАО «Татнефть», Альметьевского государственного нефтяного института, института «ТатНИПИнефть», Новосибирского государственного технического университета и КНИТУ-КАИ [11]. Эта уникальная разработка на основе использования высокопроизводительных вычислительных алгоритмов позволяет максимально эффективно планировать разработку месторождений компании в изменяющихся макро- и микроэкономических условиях. Программное обеспечение содержит в себе предсказательные и моделирующие модули, с учётом любого развития событий и условий рассчитываются сценарии разработки по всем месторождениям. Система позволяет сгенерировать до 500 сценариев по каждому объекту разработки. При этом программа сама отбирает наиболее оптимальные варианты: по временным рамкам, с точки зрения экономики и эффективности добычи. Для работы комплекса используется суперкомпьютер NVIDIA DGX-1, благодаря его вычислительной мощности равной 1 петафлопс, появилась возможность создать технологию долгосрочного планирования инвестиций [12].

Отдельно необходимо отметить, что в компании непрерывно производится обновление вычислительного оборудования, систем хранения данных и коммуникационных линий. К 2018 году в компании введен в эксплуатацию современный центр обработки данных с общей ёмкостью корпоративного дата-центра: более 1300 процессоров и свыше 1,5 Пб (петабайт) обрабатываемой информации. Такая емкость позволяет предоставлять вычислительные мощности для всех структурных подразделений ПАО «Татнефть». В том же году был открыт проект по созданию собственной корпоративной сети передачи данных (КСПД) [13].

Общее количество сопровождаемых информационных систем оценивается полутора сотнями единиц, с общим охватом свыше 8,5 тысяч рабочих мест. С 2021 года процессы управления ресурсами компании частично переведены на платформу 1С.

На данный момент времени в компании полноценно внедрены системы электронного документооборота, что позволило максимально отказаться от использования бумажных носителей.

В 2020 году специалисты компании произвели перевод хранилища данных на технологии Huawei. Была произведена масштабная модернизация центра обработки данных, внедрена система Huawei OceanStor Dorado V6. Все компоненты системы разработаны Huawei Technologies, массив не содержит технологий или компонентов других производителей. Данные технологии позволяют в 2-5 раз ускорить работу с корпоративными данными за счёт переноса массива информации на твердотельные накопители, что непосредственно позволило реализовать концепцию георезервирования основных IT-сервисов [14].

ПАО «Татнефть» по праву может считаться одной из самых современных компаний, смело внедряющих передовые технологии использующие элементы машинного зрения в производство. В 2022 году на Бугульминском механическом заводе встал на «боевое» дежурство автономный охранный робот «Трал-Патруль». Для данного умного охранника плохая погода и условия низкой освещенности не представляют проблем, комплект из высокочувствительных камер видеонаблюдения с режимом ночного видения позволяет фиксировать обстановку и распознавать лица в непрерывном режиме. Робот понимает, когда у него заканчивается заряд батареи и самостоятельно отправляется на зарядную станцию [15].

Перспективным направлением является внедрение в процессы компании нейронных сетей, обладающих функцией помощи при принятии решений. Так в Компании создаётся программа «ТН нейрокам», основанная на инструментах и технологиях искусственного интеллекта (ИИ). В Центре моделирования научились напрямую подключаться к цифровым двойникам, к информационным базам Компании и выгружать все данные в нейросети. Например, показатели добычи, текущие запасы на участках объекта разработки, интервалы перфорации в скважинах, пористость, нефтенасыщенность и т.д. В отличие от существующих методов подбора геолого-технологических мероприятий, на рассматриваемом объекте разработки искусственный интеллект считает и выдает скважины-кандидаты для проведения геолого-технологических мероприятий [16].

Компания активно занимается повышением уровня компетенции своих сотрудников в области современных информационных технологий. Так, в 2021 году совместно со СберУниверситетом реализован проект «Школа IT-Профессий», где организовано обучение по программе «Цифровой интенсив» [17]. Также на базе корпоративного университета «Татнефти» реализована профессиональная переподготовка сотрудников на востребованную профессию бизнес-аналитика. В 2022 году в рамках федерального проекта по стратегическим инициативам правительства России в сфере образования и науки направленного на подготовку квалифицированных кадров для высокотехнологичных отраслей экономики совместно с университетом ИТМО (Санкт-Петербург) при поддержке ПАО «Татнефть» на

базе АГНИ создана передовая инженерная школа, где открыта магистерская программа «Искусственный интеллект в биотехнологических системах». Всего в России открыто 30 таких школ [18].

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлена история создания и развития информационных технологий и средств вычислительной техники. Описаны применяемые средства вычислительной техники и программное обеспечение для решения производственных задач в период 1952-2017 гг. Компания «Татнефть» стала первопроходцем в развитии вычислительной техники всей нефтяной промышленности СССР. Представлен обзор музея вычислительной техники, который был создан силами и средствами сотрудников предприятия. Описано развитие современных программных комплексов по управлению производством. На предприятии введен в эксплуатацию современный центр обработки данных с общей ёмкостью корпоративного дата-центра: более 1300 процессоров и свыше 1,5 Пб (петабайт) обрабатываемой информации, что позволяет предоставлять вычислительные мощности для всех структурных подразделений ПАО «Татнефть». Общее количество сопровождаемых информационных систем оценивается полутора сотнями единиц, с общим охватом свыше 8,5 тысяч рабочих мест.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азиева Р.Х. Поиск и освоение новых месторождений: методологический подход экономической оценки применения цифровых технологий в нефтегазовой отрасли // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. 2021. № 3 (37). С. 53-66.
2. Лутфуллин А.А., Бачков А.П., Ибрагимов У.В., Базаревская В.Г., Шавалиев М.А., Сафаров А.Ф., Дрягалкина А.А., Валеев И.И., Галимова А.А. Алгоритм геологической оценки привлекательности внешних активов за пределами Республики Татарстан. Сборник научных трудов ТатНИПИнефть. Вып. № ХС. Набережные Челны: ООО «Экспозиция Нефть Газ», 2022. 292 с.
3. Насыбуллин А.В., Саттаров Р.З., Латифуллин Ф.М., Денисов О.В., Чирикин А.В. Разработка технологии долгосрочного планирования инвестиций для эффективной разработки нефтяных месторождений на основе высокопроизводительных вычислений и машинного обучения // Вестник НЦБЖД. 2020. № 4 (46). С. 146-154.
4. Карамов И. «Мозг» компании «Татнефть» отмечает свое 70-летие [электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.business-gazeta.ru/article/572143?erid=Pb3XmBtzt5vBwNHwQz2t9J9iu6Rtgsqzqz21VKW/>
5. Ключевые вехи развития ИТ в компании Татнефть [электронный ресурс]: режим доступа: <https://xn--b1alf4c.xn--p1ai/history/>
6. Об автоматизированной системе дистанционного контроля и управления АСДКУ [электронный ресурс]: режим доступа: <https://ntca2i.ru/info/articles/ob-avtomatizirovannoy-sisteme-kontrolya-i-upravleniya-asdku/>
7. Маликов А. «Татнефть» выстроила систему интеллектуальных ценностей [электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.tatar-inform.ru/news/tatneft-vystroila-sistemu-intellektualnyh-tsennostey>
8. «Татнефть» участвует в Международном форуме [электронный ресурс]: режим доступа: [https://tender.tatneft.ru/news/2017/tatneft-uchastvuet-v-mezhdunarodnom-forume/?SECTION\\_CODE=2017&ELEMENT\\_CODE=tatneft-uchastvuet-v-mezhdunarodnom-forume&lang\\_ui=en](https://tender.tatneft.ru/news/2017/tatneft-uchastvuet-v-mezhdunarodnom-forume/?SECTION_CODE=2017&ELEMENT_CODE=tatneft-uchastvuet-v-mezhdunarodnom-forume&lang_ui=en)
9. Кирсанов С. Как «Татнефть» развивала цифровизацию нефтяной отрасли [электронный ресурс]: режим доступа: <https://rg.ru/2022/11/17/reg-pfo/kak-tatneft-razvivala-cifrovizaciiu-neftianoj-otrasli.html>
10. Фадеев В.Г., Заббаров Р.Г., Хуснутдинов А.А. УИС «Армитс»-базовая информационная система ОАО «Татнефть» в области добычи нефти // Нефтяное хозяйство. 2012. № 7. С. 38-40.
11. Катасёв А.С., Катасёва Д.В., Аникин И.В., Трегубов В.М., Емалетдинова Л.Ю., Шайхразиева Л.Р., Гирфанов Р.Г., Денисов О.В., Лазарева Р.Г., Латифуллин Ф.М., Саттаров Р.З., Хафизов Р.Р., Чирикин А.В., Шарифуллина М.А., Насыбуллин А.В., Хаярова Д.Р., Шакирзянов Р.М. Программный комплекс поддержки принятия решений по формированию множества предпочтительных вариантов геолого-технических мероприятий (ввода скважин в эксплуатацию) при разработке нефтяного месторождения. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020665887, 02.12.2020. Заявка № 2020665114 от 23.11.2020.
12. В России появилась ИТ-программа для долгосрочного планирования разработки нефти [электронный ресурс]: режим доступа: [https://iadevon.ru/news/oil/v\\_rossii\\_poyavilas\\_it-programma\\_dlya\\_dolgosrochnogo\\_planirovaniya\\_razrabotki\\_nefti-12394/](https://iadevon.ru/news/oil/v_rossii_poyavilas_it-programma_dlya_dolgosrochnogo_planirovaniya_razrabotki_nefti-12394/)
13. Татнефть объединит все свои подразделения в единое защищенное ИТ-пространство [электронный ресурс]: режим доступа:

