

Е. М. Ляхович

# Я ИЗ ВРЕМЕНИ ПЕРВЫХ



2019

УДК 82.94  
ББК 84(2)  
Л98

**Ляхович Е. М.**

Л98 Я из времени первых. — СПб.: «Скифия-принт», 2019. — 312 с.

ISBN 978-5-98620-383-6

Мое знакомство в Интернете с историей первой в мире интегральной схемы и первых микро-ЭВМ подвигло меня написать эту книгу и приоткрыть следующему поколению историю создания первой интегральной микросхемы в Советском Союзе и первой в мире, переданной серийному заводу для производства, историю разработки первой в Советском Союзе и мире серийной ЭВМ на первых в мире серийных интегральных схемах. Страна Советов в середине XX века была «впереди планеты всей» не только в области балета. Это славное время, когда в технику пришло первое послевоенное поколение молодых специалистов с мощной мотивацией к работе на благо и будущее процветание своей страны, победившей в жестокой мировой войне фашизм. В книге я отдал долг памяти моему другу с детства Вовке Фраю — Владимиру Львовичу Фрайштадту, — генеральному директору и главному конструктору, создавшему новую оригинальную концепцию построения гиперзвукового самолета, получившую мировое признание ученых и специалистов по гиперзвуковым технологиям. Мы с ним тоже были в ряду тех, время активной жизни которых историки СССР по праву называют «Временем первых».

# Оглавление

Предисловие .....	5
Введение .....	7
Пролог .....	13
<b>Глава 1. Предыстория без продолжения .....</b>	<b>24</b>
1.1. Рождение идеи твердой схемы.....	24
1.2. Первая в мире серийная интегральная твердая схема .....	33
1.3. ТС P12-2 и ТС P12-5 — серийные изотопы ТС-233.....	43
1.4. Модули «Квант» .....	59
1.5. О претензии ТС (2НЕ-ИЛИ) на Нобелевскую премию.....	71
<b>Глава 2. Первая в мире БЭВМ «Гном» на интегральных ТС.....</b>	<b>83</b>
2.1. Цель для дилетантов 60-х годов XX века .....	83
2.2. Температурная зависимость первых ТС .....	117
2.3. Ждать или двигаться вперед .....	122
2.4. «Гном 1-66» на серийном заводе.....	135
2.5. Серийный «суперкомпьютер [11] “Гном”».....	163
2.6. Надежность — это долгая жизнь .....	172
2.7. «Прерванный полет» в будущее .....	181
<b>Глава 3. От «Гнома» к Государственной программе «Аякс» .....</b>	<b>189</b>
3.1. Мой друг Фрай.....	189
3.2. Когда не нужно то, что успешно.....	195
3.2.1. ФАР будет летать .....	198

3.3. Температурная проблема крылатых ракет Х-90.....	199
3.4. Полет с гиперзвуковой скоростью в «пятом океане».....	204
3.5. Программа создания гиперзвукового самолета.....	223
Заключение .....	271
Эпилог.....	273
Приложения .....	285
Дополнительные источники информации .....	309

## Предисловие

Дорогой Евгений Михайлович!

С большим удовлетворением вспоминаю золотые времена развития военно-промышленного комплекса, когда мы вместе трудились в СКБ-2 НИИРЭ (ВНИИРЭС) над созданием семейства прицельно-навигационных пилотажных комплексов ПНПК «Купол» для военно-транспортной авиации.

Надо отметить, что нами одними из первых в авиационных комплексах при поддержке В.И.Смирнова и с твоим непосредственным участием было принято решение, поддержанное заказчиком, о создании управляющего вычислительного комплекса для этих комплексов на основе бортовых цифровых вычислительных машин, что поставило эти комплексы на новый уровень, повысив их интеллект. Эти работы проводились вначале под моим руководством в 1961 году, а затем с 1974-го под руководством А.Н.Лобанова. Но неизменно было твое участие в создании подсистемы всех комплексов семейства «Купол» — управляющей вычислительной подсистемы в части бортовых цифровых вычислительных машин БЦВМ «Гном» и «Гном-А». Будучи главным конструктором этих БЦВМ, построенных на германиевых микросхемах типа «Квант-1» и «Квант-2», тебе пришлось выдержать все тяжести совершенствования этих микросхем, внедрения их в серийное производство на заводе в г. Риге, особенно в части повышения их надежности за счет совершенствования процессов термокомпрессии выводов и герметизации этих схем. В связи



с тем что все самолетные подсистемы того периода, использованные в комплексах «Купол» для решения задач ПНПК, имели аналоговые выходы, головным отделом СНБ-2 по комплексу было разработано устройство ввода-вывода, в котором наравне с другими микросхемами использованы также микросхемы «Квант-1» и «Квант-2» и решены проблемы стыковки необходимых самолетных датчиков с БЦВМ с помощью различных преобразователей, в том числе аналогово-цифровых и цифро-аналоговых. Выполняя функции главного конструктора БЦВМ и являясь одновременно заместителем главного конструктора комплекса «Купол», ты лично и твой отдел принимали самое деятельное участие в отработке этих связей. Разработка многочисленных версий программного обеспечения ПНПК «Купол» проводилась головным отделом СКБ-2 также с творческим участием твоего отдела, равно как и отработка программного обеспечения комплексов на всех этапах их создания, в том числе на математических моделях в НИИРЭ, на полной полунатурной модели в г. Пушкине и на комплексных стендах главного конструктора в НИИРЭ. Немало пришлось потрудиться и на головном заводе «Новатор» по выпуску комплексов «Купол» и на полномасштабном комплексе входного контроля на заводе, выпускавшем самолеты Ан-22 и Ил-76 в г. Ташкенте, а также в эксплуатации. Большая работа была проведена тобой при внедрении БЦВМ «Гном» на заводе новостройке в г. Жигулевске. Проблема качества решалась также за счет создания технологических стендов контроля каждой платы.

Хочу с удовлетворением отметить, что твой большой личный творческий вклад в дело укрепления обороноспособности страны был высоко оценен правительством, и тебе была присуждена Государственная премия в составе группы разработчиков комплексов «Купол». Ты также можешь гордиться тем, что и сегодня разработанные тобой БЦВМ, претерпевшие с твоим участием ряд модернизаций, успешно используются в комплексах ПНПК типа «Купол» на различных носителях в строевых частях и соединениях ВТА и частично находятся в производстве.

*С искренним уважением,  
Герой Соц. Труда, лауреат Госпремии,  
академик Академии транспорта РФ,  
доктор технических наук*



*Коблов В.Л.*

## Введение

Воспоминания начинаются там, где кончаются разговоры и начинается дело!

*Б. Н. Малиновский* [8]

Основное содержание воспоминаний построено на фактах моей трудовой биографии 1949–1996 годов и воспоминаниях тех, с кем я трудился и кто согласился и оказался способен мне помочь. Работа посвящена всем, кто интересуется забытой или действительной историей приоритетных достижений СССР в эти годы. Публикации таких работ удачно, на мой взгляд, объединены в серию «время первых». Мне довелось участвовать в создании первых самолетных радиолокационных станций в СССР, первой в СССР бортовой самолетной ЭВМ нового поколения на интегральных микросхемах собственной разработки. Эти наши интегральные микросхемы оказались первыми в мире, переданными в серийное производство, а БЦВМ «Гном» — первой в мире серийной ЭВМ на интегральных микросхемах. В то время (1960 год) еще не было в обиходе термина «интегральные», и мы называли наш элемент «твердая схема». Они изготавливались серийным заводом более 33 лет.



Мне посчастливилось поучаствовать в организации разработки гиперзвукового самолета «Аякс», оригинальную концепцию которого разработал мой друг детства В. Л. Фрайштадт. Концепция

прошла экспертную оценку ведущих академиков РАН, признана не противоречащей законам природы и может быть реально реализована. Сведения о его оригинальных идеях и разработках собраны в этой книге.

В этом, 2019 году мне уже 90 лет. Я родился в 1929 году 21 марта в Севастополе в семье военнослужащего моряка крейсера «Червона Украина». Лучшие годы жизни я прожил в Ленинграде в то время, которое называют «временем первых»!

Весной 1960 года я стал начальником лаборатории. В это время в моей лаборатории были созданы ПЕРВЫЕ в СССР интегральные твердые схемы (автор изобретения Л. И. Реймеров) и на их основе были собраны различные демонстрационные устройства и узлы цифровых блоков. НИИ-131 стал признанным авторитетом в радиоопромышленности.

Руководителями ГКРЭ и ГКЭТ по результатам демонстрации действующих твердых схем универсального логического элемента «2НЕ-ИЛИ» (сентябрь 1960 года) и доклада о возможности их широкого применения для построения бортовых радиоэлектронных устройств с высокими техническими параметрами дана высокая оценка выполненной работе и получено одобрение наших работ. Одновременно лаборатория выполняла разработку ряда НИР по исследованию методов микроминиатюризации бортовой самолетной радиоэлектронной аппаратуры и создания микроэлектронных бортовых вычислительных машин на этих твердых схемах.

В 1962 году на базе лаборатории был создан автономный отдел 570 с непосредственным подчинением главному инженеру института. Первоочередными задачами отдела были: завершение отработки параметров наших твердых схем, для этого был создан производственный участок изготовления твердых схем с полным технологическим циклом изготовления транзисторов П401 — П403.

Приказом руководителя Государственного комитета по радиоэлектронике я был назначен научным руководителем НИР и главным конструктором ОКР, заданных НИИ-131 в области микроминиатюризации бортовой аппаратуры и разработки бортовых вычислительных машин.

В 1963 году закончен НИР «Гном». В процессе выполнения этой и других НИР в области микроминиатюризации в НИИ-131 (с марта



1966 года — НИИРЭ) был создан высокий научно-технический потенциал в области физики и технологии полупроводников, технологии нанесения тонких магнитных пленок, изготовлен и запущен на серийном полупроводниковом заводе в Риге полный комплекс технологического оборудования для изготовления наших германиевых твердых схем, получивших при этом свое первое условное название ТС-233. В декабре 1964 года собран первый работающий экспериментальный образец операционного блока ЭВМ на твердых схемах, конструктивно оформленных в модули «Квант».

Модули «Квант» демонстрировались на ВДНХ и были удостоены ЗОЛОТОЙ медали. Модули «Квант-1» и «Квант-2» на твердых схемах 102-й и 103-й серии первые 12 лет изготавливались на заводах радиопромышленности и с 1972 по 1995 год на Рижском НПО «Альфа».

К 1966 году отдел 570 состоял из восьми лабораторий, конструкторской группы, макетной мастерской и участка по изготовлению твердых схем с общей численностью 150 человек. Результаты НИР «Гном» и созданный в НИИ-131 научно-технический и производственный потенциал позволили приступить к ОКР по созданию бортовой цифровой вычислительной машины нового поколения. На рижском приборном заводе РПЗ инженерами отдела при участии технологов РПЗ был создан производственный участок по выпуску 30–40 тысяч твердых схем серий «102» и «103» в месяц и конструкторско-технологическое бюро по проектированию автоматической линии «АУСМА» с расчетной производительностью 80 млн шт. твердых схем типа «102», «103» в год. При участии НИИ-131 на рижском заводе ВЭФ была разработана и впоследствии запущена в серийное производство 120-номерная квазиэлектронная АТС на модулях «Квант», широко применявшаяся в ВМФ, зарубежных посольствах и народном хозяйстве многие годы.

В течение 1962–1966 годов были выполнены НИР и ОКР «Гном» по разработке цифровой бортовой вычислительной машины для разрабатываемых в институте систем — БЦВМ «Гном-1-66». Машина «Гном-1-66» была включена в проводимые институтом разработки радиоэлектронных комплексов (РЭК) «Купол» и «Пума», для которых, с некоторым сдвигом по времени, в соответствующих СКБ НИИ-131 разрабатывались специализированные устройства ввода-вывода и специальное программное обеспечение.

В 1966 году экспериментальным производством института были изготовлены два опытных образца БЦВМ «Гном-1-66». Изготовление пяти комплектов этой БЦВМ было задано Гатчинскому опытному заводу.

В 1968 году успешно, без единого отказа проведены государственные лабораторные испытания БЦВМ «Гном» в в/ч г. Владимирова. (Одновременно проводились испытания БЦВМ «Орбита-10» — нашего конкурента и используемой СКБ-4 в системе «Коршун». В процессе испытаний в БЦВМ «Орбита» было отмечено 17 отказов и машина была возвращена на доработку и повторные испытания).

В 1967–1968 годах выполнена ОКР «Контроль» по созданию комплекса контрольно-измерительной аппаратуры (КПА) для контроля твердых схем, модулей «Квант», узлов и блоков БЦВМ «Гном», а также БЦВМ в целом в процессе их производства и эксплуатации.

В 1968 году «Гном-1-66» передан в производство серийному радиозаводу в городе Жигулевск.

В результате деятельности противников разработки микросхем и БЦВМ в институте и некомпетентности нового директора, пришедшего на эту должность с должности секретаря парткома института, в 1969–1970 годах отдел микроэлектроники и вычислительной техники № 570 был расформирован. В отделе были ликвидированы лаборатория физики твердых схем с экспериментально-производственным участком с полным технологическим циклом изготовления твердых схем, лаборатория физики тонких магнитных пленок для перспективных устройств памяти, лаборатория теплофизики, лаборатория средств контроля цифровых устройств. Ликвидированы конструкторская группа и макетная мастерская. Директор решил, что с разработкой вычислительных машин в его институте покончено, но у меня были другие планы. Уже давно была задумана машина с поузловым и частично поэлементным резервированием, с системой автоматического поиска и устранения неисправности, с индикацией и запоминанием неисправностей. Разработку этой высоконадежной, толерантной к отказам БЦВМ «Гном-А» пришлось выполнять тайно от руководства института. «Гном-А» стала практически безотказной в полетах, что подтверждено 40-летней эксплуатацией на большом парке самолетов Ил-76. При испытании на на-

дежность по нормам «Мороз-2» в течение 6 000 часов отказов в работе машины не было. По нашим оценкам, БЦВМ «Гном-А» по показателям надежности является лучшей из разработанных в СССР в XX веке.

Модули «Квант» и БЦВМ «Гном» переданы в серийное производство Жигулевскому радиотехническому заводу.

В 1972 году производство модулей «Квант-1», «Квант-2» от Жигулевского завода передано рижскому полупроводниковому заводу «Альфа» МЭП, которые там серийно выпускались с военной приемкой в необходимых количествах для производства БЦВМ «Гном», систем «Купол» и телефонных АТС до 1995 года.

В 1976 году серийная документация (кальки с литерой «01») на БЦВМ «Гном-А» передана Жигулевскому радиотехническому заводу и после этого в течение всех последующих 24 лет не было ни одного вопроса к разработчикам ни от серийного завода, ни от эксплуатирующих организаций.

В течение 1982–1992 годов под моим руководством были разработаны и переданы в производство и эксплуатацию ряд имитаторов. В том числе имитатор комплекса «Купол».

В апреле 1992 года я перешел на работу в научно-исследовательское предприятие гиперзвуковых систем на должность главного инженера и заместителя генерального директора по экономике. В октябре 1996 года уволен с предприятия в связи с уходом на пенсию.

Третья глава посвящена моему другу детства, судьба которого тесно переплелась с моей в это счастливое «время первых» — Владимиру Львовичу Фрайштадту, — автору взбудоражившей весь мир реальной концепции построения самолета, способного летать с гиперзвуковой скоростью более 10 М в атмосфере. Реализация предложенного им проекта гиперзвукового летательного аппарата (ГЛА) «Аякс», по оценкам специалистов, равносильна атомному проекту. Я являюсь свидетелем триумфального взлета и печального завершения судьбы наследия этого уникального человека и его детища в России.

Весь мой трудовой стаж был отдан холдинговой компании «Ленинец» — это в итоге 45 лет, и из них 30 в звании — главный конструктор!

Своими воспоминаниями о времени XX века, которое современные историки назвали «временем первых», поделились со мной мои бывшие сотрудники: Олег Веденеев, Людмила Турнас, Натан (Толя) Лившиц, Игорь Кириллов, Виктор Исаков, Мара Сонкина, Ия Смеловская, Олег Астратов, Александр Верхолат, Александр Сулов, Алла Соболева, Владимир Шнырин, Лариса Чернова, Людмила Кранкина, Наталья Винарова-Березовская.

Хочу отметить особую роль Владимира Яковлевича Шнырина в создании этой книги. Книга состоялась благодаря его настойчивости и таланту организатора.

Я использовал эти воспоминания в основном тексте, сохранив стиль авторов практически без изменений и сопроводив указанием «вспоминает». Выражаю всем участникам этой работы свою искреннюю признательность и хочу пожелать здоровья и долголетия.

Воспоминания Владимира Фрайштадта, Виктора Глухих, Анатолия Турчака об описанных в моем тексте событиях взяты из опубликованных интервью.

Я хочу отметить с благодарностью участие в этой работе сотрудников городского архива Надежду Олеговну Черкасову, Лидию Сергеевну Лёгкую и программиста Александра Дмитриева.

Выражаю благодарность моей жене Лине за поддержку при подготовке книги.

# Пролог

«Берия. Разобраться. Виновных наказать»

*Сталин*  
(Резолюция на жалобу)

Ночь. Холодно. Самолет, загруженный «под завязку» боевыми бомбами, равномерно гудит, но в сон не клонит. Радиолокатор-бомбоприцел «Кобальт», за подготовку к работе которого отвечаю я, расположен в отдельном отсеке самолета, там же два спальных места. Одно мое. В кресле у радиолокатора штатный член экипажа оператор-бомбардир. Радиолокатор работает нормально. Картинка хорошая. Через час «сброс». Я, радиорегулировщик завода-изготовителя РЛС, лечу на борту командира авиаполка самолетов ТУ-4 на случай возможного ремонта РЛС в полете. В воздухе полк в полном составе — 21 борт, полностью загружены боевыми бомбами. Выполняется решение Л. П. Берия по резолюции И. В. Сталина на письмо Главкома дальней авиации маршала А. Е. Голованова, в котором он пожаловался Сталину на негодные для эксплуатации радиолокационные прицелы «Кобальт», выпускаемые заводом № 283 Министерства авиационного приборостроения (МАП).

На этом письме Сталин написал: «Берия. Разобраться. Виновных наказать. Сталин». Решение Л. П. Берия было такое: «Если промышленность говорит, что военные не умеют эксплуатировать, а военные говорят, что плохая техника, то пусть промышленность возьмет на себя эксплуатацию и покажет, что при «умелой эксплуатации» техника работает».

Реализация этого решения началась быстро. Было выделено для эксперимента два полка по 21 самолету ТУ-4 в Полтаве и Сеши.



Вениамин Иванович  
Смирнов,  
главный инженер  
завода п/я 283

Главный инженер Вениамин Иванович Смирнов поставил мне «боевую» задачу. В течение месяца подготовить аппаратуру на всех самолетах полка. Это очень важно для завода. Надо постараться. Я тогда еще не понимал, как это важно для него лично. Ведь ему, главному инженеру завода, при неудачном результате этой работы, предложенной Л. П. Берия, надо было бы лично отвечать за непригодность РЛ-бомбоприцелов «Кобальт», по тем временам, возможно, и жизнью. Так, парторг нашего завода, прекрасная женщина и талантливый организатор, была репрессирована в 1952 году. И расстреляна за «шпионаж».

По развитию радиоэлектроники к началу войны СССР был на начальном уровне, так как до 1941 года промышленность была ориентирована на производство радиостанций, радиоприемников и т. п., то есть аппаратуры не сложной и, как следствие, с редко возникающими отказами. Но уже в 1941 году появились первые сложные радиотехнические устройства — радиолокационные станции. В Англии уже к началу боевых действий в 1941 году было семь радиолокаторов, размещенных по побережью для защиты от налетов немецкой авиации.