[https://iadevon.ru/news/Technologies/tatneft\\_obedinit\\_vse\\_svoi\\_podrazdeleniya\\_v\\_edinoe\\_zashchishchennoe\\_it-prostranstvo-7962/](https://iadevon.ru/news/Technologies/tatneft_obedinit_vse_svoi_podrazdeleniya_v_edinoe_zashchishchennoe_it-prostranstvo-7962/)

14. «Татнефть» перевела хранилище данных на технологии Huawei [электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/4328505>

15. Нефтяные вести. 15 марта 2023 года | № 10 (2960) [электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.tatneft.ru/uploads/publications/6411b6071b302775976493.pdf>

16. Нефтяные вести. 8 февраля 2023 года | № 5 (2955) [электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.tatneft.ru/uploads/publications/63e32e9890873799438523.pdf>

17. Обучение и развитие [электронный ресурс]: режим доступа: [https://www.tatneft.ru/sustainable\\_development/personnel/education\\_and\\_development](https://www.tatneft.ru/sustainable_development/personnel/education_and_development)

18. Передовая инженерная школа – совместный проект «Татнефти», Университета ИТМО (Санкт-Петербург) и АГНИ [электронный ресурс]: режим доступа: [https://www.tatneft.ru/sustainable\\_development](https://www.tatneft.ru/sustainable_development)

## ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ ВИДЕОИГР ДЛЯ ГЕЙМИФИКАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

Игорь Андреевич Чудакин<sup>1</sup>, Евгений Александрович Халтурин<sup>2</sup>,  
Сергей Александрович Виденин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Сибирский федеральный университет, Красноярск, Российская Федерация, chudakin98@gmail.com

<sup>2</sup>Сибирский федеральный университет, Красноярск, Российская Федерация, ekhalturin@sfu-kras.ru

<sup>3</sup>Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,  
Москва, Российская Федерация, svidenin@hse.ru

**Аннотация** – Начиная с 21 века было разработано множество подходов к геймификации, которые всё больше находят своё применение в приложениях различной сложности и различной направленности. При этом лишь небольшая часть из широкого разнообразия существующих приемов геймификации используется в обучающих приложениях. В работе представлена ретроспектива научных исследований видеоигр, хронологически показана специфика их использования в рамках обучающего процесса. Представлен анализ того, почему только некоторые подходы к геймификации нашли своё приложение в процессах обучения.

**Ключевые слова** – геймификация, образование, видеоигры, персональные ЭВМ.

### I. ВВЕДЕНИЕ

С целью полноценного анализа исторического опыта геймификации образования, необходимо рассмотреть, как зарождалась геймификация в целом, что побудило исследователей изучать игры и то, как они развивались. В настоящей работе научные исследования мы будем рассматривать в контексте трех направлений:

- Игра и видеоигра, как явление в истории и культуре.
- Исследование игр и видеоигр в научных трудах.
- Исследования, посвящённые геймификации образования посредством видеоигр.

Все тезисы будут изложены в исторической хронологии с целью показать причинно-следственную связь между развитием видеоигр, их исследованиями и развитием концепции геймификации. Основная цель данной работы – показать хронологию исследований в русскоязычном сегменте публикаций с учётом динамики их развития и определить, какие направления, заложенные ранними исследователями, действительно были проработаны и экспериментально подтверждены, а работа над какими была приостановлена.

Анализ исторического опыта покажет не только актуальные траектории исследований, но и позволит по-новому взглянуть на исследования, работа по которым была по тем или иным причинам приставлена.

### II. ЭПОХА ЭВМ – ВИДЕОИГРЫ

Важно отметить, что в нашем исследовании мы будем различать термины «игра» и «видеоигра». В научно-исследовательской литературе существует подмена этих понятий, хотя в индустрии разработки игр есть четкая граница между ними:

- игра – добровольная деятельность, которая позволяет пережить опыт и получить яркие эмоции;
- видеоигра – игра, которая реализуется с помощью электронной вычислительной машины (ЭВМ).

Можно сделать вывод, что видеоигра – это игра на любой платформе (персональный компьютер, мобильное устройство и т.д.), а игра компьютерная – видеоигра, предназначенная для персонального компьютера. Однако, не все исследователи учитывают данное различие в своих трудах, что приводит к подмене понятий и может вызвать затруднения в ходе анализа их работ. Так, например, по ключевому слову «компьютерная игра» можно получить больше статей, чем по ключевому слову «видеоигра», несмотря на то что второе понятие является более широким.

Первой видеоигрой, использующей для своей работы ЭВМ, стали «Крестики-нолики». Более того, для этой цели был построен специализированный компьютер, получивший имя *Bertie the Brain* (*Берти-Мозг*). Его создателем был известный инженер-электронщик Джозеф Кейтс, один из разработчиков первого универсального канадского компьютера *UTEC*. Осенью 1950 г. *Bertie* экспонировался на Канадской национальной выставке в Торонто и произвел настоящий фурор – желающие померяться силами с

машиной выстраивались в длиннейшие очереди. Игрок вводил свой ход посредством расположенной перед ним подсвечиваемой клавиатуры, а ход игры отображался на огромной лицевой панели (высота машины составляла около 13 футов) (рис. 1). Заметим, что при этом учитывался и психологический аспект – время от времени разработчик изменял параметры программы так, чтобы человек мог одержать победу над машиной.



Рис. 1. Bertie the Brain, компьютер для игры в «Крестики-нолики»

Другой пример одной из первых видеоигр – «Теннис на двоих» (рис. 2). Она была разработана Букхейвенской национальной лабораторией в 1958 году для осциллографа на аналоговом компьютере. Играть в неё могли два пользователя в режиме реального времени.

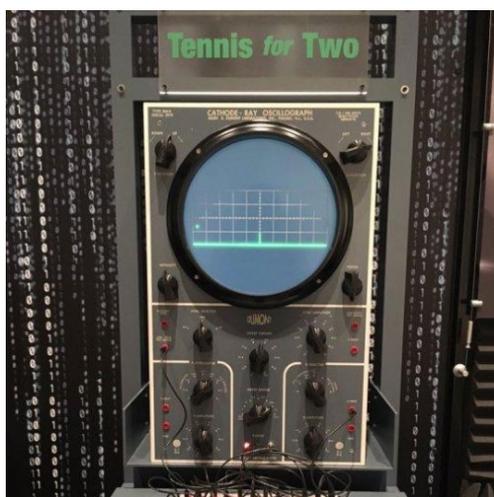


Рис. 2. Игра «Теннис на двоих» на экране осциллографа

Разумеется, в период зарождения видеоигр не было такой профессии, как геймдевелопер (разработчик игр) и разработкой видеоигр занимались исключительно люди, имеющие непосредственный доступ к ЭВМ. Не было и соответствующей отрасли, которая бы задавала тренды в данной индустрии. Таким образом, следующей разработанной видеоигрой, например, могла стать любимая настольная игра человека, который возьмется за её перенос в электронный формат. Так и произошло в 1957 году, когда Алексом Бернштейном был осуществлён перенос игры «Шахматы» в цифровую среду.

Уже в конце 60-х годов XX века появились компьютеры, доступные для пользования в университетах, благодаря чему появилось множество видеоигр, разработкой которых в основном занимались студенты и преподаватели. Среди популярных жанров того времени был квест, в частности, поджанр с заранее снятым видеорядом – *Full Motion Video (FMV)*, то есть, видеоигра содержала в себе заранее заготовленные сценарии, между которыми пользователь мог при необходимости переключаться. Именно в этом формате и была создана в 1971 г. первая образовательная видеоигра *The Oregon Trail*, которую разработали студенты Карлтонского колледжа города Миннесоты.

Если рассматривать игровую индустрию на пространстве бывшего СССР, то нельзя обойти вниманием изобретение «Тетриса». Алексей Пажитнов создал эту видеоигру в 1984 году, но она до сих пор знакома едва ли не каждому человеку, и многие разработчики до сих пор разрабатывают всё новые вариации.

### III. ЭПОХА ЭВМ – ИССЛЕДОВАНИЯ ИГР

Игровая индустрия – это область, в которой производство опережает науку. Типичным сценарием является появление технологии или геймдизайнерских структур сначала в самих видеоиграх, а уже потом они освещаются в научных трудах. Самые ранние публикации, посвященные изучению игр в целом (в том числе и видеоигр), которые удаётся найти сейчас, изданы в 1970-х годах и отсылаются в основном либо на более ранние тезисные публикации самих авторов, либо на публикации иностранных коллег. Если по ключевому слову «игры» просмотреть публикаций этого времени, то можно выделить следующие группы исследований:

- Исследования, посвящённые теории игр.
- Игровые формы в культуре и обществе.
- Обзор игровой деятельности с точки зрения психологии.
- Игр в прикладных задачах.

Публикации, посвящённые теории игр, не будут интересовать нас в рамках данного исследования, поскольку относятся в большей степени к математике, чем к геймификации образования. Публикации, посвящённые игровым формам в культуре и обществе, изучают различные этнические обряды или игры, реализуемые без использования ЭВМ, также не относятся к затрагиваемому в настоящей работе вопросу. Последние, выделяемые нами, две группы рассмотрим на конкретных примерах.

Группа публикаций, посвящённых психологическим исследованиями влияния игр, концентрировалась на попытках объяснить механизмы игрового поведения, что в свою очередь потом можно было применить в прикладных исследованиях и разработках. Кроме того, изучался и сам феномен игр. Так А.Г. Шмелев, И.В. Бурмистров, А.И. Зеличенко, А.Л. Пажитнов ещё в 1988 году в своей публикации [1] представили классификацию игр, которая разбивала их по жанрам или по психологическим функциям. Вполне естественно, что авторами того времени изучался и вопрос мотивации. Данный аспект всегда указывается как преимущество игр. Игры – это добровольная деятельность, следовательно, игрок обладает большей мотивацией к совершению действий. Однако в публикациях данное преимущество игр прослеживается как данность. Связано это с этимологическим происхождением слова игра, а также с подразумеваемыми под этим термином действиями. Кроме того, большое количество фундаментальных исследований действительно сделали данный факт практически аксиомой. Тем не менее, в публикации Ю.В. Фомичевой и тех же А.Г. Шмелева, И.В. Бурмистрова [2], появившейся в 1991 г., прослеживается интересный тезис о типе мотивации, который может меняться у игроков с опытом игры. Этот момент интересен тем, что в других публикациях редко мотивацию подразделяют на разные типы. Здесь же указывается, что игроки-новички и игроки-ветераны имеют разные причины для игры. Если на ранних стадиях игры воспринимаются как что-то потенциально новое для изучения, требующее внимания и концентрации, то для более опытных игроков игры – это способ отвлечься, скоротать время, хотя механически деятельность может быть одна и та же. Мало в каких других публикациях игры рассматриваются не как статический источник мотивации, а как динамический объект, который может менять степень и природу значимости для игрока.

Естественно, не обошли данные исследования и видеоигры. Можно отметить исследования Ю.В. Фомичевой, так в её диссертации от 1993 года [3], обобщается труд всех предыдущих исследований. Приведем наиболее важные, для нашего исследования, аспекты её работы:

- Постановка задачи по подбору видеоигр, а не их разработке, для получения конкретных психологических эффектов.
- Перечисление как наград, так и наказаний, что используются в игровом дизайне.

Помимо перечисленных выше авторов, стоит упомянуть работу С.А. Шапкина [4], выпущенную в 1999 году, в которой он отразил ситуацию с публикациями на конец 1990-х годов. В данной работе автор отметил нехватку исследований в русскоязычном сегменте публикаций того времени, попутно указывая, что все прикладные исследования преимущественно вышли после 1990-х годов. В продолжение тезиса о подборе игр для прикладных целей, С.А. Шапкин рассматривает идею не просто поиска готовых видеоигр, а адаптации их под конкретные прикладные цели.

В этот период авторами публикаций обращается внимание на всё более размытые границы жанров и подчёркивается необходимость новой классификации игр по психологическому содержанию. Важным моментом является исследование реализма в видеоиграх. Как оказалось, вовсе не обязательно дотошно

воссоздавать виртуальную реальность. Достаточно и абстрактной видеоигры, чтобы она возымела эффект. Более того, иногда абстракция эффективнее реализма. Подобно тому, как Ю.В. Фомичева обращала внимание на наказания в играх, С.А. Шапкин приводит пример исследования с фрустрирующей игрой, показывая, что и проигрыш может быть интересен для изучения.