В июле 1943 года вышло постановление Государственного комитета обороны по радиолокации, которое определило мероприятия по разработке и производству РЛС различного назначения. Развернутое, потрясающее интересное постановление на двух страницах за подписью Сталина. Ответственным за развитие РЛС в СССР был назначен Л. П. Берия (Приложение 1). Большой скачок развития получила радиопромышленность, особенно после 1945 года, когда вышло постановление о полном копировании американского бомбардировщика В-29. В СССР этот самолет, скопированный «до винтика» Туполевым, известен как ТУ-4. Было развернуто освоение в производстве новой радиоэлектронной техники и РЛС на временных площадях, подходящих для этих целей, в частности, изготовление радиолокатора «Кобальт» было организовано на заводе, ранее выпускавшем граммофоны, — завод № 283, 17 ГУ МАП. «Бом-

бовой прицел «КОБАЛЬТ», позволявший определить местонахождение самолета и производить бомбометание в условиях плохой видимости, был разработан в 1946 году в НИИ-17 в Москве, а Ленинградский завод № 283 освоил его производство и серийно выпускал в 1947–1950 годах» [2].

Проблема выпуска этих станций была связана с низким качеством сборки и низкой надежностью комплектующих компонентов. На поиск и устранение неисправностей, фактически на поиск ошибок в монтаже и поиск некачественных элементов, уходили часы и дни, которых так не хватало особенно в конце месяца. Настройщики работали под жестким контролем за выполнение работ по отладке станций. План выполнялся, как правило, в последние дни месяца.

Последние 10 дней нельзя было покидать цех ни днем, ни ночью без разрешения начальника цеха. На каждом рабочем месте радиорегулировщика было спальное место в стенде, где за занавесочкой всегда находились матрасик, одеяло и подушка. Когда блок поступал из сборочного цеха в любое время дня и ночи, надо было сразу же приступить к настройке и готовить станцию к испытаниям и сдаче ОТК и заказчику. Каждая станция должна пройти без отказов климатические испытания и десятичасовой прогон. При отказе соответствующий вид испытаний должен повторяться. При двух-трех отказах заказчик возвращает станцию заводу на доработку. Выполнить все до конца месяца удавалось редко, а ответственность за невыполненный план в сталинские времена была высокой и жестокой. В таких случаях, как правило, заказчик принимал станцию с обязательствами завода устранить замечания при входном контроле на самолетостроительном заводе.

Я успешно справлялся с настройкой и ремонтом станций и поэтому уже в начале января 1950 года был направлен старшим представителем завода, проработав всего четыре месяца в цехе настройки и сдачи РЛ-станций.

«Серийное производство Ту-4 началось в 1947 году и продолжалось до 1953 года. Было построено около 1000 самолетов и все они были обеспечены сложнейшим радиолокационным, навигационным и связным оборудованием. В 1951 году именно с Ту-4 была сброшена первая отечественная атомная бомба, он стал и первым носителем противокорабельных управляемых ракет» [2].



Тяжелый бомбардировщик ТУ-4

«Панорамный радиолокационный бомбоприцел — бортовая радиолокационная станция (БРЛС), включал свыше 15 блоков, индикаторы у штурмана и оператора, выпускаемую в полете из фюзеляжа в поток платформу с антенной и модулятором. Длина его кабельной сети составляла около одного километра. На ТУ-4, в процессе их производства и эксплуатации, бортовая РЛС подвергалась доработкам и модернизациям, в соответствии с которыми менялись ее названия (в частности: «Кобальт», «Кобальт-М», «Рубидий», «Комета», «Комета-М») [2].

На самолетостроительном заводе № 18 в Куйбышеве (г. Самара) картина та же. РЛС «Кобальт» наиболее сложная аппаратура на самолете и своими отказами может срывать вылет самолета и ставит под угрозу выполнение плана завода по выпуску самолетов. Правда, было, конечно, много и других причин, угрожающих плану, но «Кобальт» был крайним чаще других систем. Чтобы выполнить программу января, январь месяц 1950 года продлили до 7 часов утра первого февраля. В результате у меня получилось 72 часа без сна. При этом днем еще иногда один-два полета на самолете на случай ремонта, а все остальное время — поиск и устранение неисправностей и подготовка станций к очередному полету или сдаче заказчику. Самое слабое место было в низкой надежности радиоэлементов. В результате низкой надежности радиолокаторы требовали особых режимов при эксплуатации и в воинских частях практически не работали — их не успевали ремонтировать.

Нас, молодых ребят, настройщиков РЛС пригласила партрорг завода Шпагина Ольга Федоровна. Она сказала: «Ребята, вы выпол-



няете работу, которая может быть доверена только большевикам. Или вы вступаете в партию, или надо сменить работу». «А я не комсомолец», — говорю я. «Это неважно», — говорит она. «Но нужны рекомендации, а я никого не знаю», — говорю я. «Это мы сделаем», — говорит она. Так меня приняли в кандидаты ВКПб. В члены коммунистической партии КПСС меня приняли уже в институте ЛИАП через два года. А теперь мы, молодые радиорегулировщики, готовы исполнять ответственные задания.

Наши заводские радиорегулировщики заместили собой штатные должности и обязанности военных специалистов полка по радиооборудованию. Я назначен исполнять обязанности инженера полка по радиооборудованию (в части РЛС «Кобальт»). Исправных работающих станций было мало. Надежность радиоаппаратуры в те годы была очень низкой. Да и понятия «надежность» тогда еще не существовало. Чтобы справиться с потоком отказов в РЛС, необходима высокая квалификация, опыт обслуживающего персонала и необходимая организация работ. Для 21 комплекта РЛС в полку поток отказов превышал возможности персонала, необходимое время на поиск и устранение неисправностей превышало время между появлением неисправностей. Мы замещали штатных военных специалистов. Инженер полка ходил со мной рядом, но решение о том, что и как делать, было за мной. И я распоряжался моими гражданскими регулировщиками. Военные специалисты были рядом и изучали технику на практике. Целый месяц шла подготовка радиолокаторов к летно-техническим учениям (ЛТУ). Будет ли работать аппаратура, если ее «правильно эксплуатировать»? Раньше техника не работала, потому что ее не успевали ремонтировать из-за частых отказов и низкой квалификации обслуживающего персонала. А мы теперь в авиационном полку собой замещали тех, кто эксплуатировал «Кобальт». Мы должны были работать в установленном в полку режиме. В этом был смысл эксперимента Берии. Работа с аппаратурой в отведенное для этого время. Но мы старались и успели восстановить радиолокаторы на всех самолетах полка. Подошел срок контрольного вылета полка по программе учений для завершения поставленного Берией эксперимента. При этом перед вылетом психологический тренинг. Объявляется готовность номер один, все летчики в самолете, ждут команду «На взлет», но идет команда «Отбой», и так не-

сколько раз. Перед полетом сидели несколько часов с включенной аппаратурой, а потом вылет. Командир полка взял меня на свой борт на случай отказа РЛС и возможного ремонта радиолокатора в полете, тем более что в отсеке, где установлен «Кобальт», есть два свободных места. А ответственность командира полка в этом полете очень высокая. Ремонт в полете — это была обычная практика в заводских полетах. Всегда с собой паяльник и необходимый ЗИП.

Штурман ведет самолет с использованием РЛС «Кобальт». Кроме моего самолета летят к той же цели еще двадцать — целый полк самолетов с полной бомбовой загрузкой, оснащенных этими РЛС, за подготовку к «штатной» работе которых отвечаю я. Мне не до сна. Осталось долететь до полигона, в кромешной тьме осуществить прицеливание по отметкам на индикаторе радиолокатора и точно отбомбиться с высоты 12 000 метров по цели на полигоне, расположенном в 10 километрах от мирно спящего села. Все напряженно молчат, вслушиваясь в «тишину» равномерно гудящих моторов самолета. Уровень ответственности за результат у экипажа (спасибо сотрудникам Л. П. Берии) «зашкаливает». Не отбомбиться бы по селу!

И вот мы прилетели в Белоруссию на полигон. В 10 километрах населенный пункт. Подлетали к полигону ночью. Надо было отбомбиться боевыми бомбами по радиоотраженным уголкам-отметкам на экране РЛС «Кобальт» и при этом был риск попасть по спящему селу. Ответственность огромная. Нагрузка психологическая на всех участников огромная. В компьютер (аналоговый) радиолокационного прицела надо было ввести параметры бомб, угол сноса и другие параметры. Когда отметка от уголка на экране радиолокатора совпадала с расчетной меткой, вырабатывалась команда: «Сброс». И только на одном самолете отказал прицел, а остальные 20 отбомбились нормально.

ЛТУ полка прошло успешно. Отказ РЛС (отказ клистрона) на одном самолете из 21 за 10-часовой полет. Результат отличный! Завод, выпускающий РЛС «Кобальт», в споре с военными был прав, а если точнее, то завод № 283 не был виновен в частых отказах техники.

Никаких поздравлений и прочих «победных реляций» не было. Мы просто вернулись из служебной командировки. В то тяжелое

для страны послевоенное время это была наша обычная работа — каждый должен был делать порученное ему дело с полной отдачей.

После этой командировки в дальнейшем у меня с Вениамином Ивановичем Смирновым сложились теплые, доверительные отношения. Он мне абсолютно доверял, а я его никогда не подводил.

Таким образом, можно отметить, что с этим неординарным человеком я знаком с августа 1949 года, когда после окончания Ленинградского техникума авиационного приборостроения я начал трудовую деятельность на заводе № 283 МАП (завод «Новатор» ХК «Ленинец») радиорегулировщиком РЛС «Кобальт».

В 1950 году я был переведен на должность инженера цеха № 13 (эксплуатации и ремонта оборудования — ЭРО, начальник цеха Н. Зайков) и выполнял обязанности старшего представителя завода на самолетостроительных заводах № 18 (Куйбышев) и № 22 (Казань), на которых проводил отладку и сдачу заказчику РЛС на летно-испытательной станции (ЛИС), на земле и в полетах (с налетом на ТУ-4 более 300 часов), а также в воинских частях в городах Сеща, Белая Церковь и Полтава.

К 1951 году наши руководители страны начали понимать, что причины частых отказов, аварий, катастроф и тому подобных явлений не во «врагах народа» или «шпионах».

«Радиолампы для станции «Кобальт» разрабатывались в Ленинградском конструкторском бюро (ЛКБ). Почти все они в скором времени потребовали усовершенствования, и в марте 1951 года своим приказом министр промышленности средств связи (МПСС) Г. В. Алексеенко обязал НИИ-160 пересмотреть технические условия (ТУ) и ужесточить нормы параметров на изделия, поставляемые заводами Министерства авиационной промышленности (МАП) для станции «Кобальт» [1].

Проблема была в надежности комплектующих элементов РЛС. Министр связи, которому подчинялись заводы радиоламп, издал приказ, который обязал НИИ-160, ведущий завод по выпуску радиолокаторов, и другие предприятия, осуществляющие поставки комплектующих для РЛС «Кобальт», в течение года выполнить необходимые мероприятия по повышению качества материалов и комплектующих элементов. Результат от этих первых мероприятий по повышению надежности должен быть весьма значительным.

Дальнейшее повышение надежности, а оно необходимо, потребует многих лет исследований и испытаний. Даже этих первых результатов я не дождался. В 1951 году вышло постановление правительства о подготовке инженеров из лиц, окончивших техникумы (по радиотехническим специальностям). Наши начали подавать заявления. Я был увлечен работой и в институт поступать не хотел. Уже в конце срока приема заявлений начальник цеха Давид Израйлевич Бердичевский убедил меня поступать, не сразу, но убедил. Я очень уважал Давида Израйлевича и поверил ему.

В феврале 1952 года я поступил на очное отделение радиотехнического факультета ЛИАП. Приемных экзаменов не было. Была только диктовка по русскому языку. Результат был общий на всех: плохо и очень плохо. У кого, видимо, было очень-очень плохо, отсеялись. Дальше собеседование. Комиссию возглавлял директор института Д. Д. Аксенов. Вызывают. Короткая пауза. Осматривают. Директор спрашивает: «Кем и где вы работаете?» Отвечаю: «Инженер цеха комплексной настройки и сдачи заказчику РЛС «Кобальт». — «А мы инженеров не принимаем. Мы инженеров готовим». — «Ну вот, говорю я, — я же говорил начальнику цеха Бердичевскому, что не хочу учиться, а хочу работать». Но оказалось, что меня зачислили неожиданно для меня.

Учился я хорошо, мне нравились все предметы. В зачетной книжке у меня были только одни пятерки. Оставили в аспирантуре. Из аспирантуры начал уходить через год. Вернулся на свою работу в ОКБ завода № 283 в январе 1956 года на должность ведущего инженера-конструктора с партийным выговором «За непартийность и погоню за длинным рублем».

В эти прошедшие годы в ОКБ разрабатывались РЛС «Рубин» и РЛС «Рубидий». Это были последние разработки бортовых авиационных систем на лампах. Главным конструктором этих РЛС был В. И. Смирнов.

За разработку и успешное введение в эксплуатацию РЛС главный конструктор В. И. Смирнов получил Ленинскую премию. Я был ведущим при настройке радиоэлектронных комплексов в опытной эксплуатации этих станций, а также обеспечение при проведении государственных летных испытаний. Надежность ламповых РЛС за последующие 10 лет заметно возросла.

С 1956 года я работал в ОКБ п/я 444 ведущим инженером-конструктором первой категории в комплексной лаборатории по отработке комплекса РЛС «Рубин» отдела № 570 (начальник Г. А. Гальбертон). Руководил комплексной бригадой по проведению опытной эксплуатации РЛС «Рубин» на самолете ТУ-4 в в/ч г. Бобруйска и на самолете ТУ-16 в в/ч г. Рязани. Был ведущим инженером по проведению государственных испытаний РЛС «Рубин» на самолете ТУ-16 в в/ч Чкаловская.

Коллектив лаборатории формировал и настраивал комплексы ряда РЛС для самолетов ТУ-4 и ТУ-16 разных модификаций. Комплексная лаборатория обеспечивала также проведение опытной эксплуатации образцов РЛС и сопровождение государственных летных и лабораторных испытаний. На этом этапе развития электронной промышленности (конец 50-х годов) отказы радиоаппаратуры все еще держат в напряжении и разработчиков, и испытателей. Мне очень пригодился мой опыт работ с РЛС «Кобальт».

В 1957 году электронная промышленность начала выпускать транзисторы, позволяющие строить на их основе миниатюрные транзисторные бортовые радиотехнические устройства различного назначения, в частности РЛС.

Инженеры-радиолюбители комплексной лаборатории опробовали новые идеи на моделях транзисторных радиоприемников для личных целей, размещая их в мыльницах. Однажды я выходил с работы через проходную, а приемник у меня в кармане «заговорил», меня задержали (надо знать то время), отобрали приемник, и он попал к начальнику ОКБ. Вениамин Иванович с интересом осмотрел такую мыльницу и никаких административных мер не принял, а даже похвалил.

Главные конструкторы радиоэлектронных комплексов (РЭК) воздерживались от перехода с ламп на транзисторы, считая их ненадежными. В процессе работы с транзисторами стало очевидно, что целый ряд их параметров требует усложнений в классических схемах (температурные компенсации, отрицательные обратные связи, защита от пробоев и т. п.). С другой стороны, транзисторы обладают некоторыми очень устойчивыми характеристиками. Это практически независимые от температуры параметры управляемого открытого и закрытого состояния транзистора.

Мы в лаборатории стали разбираться в свойствах транзисторов. Оказалось, что из положительных свойств нам наиболее подходит работа транзисторов в ключевом режиме. Поэтому надо строить надежные схемы на транзисторах, работающих только в ключевом режиме. У нас тогда еще не было понятия о цифровых схемах, об обработке и передаче аналоговых сигналов в «цифровых кодах».

Наша лаборатория в 1958 году разработала радиолокатор, где все элементы, а именно модулятор, приемник и пр., сделали на обычных корпусных транзисторах, кроме индикатора, который был на электронно-лучевой трубке, и магнетрона. Изготовили все в своей макетной мастерской и поставили для испытаний на самолет Ли-2. Самолет был старый, дырявый и безбожно тек во время дождя. На этом самолете мы в течение трех летних сезонов выполняли полеты над Черным морем в интересах НИР «Саксаул», выполняемого НИИ15 МО. Мы обеспечивали работоспособность радиолокатора в режиме скоростной записи отраженных сигналов от плывущей под перископом подводной лодки. Запись осуществлялась на фотопленку с последующей ее статистической обработкой в НИИ-15 МО.

В 1959 году (постановление Совета министров СССР № 2304 от 17 августа) в бывшем «Доме Советов» Ленинграда на Московской площади был организован научно исследовательский институт (НИИ-131, а/я-233) на базе опытных конструкторских бюро (ОКБ) и специальных конструкторских бюро (СКБ) ленинградских заводов, где разрабатывались самолетные радиоэлектронные приборы, и в частности РЛС (директор Н. В. Аверин, главный инженер В. И. Смирнов). Основных подразделений, или СКБ, в структуре института НИИ-131 было четыре. СКБ-1 (дальняя авиация), СКБ-2 (микроминиатюризация и ЭВМ), СКБ-3 (штурмовая и транспортная авиация) и СКБ-4 (морская авиация). Кроме того, был СНТО (сектор научно-технических отделов). Отдельно были выделены: конструкторский отдел, технологический отдел и опытное производство. Также был создан и специальный отдел бортовой аппаратуры (отдел № 570), который в 1962 году стал называться отделом микроэлектроники и вычислительной техники с подчинением непосредственно главному инженеру.



НИИ-131 (а/я-233), НИИРЭ, НПО «Марс», ВНИИРЭС, ХК «Ленинец»

По результатам разработки и трехлетней эксплуатации первого экспериментального образца радиолокатора на транзисторах (1958–1960 годы) мы пришли к твердому убеждению, что разработку сложных бортовых радиотехнических устройств реально можно осуществить на транзисторах, только используя их положительные свойства и не используя в схемах неблагоприятные свойства.

Такое предложение с обоснованием я подготовил главному инженеру института Вениамину Ивановичу Смирнову в технической записке. Мой начальник отдела Гальбертон Г. А. посчитал мое предложение неконструктивным и даже бессмысленным, так как оно не дает никаких рекомендаций по замене ламп на транзисторы. В то время все, кто начинал переводить ламповую аппаратуру (блоки, устройства) на транзисторы, как правило, сохраняли исходные структурные и блочные схемы без изменений и каждый ведущий разработчик блока по указанию своего начальника начинал разрабатывать «свой блок» только на транзисторах.

На пороге 1960 год. Первое десятилетие моей трудовой деятельности, 1949–1960 годы, наградило меня за любовь к радиотехнике, за любовь к наукам в студенческие годы, за предшествующие пять лет радиолобительства — необыкновенно интересной и увлекательной работой. За эти годы я встретил много замечательных людей, талантливых специалистов, с некоторыми из коллег мы стали друзьями на многие годы.

# Глава 1

## ПРЕДЫСТОРИЯ БЕЗ ПРОДОЛЖЕНИЯ

### 1.1. Рождение идеи твердой схемы

В 1959–1960 годах основным направлением работ в нашем отделе № 570 были разработка и исследование методов микроминиатюризации бортовой радиоэлектронной аппаратуры, пробный перевод на транзисторы ламповых блоков РЛС «Дружба», разрабатываемой в это же время на лампах, разработка и летные испытания экспериментальной РЛС на транзисторах.

Молодые специалисты по физике полупроводников и диэлектриков, окончившие ЛПИ, ЛЭТИ, ЛГУ в 1957–1960 годах, хорошо и глубоко знавшие транзисторы, начинали свою работу (в отделе 570 НИИ-131) с изучения схемотехники. Начиналось их переобучение, но уже в 1960 году в лаборатории № 571 были востребованы их знания физики полупроводников. Работая в среде радиоинженеров-разработчиков бортовой аппаратуры в начальный период транзисторизации и поиска путей микроминиатюризации бортовых радиоэлектронных систем, они, наши молодые специалисты-физики, определили наиболее эффективное направление разработок нашего коллектива в решении задач микроминиатюризации и повышения надежности бортовых систем. Началась эра разработки бортовой аппаратуры **НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ!**

Сейчас я не помню, да и тогда не знал, кто первый из нашего коллектива принес идею создания любого устройства на логических элементах «2НЕ-ИЛИ», (стрелка Пирса), описавшего работу логическими уравнениями в терминах двоичной логики, обеспечивающей двумя устойчивыми состояниями транзисторов (закрытое и открытое состояния).