Следует отметить, что в публикациях конца XX века влияние видеоигр часто подвергалось критике. В частности, интересным был тезис о том, что видеоигры ведут к агрессии. Данный вопрос интересует С.А. Шапкина. Так в своих работах он не игнорирует возможный вред, но приводит ряд исследований, которые позволяют сделать предположение, что агрессивная видеоигра не столько вызывает негативные эмоции, сколько является способом компенсации при более глубоких проблемах игрока. Оппонирующие его точки зрения исследователи, по мнению самого С.А. Шапкина, ошибочно недооценивают игрока, считая его полностью подверженным влиянию видеоигр. Также автор отмечает перевес видеоигр милитаристского характера и недостаток кооперативных видеоигр.

#### IV. ИССЛЕДОВАНИЯ, ПОСВЯЩЁННЫЕ ГЕЙМИФИКАЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Ретроспектива научных исследований, посвященных геймификации в образовании, показала, что первые научные работы в этой области были связаны с фундаментальными исследованиями игр. Но уже в 20 веке стали появляться прикладные исследования в данной научной области. Можно увидеть, что в то время об игровых элементах в образовании уже задумывались, но использовать ЭВМ для этих целей не представлялось возможным в силу их слабой распространенности.

В СССР ролевою игрой для обучения персонала впервые использовали в 1932 году на Лиговском заводе пишущих машин. В 1988 г. вышла первая научная публикация об образовательных компьютерных играх [5], в которой отмечалось, что компьютер в первую очередь используется, как средство развлечения, что не способствует созданию благоприятной обстановки для обучения. Несмотря на первые не эффективные попытки применения образовательных компьютерных игр в образовательном процессе, за период с 1971 по 2000 год, в мире было выпущено более 120 образовательных видеоигр [6].

#### V. ПЕРВЫЙ ЭТАП НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГЕЙМИФИКАЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ

В период 2001-2012 годов публикации, посвященные применению видеоигр в образовании, в основном опирались на уже наработанную базу фундаментальных исследований, часто обращаясь к публикациям 20 века, и разными путями пытались выстроить методологии разработки, некоторые стандарты. Однако проследить в этом единую линию исследований достаточно трудно. Это больше похоже на разрозненные попытки хотя бы собрать статистику и наработать собственную исследовательскую базу.

Начиная с 2003 года, в зарубежных научных публикациях стал упоминаться термин «геймификация». Также отметим факт того, что с 2010 года происходит резкий скачок количества выпускаемого программного обеспечения (ПО) [7], что связано с появлением более простых сред разработки и языков программирования [8]. Это было одним из факторов появления множества свободно распространяемых программ, имеющих внутри себя рекламу или неявный сбор данных о пользователях. Приёмы геймификации также использовались для повышения прибыли ПО. При помощи добавления таких классических элементов, как бейджи, значки и награды, получается увеличить общий заработок до 20 % [9]. Естественно, были попытки применять геймификацию и в образовании. Однако временной промежуток между появлением термина геймификации и его появлением в русскоязычном сегменте публикаций составляет примерно 10 лет.

#### VI. ВТОРОЙ ЭТАП НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГЕЙМИФИКАЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Первые упоминания термина «геймификация» в русскоязычных публикациях можно встретить в 2013 году. Это было началом периода, продлившегося до 2015 года, в котором происходила реакция на новое явление в сфере образования.

В данном периоде пусть и очень размыто, но прослеживаются тематические группы исследований, посвященных геймификации в образовании:

- Фундаментальные исследования.
- Прикладные исследования.

Первая группа взяла своей целью понять, что вообще такое геймификация, как она работает, как её применять. И в публикациях из этой группы можно увидеть ряд вопросов.

Первым вопросом, который разбирали авторы, является само понятие. И здесь в публикациях очень хорошо прослеживается проблема термина в русскоязычном сегменте исследований. Перевод сыграл с нашими авторами злую шутку. Одни авторы использовали именно слово «геймификация», другие в попытке избавиться от англицизмов и в силу наличия истории собственных наработок, применяли термин «игрофикация». Ряд исследователей использовали оба термина как синонимы, но были и те, кто вводил чёткие разграничения между ними, разделяя игрофикацию и геймификацию.

В итоге, если попытаться разобраться, что же научное сообщество того времени считало геймификацией, то можно так и не прийти к единому мнению. К этому добавляется и то, что разные авторы использовали, собственно, разные трактовки самого понятия. Но в итоге большинство всё же использовали «применение игровых элементов в неигровых контекстах» или вариации этой трактовки. В качестве неигрового контекста в рамках данных исследований, само собой, выступали обучение и/или наука.

Второй вопрос касался состоятельности геймификации, что показывает неоднозначное отношение к геймификации у исследователей. На тот период ещё не все понимали, удастся ли развить геймификацию в методологию, которую применяют в образовательном процессе, или же она останется просто модным термином, за которым не стоит чего-то значимого.

Если рассматривать конкретные публикации, то хочется выделить исследование за авторством М.А. Алчбаева и А.М. Гайдукова [10]. Данная публикация отражает все вышеописанные вопросы. Здесь можно проследить проблему термина, из-за которой авторы проводят некоторую комбинацию нескольких рассмотренных. Касательно состоятельности геймификации, авторы описывают обязательные и вторичные элементы геймификации, приводят некоторые рекомендации, позволяющие определить, когда внедрение геймификации оправдано, а когда нет. И как итог приводят практическую инструкцию для внедрения геймификации в процесс, учитывая его специфику. Приятными дополнениями можно считать обращение к работам реальных геймдизайнеров и ориентацию в том числе и на взрослых людей. Данная публикация является неплохой точкой входа для изучения исследований того периода по данной теме.

Прикладные исследования вдохновлялись самой концепцией и продолжали создавать прикладные проекты с применением игр в образовании и науке или обзирать их. В некоторых публикациях упоминалась геймификация, в некоторых нет. Упор делался на создание реальных решений. Здесь стоит отметить, что имеются публикации, посвящённые обучению не только школьников или студентов, но сотрудников предприятий, например, работа Ю.А. Мельничук [11].

В целом, исследования, посвящённые геймификации в образовании, в данный период, характерны тем, что авторы отнеслись к новой концепции с настороженным интересом.

## V. ТРЕТИЙ ЭТАП НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГЕЙМИФИКАЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ

С 2016 года начали появляться публикации, которые представляли собой некоторую ретроспективу. Из этого можно сделать вывод, что авторы, даже продолжая обсуждать состоятельность применения геймификации в образовании, всё же признали её место в исследовательской практике. В целом, тематика исследований не изменилась, поэтому отметим конкретные интересные публикации.

На наш взгляд, основной вопрос о состоятельности геймификации в своей публикации [12] рассматривает И.Ю. Травкин, указывая на необходимость соблюдения баланса. Автор пишет: «Нежелательным сценарием является подмена непрерывного учения с элементами игры непрерывной игрой с элементами учения». В.В. Артамонова в своём исследовании [13] не просто проводит обзор истории игр в целом и концепции геймификации в частности, но и предлагает направления будущих исследований. Интересный тезис выдвигается в публикации Н.А. Пакшиной и Ю.П. Емельяновой [14]. Они одними из немногих обращают внимание на то, что важно учитывать не только то, насколько эффективна геймификация для обучающихся, но и то, насколько сами преподаватели готовы к её применению. Проблему с терминами геймификации и игрофикации подмечает и Е.С. Быкадорова, которая в своей публикации [15] обращает внимание на разделение понятий и пытается зафиксировать конкретные трактовки. Публикация Н.С. Фонталовой [16] интересна тем, что показывает некоторую глобальную тенденцию. Здесь геймификация показана через платформу *Moodle*, в которой выбор возможных игровых элементов действительно ограничивается баллами и значками. Но многие авторы почему-то останавливаются именно на этих простых элементах, которые за годы использования уже даже перестали восприниматься как игровые.

В итоге, научные работы, в которых рассматриваются решения с использованием комплексных игровых механик, встречаются достаточно редко в сравнении с данными представителями, оперирующими только баллами, таблицами лидеров и значками. Фактически существуют два направления разработки геймифицированных обучающих сред, но внимание больше уделяется только одному из них.

Тем не менее, существует направление по разработке полноценных обучающих игровых проектов. Чаще, естественно, они направлены на младших учеников. О.Г. Жаркова в своей публикации [17] проводит исследование на небольшой целевой группе с использованием разработанной мобильной игры. Пусть данное исследование смотрится относительно простым, а выборка не очень большая, но ценность данной работы в том, что другие авторы-разработчики игр могут использовать данную методику как шаблон и таким образом проверять эффективность игр в образовательном процессе научными методами.

А в период пандемии именно публикации в сфере образования показывают достаточно заметную реакцию. Связано это с необходимостью вынужденного перевода занятий в дистанционный формат, при котором многие преподаватели столкнулись с потерей обучающимися мотивации. Некоторые исследователи пытались найти решение как раз в геймификации. Примером такого исследования может служить публикация Л.А. Аркадьевой [18].

## VIII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение отметим, что за всю историю существования видеоигр, российскими учеными было выполнено достаточное количество теоретических и прикладных исследований, что дает понимание того, как проектировать и создавать геймифицированные обучающие среды. Также можно легко увидеть и следующий шаг научно-исследовательских работ в этой области – изучение игрового дизайна, что позволит сделать их более комплексными и лучше управлять опытом игроков, добиваясь поставленных образовательных целей. Если же рассматривать современное понимание геймификации в русскоязычном сегменте научного знания, то можно проследить, как авторы вбирали и опыт предшественников из советского времени, и идеи иностранных коллег. Конечно, нерешённым остаётся ряд вопросов, но сами тематические группы уже сформированы, и любой исследователь может влиться в данную тему и привнести собственный вклад в поиск ответов на них. И предлагаемая схема развития знания (рис. 3) поможет учесть нужные аспекты.

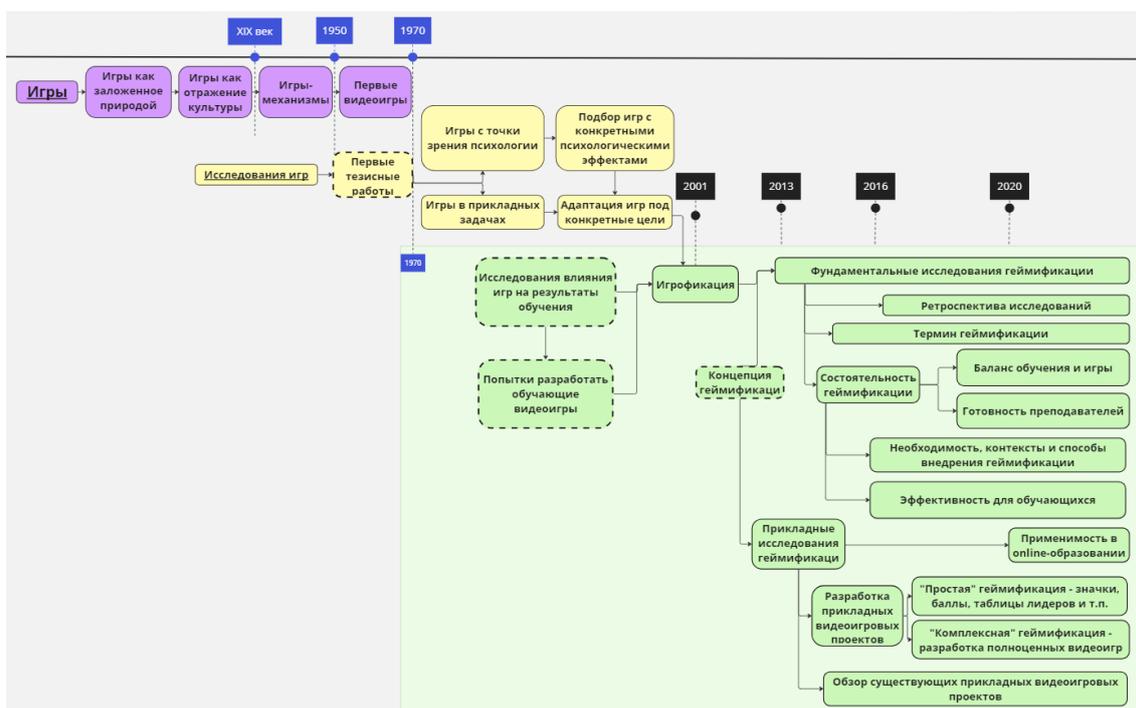


Рис. 3. Схема развития концепции геймификации образования с учётом смежных областей

Ретроспектива исследований в данной области, показывает, что развитие самих видеоигр, как с точки зрения технического обеспечения, так и с точки зрения игрового дизайна, в свою очередь давало новый материал для разнообразных научных исследований. Игровая индустрия – это та сфера, в которой выпуск самого продукта опережает научные исследования, связанные с ним. Исследования геймификации образования опираются не только на знания об образовании, но и на фундаментальные исследования из области психологии, социологии, и на техническую реализацию. Таким образом, при планировании исследования, связанного с геймификацией образования, стоит обращаться и к достижениям игровой индустрии, поскольку не исключено, что в ней уже имеется практическое решение поставленной образовательной задачи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шмелев А.Г., Бурмистров И.В., Зеличенко А.И., Пажитнов А.Л. Мир поправимых ошибок (психология компьютерных игр) // Компьютерные игры. Вычислительная техника и ее применение. М.: Знание, 1988. С. 16-84.
2. Фомичева Ю.В., Шмелев А.Г., Бурмистров И.В. Психологические корреляты увлечённости компьютерными играми // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 1991. № 3. С. 27-39.
3. Фомичева Ю.В. Анализ влияния игрового опыта на индивидуально-психологические особенности личности играющих в компьютерные игры: специальность 19.00.01 «Общая психология, психология личности, история психологии»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата психологических наук. Москва, 1993. 22 с.
4. Шапкин С.А. Компьютерная игра: новая область психологических исследований // Психологический журнал. 1999. Т. 20. № 1. С. 86-102.
5. Маргулис Е.Д. Психологические особенности учебной игры с использованием компьютера // Вопросы психологии. 1988. № 2. С. 45-51.
6. Игры в жанре «Образование» с 1980 по 2023 год, [электронный ресурс] 2023. URL: <https://stopgame.ru/games/educational>
7. Как росло количество веб-сайтов в мире, [электронный ресурс] 2019. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4147760>
8. Фадеев А.Ю., Волкова Е.А. Сравнительный анализ программного обеспечения для разработки мобильных приложений // Наука и перспективы. 2016. № 3.
9. Першина Е.Г., Масленников П.В., Подзорова Г.А. Использование геймификации в управлении персоналом на предприятии // Управление экономическими системами. 2017. № 2 (96).
10. Алчебаев М.А., Гайдуков А.М. Геймификация или мистификация? // Мир транспорта. 2014. Т. 12. № 3 (52). С. 220-228.
11. Мельничук Ю.А. Роль и место геймификации в системе обучения персонала в российских компаниях // Стратегии социального развития современного общества: российские и мировые тренды: Сборник материалов XIV Международного социального конгресса, Москва, 18-19 декабря 2014 года. Москва: Российский государственный социальный университет, 2015. С. 320-321.
12. Травкин И.Ю. Геймификация обучения: от игровых механик к конструктору траекторий // Информатика и образование. 2016. № 1 (270). С. 17-20.
13. Артамонова В. В. Исторические аспекты развития концепции геймификации // Историческая и социально-образовательная мысль. 2018. Т. 10. № 2-1. С. 54-62.
14. Пакшина Н.А., Емельянова Ю.П. Исследование целесообразности применения игровых технологий обучения в высшем образовании // Информатика и образование. 2016. № 2 (271). С. 51-53.
15. Быкадорова Е.С. Геймификация в образовании // Современные научные исследования и разработки. 2018. № 12 (29). С. 178-180.
16. Фонталова Н.С., Артамонова В.В. Применение методов геймификации в образовательном пространстве вуза // Global and Regional Research. 2020. Т. 2. № 1. С. 517-522.
17. Жаркова О. Г. Геймификация обучения на примере разрабатываемой видеоигры для изучения таблицы умножения «Умножай с лисой» // Моделирование и анализ данных. 2020. Т. 10. № 1. С. 189-197.
18. Аркадьева Л.А. Геймификация как средство повышения мотивации младших школьников на уроках иностранного языка дистанционного формата // Известия Института педагогики и психологии образования. 2021. № 1. С. 80-84.

## РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ БОРТОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ ПУНКТОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Виталий Иосифович Штейнберг<sup>1</sup>, Виктор Андреевич Шпиев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>АО «НИИ «Аргон», Москва, Российская Федерация, [argon@argon.ru](mailto:argon@argon.ru)

<sup>2</sup>АО «НИИ «Аргон», Москва, Российская Федерация, [otdel23@list.ru](mailto:otdel23@list.ru)

**Аннотация** – В докладе представлена история разработок бортовых цифровых вычислительных комплексов, проводимых в НИИ «Аргон» для воздушных командных пунктов стратегического управления (ВзПУ) вооруженными силами страны. Приведены их технические характеристики.

**Ключевые слова** – НИИ «Аргон», бортовые ЦВМ, БЦВМ, воздушные командные пункты, НИЦЭВТ, бортовые вычислительные комплексы.

### I. ВВЕДЕНИЕ

С середины 1960-х годов работы по созданию бортовых средств вычислительной техники начали проводиться широким фронтом благодаря успехам электронной промышленности. В Научно-исследовательском институте электронных математических машин (НИЭМ) в эти годы были разработаны и первые образцы БЦВМ, положившие начало комплексу БЦВМ «Аргон». С включением НИЭМ в 1968 году в состав вновь созданного Научно-исследовательского центра электронной вычислительной техники (НИЦЭВТ), работы по бортовой тематике были продолжены, а в 1985 году на базе комплексного отделения НИЦЭВТ по бортовой тематике был образован НИИ «Аргон» (1350 человек) – институт по разработке бортовых ЦВМ и комплексов. В работах по созданию комплекса БЦВМ «Аргон», наряду с коллективом института, до начала 1990-х годов активное участие принимали Кишиневский (около 900 чел.) и Дальневосточный (около 400 чел.) филиалы. К подготовке и сопровождению производства были подключены в разное время специалисты СКБ десяти заводов СССР, на которых шло серийное производство БЦВМ и комплексов для приоритетных систем вооружения.

### II. КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ КОМАНДНЫХ ПУНКТОВ

Одним из серьезных направлений работ, порученных коллективу НИЦЭВТ стало задание по разработке бортовых вычислительных комплексов для воздушных командных пунктов стратегического управления (ВзПУ) вооруженными силами. ВзПУ по существу представляет собой летающий штаб. Состав боевого расчета ВзПУ входят оперативные и тактические группы. Главное его достоинство – высокая маневренность в пространстве. ВзПУ стратегического управления предназначен для применения в условиях оперативного развертывания войск, отсутствия наземной инфраструктуры, а также в случае выхода из строя наземных пунктов управления, узлов и линий связи.

НИЦЭВТ, имевший уже значительный опыт работ по созданию бортовых ЦВМ и комплексов для ракетно-космических, авиационных и мобильных объектов, был подключен к работам по ВзПУ в конце 1978 года. В качестве унифицированной БЦВМ для бортового цифрового вычислительного комплекса ВзПУ «Звено» Приказом Минрадиопрома от января 1982 года была определена базовая межвидовая БЦВМ А-50, производство которой для авиационных объектов в последующем было развернуто на Брестском электромеханическом заводе.

Для ВзПУ «Звено» первой очереди было разработано два двухмашинных вычислительных комплекса 65с728 и 65с728.01. Технические характеристики А-50 и периферийного оборудования вычислительных комплексов 65с728 и 65с728.01 приведены на рис. 1 и рис. 2.

ВзПУ Ил-80, построенный на базе транспортного самолета Ил-86 был создан в 1992 году (аналог американского ВКП Боинг Е4В). Было изготовлено 4 самолета. В ходе эксплуатации ВзПУ первой очереди вычислительные комплексы были модернизированы в части замены внешних устройств, обеспечивающих ввод, хранение, регистрацию информации, на БЦВМ ЕА-2164.03.

С 1996 года, в рамках выполнения технических заданий по разработке вычислительных средств программного аппаратного комплекса автоматизации и средств технической связи для ВзПУ второй очереди (изделие 83т120-01) «НИИ «Аргон» разработал базовую вычислительную машину. Базовая бортовая машина имеет защищенную от воздействия внешних факторов конструкцию с универсальной вычислительной архитектурой.

В архитектуру базовой машины заложены технические принципы открытости, универсальности и модульности, в основе которых лежат: унифицированный блок электропитания, универсальный

вычислительный модуль, ряд специальных модулей ввода/вывода информации и съемный накопитель информации. Реализация данных принципов позволила спроектировать 10 модификаций бортовых вычислителей в едином конструктиве. Технические параметры универсального бортового вычислителя для комплексов связи и автоматизации имели высокие значения – частота микропроцессора 400 МГц, ОЗУ 128 Мб, графическое разрешение 800×600. На тот момент только вычислительный модуль архитектуры I86 позволял создать БЦВМ с заданными техническими параметрами. Разрешение по применению данного вычислительного модуля было принято в установленном порядке.

### Технические характеристики А-50

Система команд	полный набор команд ЕС ЭВМ-1, дополненный командами вычисления синуса, косинуса и обратной величины числа
Типы данных	байт, слово (16 разрядов), двойное слово (32 разряда)
Разрядность команд	16 и 32 разряда
Система прерывания	многоуровневая
Машинный цикл	250 нс
Быстродействие	2 млн. оп./с (формат RR)
Производительность (смесь Гибсон 3Е)	0,54 млн. оп./с
Емкость кэш-памяти	4 Кб
ОЗУ	выполнено на БИС 565РУ5, время выборки — 120–250 нс, емкость — 4 и 16 Мб
Емкость ПЗУ микропрограмм	272 Кб
Количество каналов ввода-вывода	4
Суммарная пропускная способность каналов ВВ	монопольный режим — 4 Мб/с, байт-мультиплексный режим — 600 Кб/с
Группы эксплуатации	1.7, 1.8, 3.1.1 и 3.3.1 по ГОСТ В 20.39.304, 305, 306
Вибрационные нагрузки	до 5g (от 0 до 2000 Гц)
Одиночные удары	до 20g
Относительная влажность	до 98%
Пониженное давление	до 200 мм рт. ст.
Диапазон рабочих температур	от -10 до 50°С
Габариты, мм	процессор — 640х620х581 мм, пульт управления — 680х483х391 мм
Масса	140 кг
Потребляемая мощность	1000 Вт
Наработка на отказ	800 ч
Время восстановления	30 мин

Рис. 1. Технические характеристики А-50

Внешнее постоянное ЗУ	
емкость	2х512 Кб
скорость считывания	500 Кб/с
время сохранения информации	1000 ч

Кассетный накопитель на магнитной ленте (главный конструктор Клепинин В. С.)	
емкость	4х2 Мб
среднее время доступа	60 с
пропускная способность	15 Кб/с

Накопитель на цилиндрических магнитных доменах (главный конструктор Смирнов Р. В.)	
емкость	2х2 Мб
время выборки	7 мс
время записи	100 с
пропускная способность	40 Кб/с

Рис. 2. Технические характеристики периферийного оборудования комплексов 65с728 и 65с728.01

На рис. 3 представлен базовый образец – изделие EA2170.