Стрелка Пирса — Булева функция двух переменных, эквивалентная операции «2НЕ-ИЛИ», обладает таким свойством, что через нее одну выражаются все другие логические операции.

Следующий осознанный и естественный шаг был сделан на основе простого рассуждения: если у нас будет один универсальный элемент «2НЕ-ИЛИ», транзисторы которого работают в ключевых режимах, то, как следствие, должна обеспечиваться устойчивая работа аппаратуры бортовых систем на этих элементах. Вот оно, техническое решение транзисторизации! Здесь и использование только положительных свойств транзисторов, и дополнительный бонус, а именно высокий уровень унификации. Мы понимали, что делаем важный шаг в развитии не только бортовых радиоэлектронных систем. Теперь мы знали, что нам делать дальше! Это было лето 1960 года, это был первый шаг в развитии цифровой электроники.

Эйфория от осознания возможности использования одного универсального логического элемента при разработке «транзисторных» блоков на замену «ламповых» при транзисторизации разрабатываемых в институте РЭК плавно перешла в здоровый энтузиазм рабочих будней.

К этому времени разработчики самолетных РЭК осознали, что комплексирование современных РЭ комплексов может быть выполнено только на базе ЭВМ. Единственная транзисторная бортовая ВМ «Пламя» передана в серийное производство в 1960 году имела вес 330 кг и потребляла 2 000 ватт! Таким образом, в институте была потребность разработки бортовых вычислительных машин.

Перед нами встала задача создания универсального элемента и на его базе разработка БЭВМ нового поколения. Мы понимали, что делаем важный шаг в развитии не только бортовых радиоэлектронных систем. Это был первый шаг в развитии цифровой электроники, начало цифрового века, как это было названо позднее.

О построении вычислительной машины никто из нас тогда не думал. Тот факт, например, что центральный блок синхронизатора, который выдает рабочие импульсы РЛС, можно сделать на таких двухвходовых элементах без конденсаторов, резисторов и др. навесных элементов было для нас открытием. Это была исключительно наша внутренняя, увлекающая всех работа.

В мае 1960 года инженер моей лаборатории — физик по образованию, Лев Иосифович Реймеров, предложил в качестве универсального элемента 2НЕ-ИЛИ использовать двойной транзистор в одном корпусе с внешним резистором, заверив нас, что практически это предложение уже обеспечивается в существующем технологическом процессе изготовления транзисторов П401 — П403, который ему хорошо известен по практике на заводе «Светлана». В процессе изготовления транзисторов на одной пластинке «германия» формируются несколько десятков транзисторов. Исходная пластина «германия» является общим коллектором, а все транзисторы изолированы друг от друга навстречу включенными PN-NP переходами, а их коллекторы соединены между собой, что и требуется. Нужно лишь нанести риски и разделить по парам транзисторы и поместить их в корпусах с четырьмя выводами. Сформировать коллекторную нагрузку из-за малого удельного сопротивления «германия» при существующей технологии было невозможно. Требовался дополнительный внешний резистор для создания типового логического элемента «2НЕ-ИЛИ». Но и резистор можно разместить в том же корпусе. Это уже было почти все, что надо! Ключевые режимы работы транзисторов и высочайший уровень унификации. Теперь мы знали, как решать задачу транзисторизации ламповой аппаратуры. Не менять лампы на транзисторы, а создавать транзисторную аппаратуру на универсальных логических элементах. А через неделю Лев принес эскиз структуры кристалла, на котором к двум транзисторам на их общем коллекторе добавлялся P-N-переход, образующий слоистый (диффузионный) резистор, который, согласно его расчетам, составлял 200–300 Ом. И тогда этот кристалл уже можно называть «твердой схемой», и он будет выполнять функцию «2НЕ-ИЛИ» без дополнительных радиоэлементов. Вот это да!!

В двадцать первом веке истории вычислительной техники о появлении первых «твердых схем» напишут:

«Мега-транзисторы, и особенно планарные транзисторы, были приспособлены для групповой обработки, при которой ряд операций по изготовлению многих транзисторов на одной пластине-подложке осуществлялись одновременно. То есть на одной полупроводниковой пластине изготавливалось сразу множество транзисторов. Затем пластина разрезалась на отдельные транзисторы,

которые размещались в индивидуальные корпуса. А затем изготовитель аппаратуры объединял транзисторы на одной печатной плате. Нашлись люди, которым такой подход показался нелепым — зачем разъединять транзисторы, а потом снова объединять их. Нельзя ли их объединить сразу на полупроводниковой пластине? При этом избавиться от нескольких сложных и дорогостоящих операций! Эти люди и придумали полупроводниковые ИС» [4].

Первым таким человеком оказался мой сотрудник, физик по образованию, выпускник ЛЭТИ 1957 г., Лев Иосифович Реймеров, создавший таким образом первую интегральную микросхему в Советском Союзе. Областью научных интересов нашего героя являлось изучение физических свойств различных материалов, и в том числе полупроводников. Он мечтал о научной работе, поэтому результаты своих работ оформлял в виде статей в научных журналах или авторских свидетельств на изобретения и открытия. У меня в архиве сохранился оттиск одной из подаренных мне его научных работ.



Лев Иосифович  
Реймеров

Привожу ее исключительно для иллюстрации того факта, что изобретателем первой в мире универсальной ИС был не случайный «заводчанин» [1], а научно-ориентированный и мотивированный на решение таких задач специалист.

В 1960 году Лев Иосифович Реймеров оформил на свое предложение авторское свидетельство и получил положительное решение на устройство № 24864 от восьмого марта 1962 года. Так как об этом ничего не известно читателям, привожу опубликованное в 1965 году Ю. Е. Наумовым в открытой литературе описание содержания изобретения Л. И. Реймерова [5] (с. 459–462). Наши физики В. Д. Пузыревская и Л. М. Ивановский посчитали идею Реймерова реализуемой и предложили, чтобы воплотить ее «в железе», как принято говорить в среде инженеров, воспользоваться помощью их однокурсника О. В. Веденева, направленного по распределению молодых специалистов на завод «Светлана» и работающего там технологом цеха, выпускающего транзисторы П401 — П403. Все сложилось!

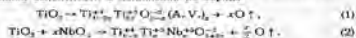


1959 ЖУРНАЛ ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ Том XXIX, № 2  
1959 JOURNAL OF TECHNICAL PHYSICS Vol XXIX, No 2

#### ЭЛЕКТРОННО-РЕАКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ДВУОКСИД ТИТАНА

А. Н. Рейзеров

При излучении восстанавливаются двуокиси титана или вводятся примеси в кристаллическую решетку дробью образуются дефекты. С атомической точки зрения это выражается в случае ионизации катионов иермической валентности и понижения на заряд



При ионизации катионов с валентностью, большей валентности катионов решетки, образуются частично восстановленные катионы  $\text{Ti}^{3+}$ , а в случае восстановления, кроме этого, анионные вакансии (A. V.). Как в случае анионной ионизации, так и в случае ионизации катионов  $\text{Ti}^{4+}$  катионной высшей валентности или будем иметь систему ряда многотурый положительный заряд дефекта, т. е. возможные энергетические уровни вакансии дефекта будут несколько понижены по сравнению с энергетическими уровнями идеальной решетки.

Это приводит к тому, что для катионной ионизации энергетический процесс, соответствующий состоянию  $\text{Ti}^{3+}$ , оказывается ниже зоны проводимости на 0,5—1 эВ (в случае слабо восстановленной  $\text{TiO}_2$ —0,7 эВ) [1].

Слово «слабо восстановленная», исходящее из этих данных, означает, создает аномальную электропроводность [1], а также аномальную поляризацию и потерю в двуокиси титана, которая в обычных условиях является прекрасным диэлектриком, широко распространены в конденсаторостроении [2].

Кривоточные зависимости для случая примеси 0,23% диоксида  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  приведены на рис. 1.

Температурная зависимость  $\lg N$  для различных значений в случае слабо восстановленной двуокиси титана приведены на рис. 2.

Отсюда вытекает необходимость рассмотрения валентных состояний в дефектной решетке титана.

Потенциальная энергия валентных вакансий и возмущенной периодической решетки схематически показана на рис. 3.

Состояние валентной, находящееся на среднем уровне подобной потенциальной ямы, описывается уравнением

$$(\hat{H}_0 + \hat{H}_1)\psi_n(\mathbf{q}) = E_n\psi_n(\mathbf{q}), \quad (3)$$

где  $\hat{H}_0$ —оператор Гамильтона для невозмущенной периодической решетки;  $\hat{H}_1$ —оператор возмущения периодического потенциала.

## XVII.5. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ИЛИ—НЕ

Полупроводниковая структура функциональной твердой схемы, выполняющей логическую операцию ИЛИ—НЕ [8], и схема ее включения показаны на рис. XVII.10. Она представляет собой по существу, ком-

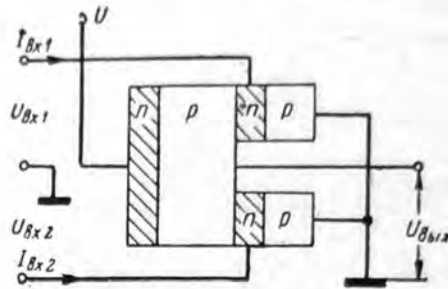


Рис. XVII.10. Функциональная логическая схема, выполняющая операцию ИЛИ—НЕ,

бинацию двух бинисторов (см. гл. XIII), у которых объединены внешний слой  $n$ -типа и внутренний слой  $p$ -типа. Эта структура имеет много общего с двухколлекторным транзистором, описанным в § XVII.4. Принципиальное отличие заключается в дополнительных контактах к внутренним слоям  $n$ -типа и иной схеме включения. В схеме включения, показанной на рис. XVII.10, внешние слои  $p$ -типа заземлены, на общий слой  $n$ -типа по-

дано отрицательное напряжение питания, контакты к внутренним слоям  $n$ -типа служат в качестве входов, а выходное напряжение снимается между контактом к общему слою  $p$ -типа и землей. Схема реагирует на входные импульсы отрицательной полярности. Статическая характеристика передачи схемы, т. е. зависимость установившегося напряжения на выходе от напряжения на входе, показана на рис. XVII.11.

При малых напряжениях на входе четырехслойная структура закрыта, ток через нее мал, а выходное на-

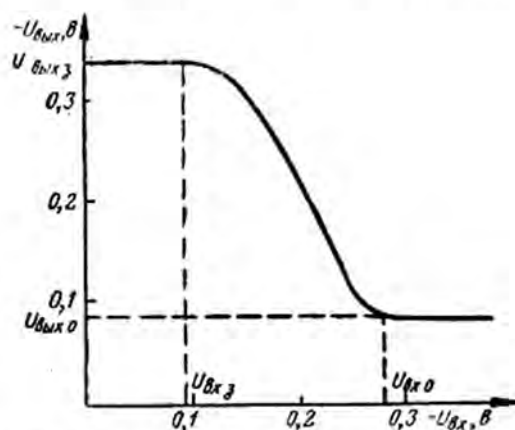


Рис. XVII.11. Характеристика передачи напряжения.

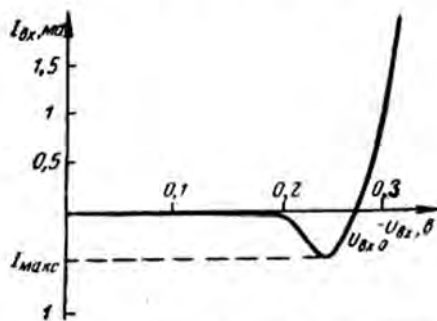


Рис. XVII.12. Входная вольт-амперная характеристика.



пряжение практически постоянно и почти равно напряжению питания. Обозначим напряжение на выходе в закрытом состоянии  $U_{\text{вых з}}$ . При напряжении на входе, большем величины  $U_{\text{вх з}}$ , выходное напряжение быстро уменьшается, достигая при  $U_{\text{вх}} = U_{\text{вх 0}}$  минимального значения, равного  $U_{\text{вых 0}}$ , а затем  $U_{\text{вых}}$  слабо зависит от  $U_{\text{вх}}$ . Указанная характеристика наблюдается при подаче входного сигнала на любой из двух входов или на оба входа одновременно.

Таким образом, при подаче на один из входов схемы, находившейся в выключенном состоянии, отрицательного импульса с амплитудой, равной  $U_{\text{вх 0}}$ , схема переключается и на выходе появляется импульс положительной полярности, амплитуда которого равна  $|U_{\text{вых з}} - U_{\text{вых 0}}|$ . Следовательно, такая схема выполняет логическую операцию ИЛИ—НЕ; можно создать аналогичную структуру на четыре и большее число входов.

Если выполняется условие

$$|U_{\text{вых 0}}| < |U_{\text{вх з}}|, \quad (\text{XVII.22})$$

то описанные структуры можно соединять последовательно. Таким образом, на схемах только этого типа могут быть созданы сложные логические устройства.

Большой интерес представляет входная характеристика схемы, показанная на рис. XVII.12. При небольших напряжениях входной ток отрицателен и очень мал; при  $|U_{\text{вх}}| > |U_{\text{вх з}}|$  входной ток, оставаясь отрицательным, увеличивается по абсолютной величине, достигая максимального значения  $I_{\text{макс}}$ , а затем быстро уменьшается и при  $U_{\text{вх}} \approx U_{\text{вх 0}}$  меняет знак. Дальнейшее увеличение напряжения на базе вызывает экспоненциальный рост входного тока.

Сравнение входной характеристики (рис. XVII.12) и характеристики передачи напряжения (рис. XVII.11), построенных в одинаковых масштабах по оси входных напряжений, показывает, что возможно подобрать такой режим работы, при котором входной ток в открытом состоянии схемы будет близок к нулю. Это обстоятельство позволяет существенно повысить нагрузочную способность схемы.

Физические процессы, определяющие основные характеристики рассматриваемой структуры, в общих чертах совпадают с процессами в отдельном бинисторе. Это подтверждается тем экспериментальным фактом, что входная характеристика (рис. XVII.12) и характеристика передачи, например (рис. XVII.11), наблюдаются и в отдельном бинисторе при соответствующей схеме включения. Более того, в режиме холостого хода по выходу, т. е. при

$$I_{\text{вых}} = 0, \quad (\text{XVII.23})$$

для рассматриваемой структуры справедливы те же уравнения непрерывности тока (XIII.20) — (XIII.22), что и для транзистора. Несущественная разница заключается лишь в том, что соответствующие области имеют противоположный тип проводимости (для сравнения см. рис. XIII.7). В связи с этим становится понятным происхождение участка с отрицательным сопротивлением на входной вольтамперной характеристике, которая при условии (XVII.23) описывается формулой (XIII.34).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Stelmak J., Strull G., Lin H. Molecular electronics and microsystems. *Electrical Eng.*, 1961, v. 80, № 7, p. 504.
2. Microelectronics moving fast. *Electronics*, 1960, v. 33, № 7, p. 36.
3. Levin S., Sein J. Semiconductor bandpass filters. *IRE International Convention Record*, 1961, pt. 6, 133.
4. Rutz R. A two collector semiconductor devices for binary full addition. *IBM Journal of Research and Development*, 1957, v. 1, p. 212.
5. Kennedy D., Gilman S. Многоколлекторные полупроводниковые устройства в молекулярной электронике. «Электротехника», 1961, № 7, стр. 37—45 (перевод журнала *Electrical Eng.*).
6. Earle J. Потенциальные возможности молекулярной электроники при использовании многоколлекторного полупроводникового триода в логических схемах. «Электротехника», 1961, № 7, стр. 46—55 (перевод журнала *Electrical Eng.*).
7. Wallmark J., Marcus S. An integrated semiconductor shift register. *IRE Trans.*, 1961, v. ED-8, № 5, p. 351.
8. Реймеров Л. И. Авторское свидетельство № 24861 от 8.3.1962.



## 1.2. Первая в мире серийная интегральная твердая схема

Встреча с Олегом Веденевым состоялась. Результатов долго ждать не пришлось, сказано — сделано. Изготовление элемента выполнялось «со слов» Левы Реймерова, по нарисованному на одном листе эскизу структуры элемента.

### Вспоминает О. В. Веденев

Я окончил ЛПИ в 1960 году по специальности «физика полупроводников» и весной этого года по распределению попал на завод «Светлана» в 15-й цех на участок, где делали полупроводниковые изделия, в частности транзисторы П401 — П403. Я был радиолюбителем, и мне нравилось делать различные эксперименты. Мы в это время переходили на новую технологию с использованием в изделиях для выводов золотой проволоки диаметром 50 мкм. Летом меня вызвал в проходную Лев Иосифович Реймеров, тогда просто Лева. Он сказал, что он от Левы Ивановского и Вики Пузыревской, которые учились со мной в одной группе и распределились на работу в а/я-233. Реймеров работал вместе с ними в лаборатории спецотдела. Он закончил ЛЭТИ по специальности, связанной с физикой, и занимается транзисторными элементами для микроЭВМ. У него возникла идея сделать технически и технологически схему «НЕ-ИЛИ». На такой прибор: на металлической основе (дюраль) крепится германиевый кристалл, на котором создаются четыре слоя с N-P-N-P-проводимостью. Дополнительный слой нужен для создания в диффузном N-P-переходе слоистого (диффузионного) сопротивления. Лева изложил мне свою идею, когда мы гуляли по территории завода, и он с удовольствием вдыхал запах лака МБК, который исходил от моего халата. Лак МБК-3 мы использовали для герметизации полупроводниковых приборов. Работу по впавлению золотых выводов хорошо освоила молодая монтажница Люда Турнас, и я привлек ее к работе. Полученное изделие помещалось на керамическую галету размером  $10 \times 10 \times 0,2$  (Рис. 1.2.1), приклеивалось каплей эпоксидки и выводы расплавлялись. Для этого на каждой стороне у галеты имелось по 3 зазубрины с припоем. Таких галет до 10 штук можно было легко вынести



Олег Валентинович Веденев и Людмила Павловна Турнас вспоминают совместную работу на «Светлане» и первые твердые схемы. 2016 г.

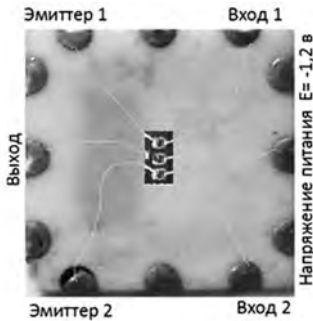


Рис. 1.2.1. «Элемент Реймерова»  
на керамической платке от  
этажерочного модуля.  
Масштаб 1:10

через проходную завода, просто зажав в кулак. Мы сделали Лева таких галет несколько сотен штук. В 1961 году я уже был технологом — начальником участка.

Первые несколько сот штук были изготовлены втихую в течение нескольких дней! В этой партии полупроводниковых «твердых схем», как мы в дальнейшем стали их называть, были и годные по параметрам, и негодные. После отбраковки приемлемых по параметрам приборов собрали несколько простейших схем

триггеров и счетчик. Все работает! Вот она — первая интегральная микросхема! Июнь 1960 года. Все работает только на одних кристаллах без дополнительных радиоэлементов! И так можно строить любые логические устройства, а значит, и всю бортовую аппаратуру. Конечно, специальные устройства, такие как индикаторы, пульта управления, антенны, передатчики и т. п., останутся или будут развиваться по собственным направлениям.

В лаборатории мы изготовили демонстрационные сборки типовых узлов на этих твердых схемах, размещенных на панелях из оргстекла. Наглядно было видно, что узлы на кристаллах функционируют без дополнительных радиоэлементов. На демонстрацию первых твердых схем (простых, но первых в стране!) пригласили главного инженера НИИ-131 Вениамина Ивановича Смирнова и рассказали ему, что этот элемент является универсальным и его одного достаточно для построения любых сложных устройств. Транзисторы в этой твердой схеме работают в ключевом режиме, что позволяет получить устойчивую работу устройств на таких схемах.

Демонстрация твердых схем произвела впечатление. Наша работа была одобрена. Все последующие несколько лет Вениамин Иванович был нашим главным куратором в решении организационных вопросов. В частности, при создании в отделе 570 лаборатории физики твердых схем с производственным участком по изготовлению и исследованию германиевых твердых схем, организации и оснащению

производственного участка выпуска твердых схем и в дальнейшем, в Риге на РПЗ и по многим, многим другим оперативным вопросам.