Рис. 3. Базовое изделие бортового вычислителя EA2170

Созданная аппаратно-программная платформа бортовых вычислителей обеспечивает функционирование под операционными системами ИНТРОС В, QNX 4.25 и РТ ДОС. На базе бортовых вычислителей разработаны автоматизированные рабочие места для построения взаимодействия операторов связи ВЗПУ в различных диапазонах радиосвязи с наземными, морскими, воздушными и космическими объектами. Прием, обработка и формирование управляющих приказов ВЗПУ осуществляется благодаря аппаратно-программному управлению комплексов связи (11 АРМ) и автоматизации (14 АРМ), рис. 4. Для каждого комплекса разработаны -система электропитания, средства оптоволоконной связи.

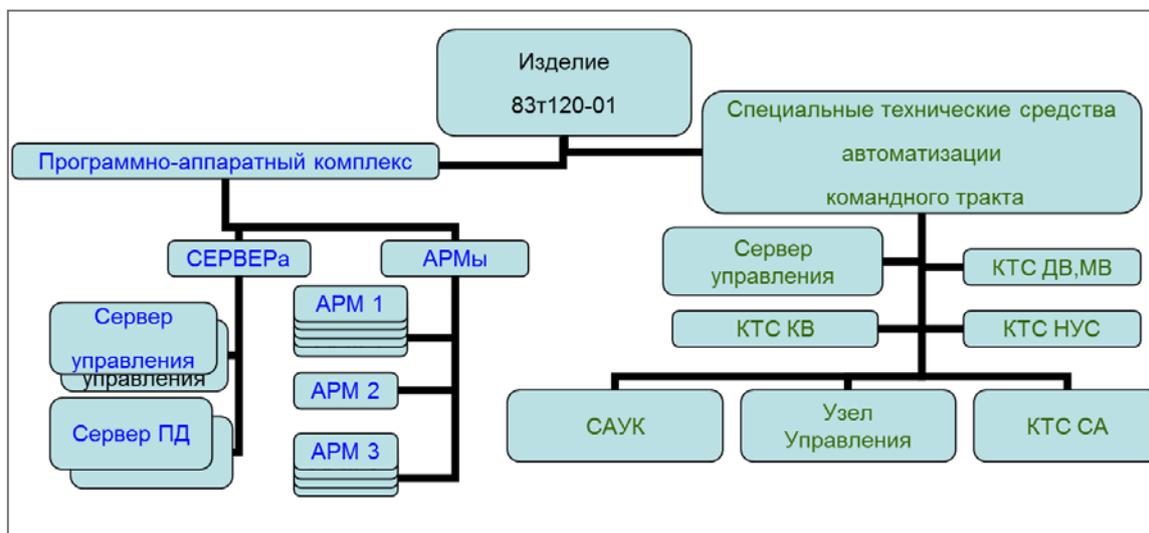


Рис. 4. Структурная схема аппаратно-программной платформы изделий ПАК и СТСА КТ

Были проведены предварительные, межведомственные, государственные наземные испытания, подтвердившие соответствие требованиям технического задания. В период с 2006 по 2008 годы на площадке ВАСО (г. Воронеж) успешно были выполнены технологические работы по монтажу технических средств на объект.

### III. ЛЕТНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ПРОВЕРКИ

Параллельно с созданием объекта ВЗПУ проводились работы по подготовке к летно-испытательным проверкам изделия. Были изготовлены технические средства из состава группового ЗИП, технологические стенды базовых автоматизированных рабочих мест комплексов. Для обеспечения

технической поддержки и резервного обслуживания объекта ВЗПУ изготовлен второй комплект технических средств изделия 83Т120-01.

В связи с тем, что время разработки и создания объекта увеличивалось по ряду организационных и финансовых причин возникла необходимость модернизации вычислительного ядра бортовой машины, с целью увеличения производительности основных серверов и надежности функционирования. Была модернизирована система электропитания, внедрено экстренное звуковое оповещение, повышена в четыре раза производительность вычислительных средств, заменены накопители на жестких магнитных дисках на накопители на флэш-памяти.

С учетом положительных результатов предварительных испытаний технических средств ВЗПУ, в рамках выполнения работ по проектированию вычислителей для вертолета и самолета управления и ретранслятора с 2004 года начались работы по созданию бортовых вычислителей нового архитектурного ряда – изделия EA2171 (рис. 5).



Рис. 5. Двухпроцессорный бортовой вычислитель. Базовое изделие EA2171

В состав базового блока многофункционального бортового вычислителя входят: блок питания EA6138; процессорный модуль O25 (1 ГГц, 2 ГБ ОЗУ, 64 Мбайт видеопамати); сервисный модуль EA4173; унифицированные специальные контроллеры ввода-вывода. Разработано 15 типов изделий. Модули и контроллеры имеют формат 6U. Операционные системы: МСВС 3.0, КРДА.00002-01.

На базе двухпроцессорных бортовых вычислителей созданы комплексы со 100 МБ медной и оптической средой передачи данных на основе серверов баз данных с сетевыми функциями (СУПД), защищенных специальных бортовых компьютеров комплекса средств автоматизации (СБК КСА) и высокоэффективных специальных бортовых компьютеров комплекса средств связи (СБК КСС), функционирующие в среде реального времени.

Разработанные комплексы предназначены для решения следующих задач:

- решения информационно-логических задач;
- отображение информации в графическом режиме;
- файловый обмен между СУПД и СБК вычислительного комплекса;
- информационный обмен с внешними абонентами изделия;
- командный обмен с абонентами изделия;
- устойчивое и непрерывное управление связью;
- оптимизация процессов сбора, обработки и выдачи информации.

#### IV. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ВЕРТОЛЕТА И САМОЛЕТА УПРАВЛЕНИЯ

Работы по созданию вычислительных комплексов для вертолета и самолета управления и ретранслятора были выполнены в объеме предварительных, межведомственных и государственных наземных испытаний. Однако из-за отсутствия готовности объектов для установки вычислительных средств, дальнейшие работы были приостановлены.

С целью совершенствования и модернизации бортовых вычислителей на современной элементной базе, в рамках выполнения государственных контрактов с Минпромторгом РФ, были разработаны

бортовые, отказоустойчивые вычислители и комплексы, объединенные высокопроизводительной оптоволоконной средой передачи информации.

Разработанный комплекс для автоматизированного выполнения возлагаемых на бортовые вычислительные компьютеры задач, организован в отказоустойчивый кластер «повышенной готовности» базируемый на следующих принципах:

- высокопроизводительная, модульно-ориентированная, многозадачная сетевая среда, состоящая из отдельных функциональных подсистем, связанных между собой стандартными информационными интерфейсами;
- распараллеливание во времени процесса обработки информации в неоднородных по своей организации и характеристикам вычислительных средствах;
- модульная организация программно-аппаратного обеспечения, ориентированная на эффективное выполнение конкретных информационно-логических задач;
- повышенная надежность за счет возможности реконфигурации структуры в случае возникновения отказов в вычислительных средствах или функциональном бортовом оборудовании;
- возможность модернизации и наращивания числа функциональных подсистем бортового оборудования на базе созданных информационно-технических структур и интерфейсов;
- наличие высокопроизводительной гигабитной, резервируемой сетевой среды ввода-вывода информации из стандартных и специальных интерфейсов, функционирующей под гарантированной системой электропитания;
- универсальность и унификация технических средств БВС, позволяющая снизить стоимость технического обслуживания.

Разработка отказоустойчивого комплекса явилась также предметом технологии создания специального, отказоустойчивого, высокопроизводительного, модифицируемого БВК со встроенной гигабитной волоконно-оптической средой передачи информации для авиационных и мобильных объектов автоматизации и управления.

Информационные технологии играют важную стратегическую роль, так как они позволяют:

- активизировать и повышать эффективность использования информационных ресурсов, материалов и оборудования, людских ресурсов и социального времени;
- обеспечивают информационное взаимодействие людей, способствуют распространению технической информации;
- оптимизируют и автоматизируют информационные процессы на всех этапах жизненного цикла изделий вычислительной техники;
- позволяют реализовать методы информационного моделирования аппаратных процессов, что обеспечивает прогнозирование критических ситуаций при проектировании бортовых вычислительных комплексов.

Необходимость внедрения ИТ для развития вычислительных средств объясняется требованиями к сокращению сроков проектирования и подготовки производства для выпуска новых и модернизируемых изделий, уменьшению затрат на проектирование и производство, снижению стоимости обслуживания изделий в эксплуатации.

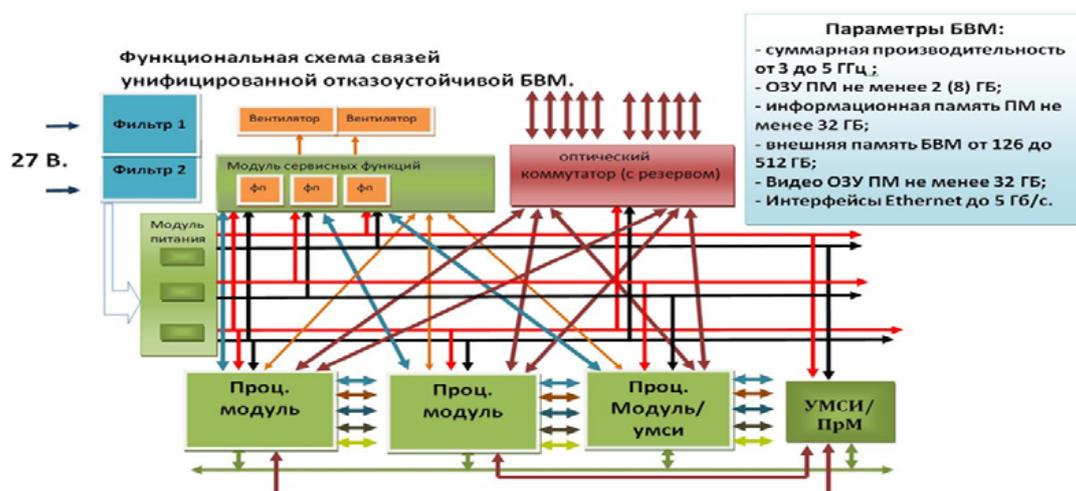


Рис. 6. Архитектура универсального отказоустойчивого модифицируемого бортового вычислителя

В АО «НИИ «Аргон» на основании системного подхода реализованы основные составляющие промышленной технологии создания инновационных БЦВМ на основе широкого внедрения автоматизации, в том числе созданы:

- программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий автоматизированное проектирование вычислительной техники;
- информационная сеть – транспортная среда обмена результатами проектирования между участниками конвейера проектирования;
- производственная составляющая предприятия, основанная на использовании современного высокопроизводительного и автоматизированного оборудования;
- инфраструктура, в которой возможно эффективное функционирование комплекса «проектирование – производство».

Создан базис для обеспечения единой информационной среды проектирования-изготовления на основе эффективных высокопроизводительных систем автоматизированного проектирования с возможностью моделирования схем и внедрения результатов проектирования непосредственно в производство. В результате электронного проектирования технических средств по разработанной технологии был изготовлен бортовой вычислитель, представленный на рис. 6.

#### V. ВЗПУ ТРЕТЬЕЙ ОЧЕРЕДИ

Научно-технический задел, полученный при разработке бортовых вычислительных средств второй очереди, включая вертолеты и самолеты управления и ретрансляции, при выполнении в последние годы перспективных ОКР по заданиям Минпромторга РФ был положен в основу эскизно-технического проекта по созданию высокопроизводительных отказоустойчивых бортовых вычислительных комплексов для ВЗПУ третьей очереди. Этапы развития базовых бортовых вычислителей для ВЗПУ представлены на рис. 7.



Рис. 7. Этапы развития базовых бортовых вычислителей

#### VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание сложного объекта управления, каким является ВЗПУ, требует значительного времени и финансовых затрат. Важным вопросом является срок службы данного объекта, так как цикл морального старения технических средств имеет тенденцию к сокращению, а объем и перечень решаемых задач к увеличению. Для обеспечения отработки и оценки производительности вычислительных средств, с целью экономии финансовых затрат при выполнении ОКР, целесообразно иметь постоянно модернизируемые стенды и технические тренажеры по отработке и проверке новых технических решений для выполнения штатных задач в составе комплекса в режиме реального времени.

Для обеспечения развития бортовых вычислительных комплексов необходимо продолжить исследования в части:

- расширения спектра каналов ввода-вывода информации, обеспечивающих повышение пропускной способности;
- внедрения в вычислительные комплексы устройств обработки криптографической информации;
- интеграции в вычислительные комплексы защищенных хранилищ информации;
- создания устройства интеллектуальной обработки входной информации;
- внедрения технических решений миниатюризации модулей с использованием технологии системы на кристалле.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов Е.Л., Ремешков Ю.И. Развитие отечественной техники авиационной радиосвязи // Динамика радиоэлектроники-2. Под ред. Ю.И. Борисова. М.: Техносфера, 2008. С. 5-24.
2. Михайлов В.А., Штейнберг В.И. История создания и развития комплекса БЦВМ «Аргон» // История отечественной электронной вычислительной техники. Под ред. А.С. Якунина. М.: Издательский дом «Столичная энциклопедия», 2014. С. 276-282.
3. Шпиев В.А. Вопросы методологии построения унифицированных базовых вычислительных средств для БВК // Радиопромышленность. Вып. 2. М., 2009. С. 87-94.
4. Штейнберг В.И. Элементная база – основа динамики развития БЦВМ комплекса «Аргон» // Динамика радиоэлектроники. Под ред. Ю.И. Борисова. М.: Техносфера, 2007. С. 331-342.

Электронное издание

ТРУДЫ SORUCOM-2023

Шестая Международная конференция «Развитие вычислительной техники в России, странах бывшего СССР и СЭВ (25-27 сентября 2023 г., Нижний Новгород)

Ответственный редактор

Кандидат технических наук, профессор НИУ ВШЭ  
Валерий Владимирович Шилов



Технический редактор Н.Е. Кашкарова