В. И. Смирнов дал нам указание подготовить для доклада в Государственный комитет по радиоэлектронике (ГКРЭ) действующие демонстрационные узлы на твердых схемах. Действующие макеты были собраны на платах из органического стекла, где было хорошо видно, что на плате одни только твердые схемы.

В октябре 1960 года с этими поделками главный инженер НИИ-131, изобретатель твердой схемы инженер Л. И. Реймеров и я, начальник лаборатории, выехали в Москву и показали наши изделия председателю ГКРЭ В. Д. Калмыкову и его заместителю А. И. Шокину. Мы привезли на демонстрацию в Москву осциллограф и прямо на рабочем столе у министра показали, что это были не транзисторы, а конструктивно размещенные на платках от этажерочных модулей полупроводниковые структуры. Руководители министерства впервые наблюдали реально работающие твердые схемы. Они увидели, что на платках нет ни резисторов, ни конденсаторов и вообще известных им навесных элементов. Они проявляли явный интерес. Вениамин Иванович рассказал об универсальности нашей твердой схемы и возможность ее массового применения в военной и гражданской аппаратуре. В. Д. Калмыков и А. И. Шокин положительно оценили проделанную нами работу. Они отметили важность этого направления работ и предложили обращаться при необходимости к ним за помощью. Таким образом «наверху» мы доложили, показали и получили поддержку.

Развитие авиации к этому времени потребовало от промышленности разработки радиоэлектронных систем (РЭС) управления и РЭК, включающих в свой состав бортовую цифровую вычислительную машину (БЦВМ). Выпуск в стране серийных транзисторов сделал эту задачу реальной. Первая авиационная бортовая вычислительная машина на транзисторах с навесными элементами БЦВМ «Пламя», разработанная в КБ-1 (НИИ-17), уже использовалась в нашем институте (СКБ-4, ОКР «Беркут»). Она имела вес 330 кг и потребляла мощность 2 000 Вт, и была практически непригодна для самолетных РЭК.

Сразу после доклада министру и поддержки министром выполняемых нами работ по созданию и отработке германиевой твердой



Олег Валентинович  
Веденеев

схемы В. И. Смирнов распорядился создать лабораторию физики твердых схем с экспериментальным производственным участком изготовления твердых схем логического элемента 2НЕ-ИЛИ для комплектации НИОКР бортовых вычислительных машин для разрабатываемых в институте РЭК. Выделили площадь 80 кв. метров, «раздобыли» документацию на технологическое оборудование (водородные печи и др.). Специалисты-физики по полупроводникам были подготовлены. Углубленное изучение физики твердого тела инженерами лаборатории проводилось молодым доктором физико-математических

наук Стафеевым Виталием Ивановичем. Он же консультировал наших специалистов по вопросам исследования свойств полупроводниковых приборов. Изготовление и монтаж технологического оборудования проводилось непосредственно под оперативным контролем главного инженера В. И. Смирнова.

Все основные работы по созданию участка твердых схем были выполнены в течение 1960 года. В первом квартале 1961 года на участке были изготовлены первые наши твердые схемы, правда, пока с помощью друзей на заводе «Светлана» (припайка золотых выводов, многокомпонентные сплавы для базы и эмиттера).

Эти работы проводились при непосредственном участии Людмилы Турнас и Олега Веденева.

Изготовление водородных печей и другого технологического оборудования для производственного участка твердых схем производили, не афишируя и по возможности скрытно от других главных конструкторов института, которые требовали в интересах разработки своих РЭС и РЭК дополнительных площадей и приоритетного выделения производственных мощностей. Наши работы, с их точки зрения, не были профильными для института, который специализировался на разработках радиоаппаратуры, и мы опасались, что противники заблокируют наши планы по разработке БЦВМ на наших твердых схемах.

Организацией участка ТС в НИИ-131 (а/я-233) руководила выпускница физического факультета Ленинградского университета Лариса Григорьевна Фролова. Она привлекла самого молодого доктора физ.-мат. наук в АН СССР (27 лет), специалиста по физике полупроводников Стафеева Виталия Ивановича для запуска технологической линии на нашем экспериментальном производственном участке. Кроме работы консультантом при запуске участка ТС, мы привлекли Виталия Ивановича как лектора по физике полупроводников. Он провел в порядке повышения квалификации несколько очень полезных занятий с сотрудниками отдела А позднее, где-то через год, Виталий Иванович по нашей командировке ездил на завод в Ригу, где мы запускали первые экспериментальные партии наших твердых схем ТС-233 в цехе, выпускающем транзисторы П401 — П403 по такой же технологии и тех же материалах.



Лариса Григорьевна  
Фролова

Итак, благодаря энтузиазму наших физиков и постоянной оперативной помощи Вениамина Ивановича в первом квартале 1961 года в НИИ-131 (а/я-233) в отделе № 570 начал функционировать экспериментально-производственный участок интегральных твердых схем (рис. 1.2.2). В первом квартале 1961 года участок твердых схем уже изготавливал действующие твердые схемы по технологии, которая использовалась на заводе «Светлана» при производстве транзисторов П401 — П403. Но это были одиночные образцы, и физики их использовали в интересах отработки процесса изготовления структур твердой схемы, контроля материалов и техпроцесса. На первом этапе работ многокомпонентные сплавы для базы и эмиттера «доставали» на заводе «Светлана», золотые выводы припаивать возили на «Светлану» к друзьям, так как своей монтажницы и золотой 50 мкм проволоки пока у нас еще не было. С механической обработкой слитков «германия» проблем не было. А когда запросили вторую партию слитков «германия», нам говорят: а где опилки? Если нет опилок, то нет слитков! Хорошо, что не все слитки были израсходованы. Пилим слиток на опилки!



Рис. 1.2.2. Производственный участок в НИИ-131 (а/я-233) для изготовления твёрдых схем — логического «элемента Реймерова»

В марте 1961 года вышел Указ Президиума Верховного Совета о создании Государственного комитета по электронной технике (ГКЭТ), на который возлагались в том числе разработка и производство интегральных микросхем. Как только из ГКРЭ выделился ГКЭТ, из НИИ-131 в этот комитет перешло в полном составе отделение микроэлектроники и вычислительной техники СКБ-2 во главе с его начальником Ф.Г.Старосом, которое стало самостоятельной организацией КБ-2 (п/я-155). СКБ-2 в НИИ-131 стало называться отделением транспортной авиации, начальником которого стал В.Л.Коблов, с которым связана моя судьба, как автора первой и единственной в мире БЭВМ на германиевой элементной базе.

Начальник моего отдела не хотел заниматься микроэлектроникой.

В 1961 году он перешел работать начальником отдела в СКБ-3 с двумя лабораториями, оставив мне интересную работу, номер отдела 570 и прямое подчинение главному инженеру. В моей

лаборатории № 571 осталось 13 сотрудников, и в том числе в оставленной нам макетной мастерской — 6 механиков.

У меня zakралось сомнение, сможем ли мы обеспечить своим участком комплектование экспериментальных образцов БЦВМ в 1962–1963 годах, если будет подписано ТЗ на НИР, а сомнений на этот счет у меня не было. Мы так разрекламировали наш универсальный элемент, что, я так думал, ни у кого не поднимется рука заблокировать эту работу. Правда, все громче звучала критика: «Германий не перспективен, кремний лучше германия, он работает при более высокой температуре».

Экспериментальную базу с полным технологическим циклом изготовления и исследований твердых схем мы создали. Теперь первоочередная задача физиков — решить вопрос с увеличением допустимой рабочей температуры цифрового устройства на германиевых элементах до плюс семидесяти градусов. Но я уже принял решение, что конструкцию экспериментального образца машины в НИР «Гном» мы будем делать с погружением твердых схем в составе («групповых модулей») во фреон с температурой кипения 24 градуса. Для выполнения соответствующих работ была организована теплофизическая лаборатория Владимира Львовича Фрайштадта, как автора этой идеи.

Передали ему трех молодых специалистов и приняли на работу опытного профессионального химика Арвида Потрекия. Работы были развернуты сразу с исследования временной устойчивости конструкционных материалов в среде фреона и сохранение работоспособности незащищенных твердых схем во фреоне.

У меня возникло большое сомнение в возможности обеспечения интегральными схемами экспериментальных и опытных образцов будущих БЦВМ, а также в возможности создания собственных производственных



Владимир Львович  
Фрайштадт



Арвид Владимирович  
Потрекий





Сергей Анатольевич  
Бергман, первый  
директор Рижского  
приборостроительного  
завода

участков (цехов) ТС на радиозаводах, изготавливающих радиоаппаратуру. Надо искать завод! На Ленинградском заводе «Светлана» договориться на эту тему не получилось. Завод перегружен планами.

«В 1959 году в СССР был образован Рижский серийный завод полупроводниковых приборов п/я-233 Латвийского совнархоза. В марте 1960 года завод выпустил первую продукцию — транзисторы П401 — П403. При этом использовалась технология, по которой заводчане из Риги прошли обучение на Ленинградском заводе «Светлана» [7]. Технология, по которой мы сделали «элемент Реймерова» на «Светлане», практически уже существовала

в Риге. Видимо, надо начинать с Риги. Мы (В. И. Смирнов, Л. И. Ремеров и я) с изготовленными в НИИ-131 образцами ТС весной 1961 года выехали в Ригу на Рижский приборостроительный завод (РПЗ), директором которого был С. А. Бергман, чтобы определить возможность использования этого завода в будущем для серийного производства наших твердых схем. Мы знали, что в советское время директора заводов неохотно брали дополнительный выпуск любой продукции. Поэтому мы обратились на РПЗ, чтобы нам для начала изготовили в порядке оказания технической помощи экспериментальную партию (500 штук) нашего «универсального элемента», технология изготовления которого и материалы полностью совпадали с используемыми на технологической линии РПЗ при изготовлении транзисторов П401 — П403.

Сергей Анатольевич, будучи ленинградцем, очень хорошо относился к ленинградцам. Он оперативно собрал производственное совещание, на котором В. И. Смирнов рассказал о нашем элементе — твердой схеме, что она является универсальным элементом и в будущем потребуется в огромных количествах. Вениамин Иванович нарисовал мелом на доске структуру твердой схемы, образцы которой мы привезли на эту встречу, и рассказал технологию, по которой они были изготовлены. В присутствии главного технолога Э. Г. Пахомова, начальника цеха транзисторов П401 — П403, главного ин-



женера (в то время Л. Я. Мисуловина) и других ответственных лиц он прямо спросил директора: «Сможет ли завод изготовить в порядке оказания технической помощи экспериментальную партию 500 штук таких полупроводниковых приборов?» Технических проблем не возникло, поэтому участники совещания согласились: «Да, мы можем это сделать». Вот так и делали, по нашим образцам и нарисованной главным инженером НИИ-131 (а/я-233) мелом на доске структуре твердой схемы. После обсуждения С. А. Бергман одному из сотрудников — участников совещания говорит: «Пиши приказ». Сотрудник, написав слово приказ, спрашивает директора: «А какой номер?» Директор, подумав, сказал: «Поставь тысяча, потом разберемся».

С этого момента началось наше «вторжение» на серийный завод с передачей «документации» нарисованной мелом на доске и изложенной устно технологией. Электрические параметры и методики измерений были изложены на одной странице формата А4, но задача разбраковки и контроля параметров была за нами.

В СССР такая форма взаимодействия между предприятиями была обычным делом. В это время не было еще никаких нормативных документов по порядку присвоения названий твердым схемам (интегральным микросхемам). Для определенности, название нашей твердой схеме предложил В. И. Смирнов на первой встрече с директором завода РПЗ С. А. Бергманом. У наших предприятий оказались совпадающие номера почтовых ящиков п/я-233 (РПЗ) и а/я-233 (НИИ-131). Отсюда и родилось название нашего «элемента Реймерова» — ТС-233.

С. А. Бергман дал указание главному технологу и начальнику цеха изготовить экспериментальную партию ТС-233. Для работы моих сотрудников С. А. Бергман предоставил комнату площадью примерно 15 квадратных метров. Разбраковку и измерение электрических параметров должны были выполнять сотрудники НИИ-131. Эту кропотливую и важную работу выполняли Таня Чехова, Натан Лившиц и другие. Старшей в группе разбраковки была инженер-физик Лариса Ильинична Чернова. Она же была ведущим специалистом по созданию системы параметров ТС, определению методик контроля параметров ТС.



Чехова Татьяна  
Николаевна



Чернова Лариса  
Ильинична

Для заводчан понятие «электрические параметры» было неудобным и непривычным, что твердая схема это уже радиотехническое устройство. Оно имеет входные и выходные характеристики, параметры «нагрузочная способность», скорость переключения и так далее. На первом этапе работ для заводчан твердая схема была не самостоятельным, законченным устройством, выполняющим определенную функцию, а как два транзистора с параметрами, такими, как их учили в институте и которые они умеют померить. Предложенная нами система параметров и методики измерений разработаны у нас специалистами физиками, но получившими опыт разработки радиотехнических устройств. Принятые методики измерений параметров позволили создать полуавтоматические устройства контроля параметров ТС. В 1961 году (3-й квартал) к началу запуска большой партии ТС-233 (15 000 шт.) наш институт изготовил для РПЗ необходимое количество таких стендов.

В то время на заводе (как и на других заводах) использовалась ручная технология переноса материала эмиттера и базы на германиевую пластину деревянными шипами от цветочного дерева акации и ручная припайка выводов. Все эти работы выполнялись под микроскопом молодыми девушками.

Главным результатом изготовления экспериментальной партии можно считать появление у нас уверенности в том, что РПЗ может стать серийным заводом по выпуску ТС-233, и мы на правильном пути создания ЭВМ нового поколения.

В связи с переносом предполагаемого изготовления твердых схем с радиозавода ГКРЭ на полупроводниковый завод ГКЭТ возникла проблема транспортировки твердых схем. Конструктивно этот элемент не рассчитан на транспортировку с завода-изготовителя на другой завод (город, страну). Его можно переносить без

производственной тары из цеха (участка) изготовления элемента ТС в цех (участок) сборки модулей второго уровня интеграции, если это происходит на одном заводе. В связи с этим возникшим обстоятельством я решил придать нашей твердой схеме товарный вид и конструктивно оформить ее в виде таблетки (чашечки). Под эту идею потребовалось разработать специальное контактное приспособление, специальную влагозащищенную транспортную тару и производственную оснастку для изготовления чашечек.

До поездки на Рижский завод с попыткой заказать в 1962 году следующую партию твердых схем у меня было полгода. За это время необходимо было изготовить всю оснастку для завода под изготовление «таблеточных» твердых схем.

При изготовлении необходимого нам количества твердых схем на 1962–1963 годы вне плана возникла проблема с получением фондируемых материалов. У нас уже фонды на слитки германия и золотую проволоку были, но передача фондируемых материалов другому предприятию в советское время считалась уголовным преступлением. Я осторожно сказал директору: «Хорошо бы иметь изготовление ТС-233 в годовом плане». Сергей Анатольевич согласился.

### 1.3. ТС P12-2 и ТС P12-5 — серийные изотопы ТС-233

Обстоятельства сложились так, что одновременно появились две твердые схемы. Обе ТС имели одинаковые характеристики, кроме быстродействия. Одна из них имела существенно большее быстродействие. Но зачем в таком случае понадобилась вторая твердая схема с меньшим быстродействием? Зачем, не знаю, а почему, расскажу ниже.

В 1961 году после изготовления первой экспериментальной партии ТС на РПЗ перед нами стояли две фундаментальные проблемы: увеличение допустимой рабочей температуры германиевых твердых схем до +70 градусов и вторая, новая для нас, проблема — каким-то образом внедрить на серийном заводе ГКЭТ изготовление наших германиевых твердых схем в большом объеме.

Разбраковка первой экспериментальной партии (500 штук на керамических платках) твердых схем ТС-233, как мы их называли на первой встрече с директором завода, показала, что выход годных

приборов достаточно высокий и, пожалуй, не хуже, чем на нашем экспериментально-производственном участке в лаборатории физики твердых схем отдела 570. Разбраковка выполнялась специалистами НИИ-131 на «годные и не годные» по нашей системе электрических параметров. В это время у нас еще не было реальной потребности в твердых схемах на керамических платках. На этом этапе наш экспериментально-производственный участок твердых схем уже обеспечивал потребности разработчиков, конструкторов, технологов при создании модулей «Квант» на этих твердых схемах, то есть при решении вопросов второго уровня интеграции.

Так как серийный выпуск приборов, подобных нашей ТС-233, возлагался теперь в стране на ГКЭТ, и твердая схема стала комплекующим изделием, а не узлом ЭВМ, то расширение нашего экспериментального участка в институте становилось невозможным. Однако экспериментальный участок лаборатории физики твердых схем, уже работающий в НИИ-131 по полному технологическому циклу изготовления транзисторов П401 — П403 (кроме корпусирования) эффективно использовался нашими физиками, и в первую очередь Л. И. Реймеровым, для отработки нашей ТС в целях расширения диапазона рабочей температуры и оптимизации параметров ТС.

Основной задачей нашей поездки на Рижский полупроводниковый завод, только недавно освоивший изготовление транзисторов П401 — П403, было определить возможность подключения завода к изготовлению отдельных партий ТС. В дальнейшем, так как количество ТС будет возрастать, придется решать вопрос включения изготовления ТС в годовой план завода. Мы понимали, что при такой организации передачи изготовления наших ТС на серийный завод возникнут вопросы по разработке, изготовлению и внедрению оснастки, передаче и обслуживанию в Риге на РПЗ специальной измерительной аппаратуры, а также предстоит передача строго фондируемых материалов, а именно слитков германия и золотой проволоки для «усиков» диаметром 50 мкм. У нас были фонды на эти материалы. Мы передавали на РПЗ слитки германия и золотую проволоку в требуемом количестве без оформления документов, а отчитывались за них твердыми схемами, якобы изготовленными на нашем участке. Это была плата за то, что мы начали

разработку аппаратуры с первого дня рождения твердой схемы без проведения НИР и ОКР по ней, без проведения государственных испытаний ТС. Такой порядок стал возможным благодаря тому, что и твердая схема, и модуль второго уровня интеграции на этих ТС «Квант» разрабатывались в составе одной НИОКР «Гном». Принципиально важное значение для нас имела организация лаборатории физики полупроводников с экспериментальным производственным участком, который позволил нам оперативно изменить конструкцию и структуру ТС, оптимизировать электрические параметры ТС, используя возможности новой технологии (фотолитография), а также отработку и проверку оснастки до передачи ее на наш участок на РПЗ. Все это было платой за возможность проведения работы по созданию БЦВМ одновременно с работами по созданию серийных ТС (ТС-233) и модулей «Квант».

В конце 1961 года мы снова обратились к директору РПЗ с новой просьбой изготовить следующую партию 15 000 штук в течение 1962–1963 годов. Это достаточно большая дополнительная нагрузка для цеха. Но такое количество было необходимо не только для обеспечения НИР «Гном» и разработки «Квазиэлектронных АТС», выполняемой на рижском заводе «ВЭФ» Л. Я. Мисуловиным, но и для подготовки нормального серийного производства ТС-233 с приемкой ОТК к 1964 году, уже без нашего участия в производстве.

Директор назвал цену 32 рубля за одну ТС-233, мы не торговались. Вопрос изготовления такой партии ТС-233 можно было считать решенным! Естественно, что при такой организации «передачи документации» серийному заводу руководство завода потребовало от НИИ-131 изготовления полного комплекта технологического и измерительного оборудования. Мы к этому были готовы. В этот начальный период развития завода он не имел реальной возможности выполнить такую работу. Это только Ю. В. Осокин в 2008 году рассказывал журналисту латвийской городской газеты [7], что «под него», как будущего «изобретателя кирпичика» — основы будущих ЦЭВМ, «директор завода создал отдел 150 человек». Нет. Ничего подобного на заводе не было. Первые три-четыре года за время моих многих командировок в Ригу я не встречал на заводе специалистов, сопровождающих производство твердых (интегральных) схем, кроме цеховых технологов Юры Осокина, Димы Михаловича



Рис. 1.3.1. Тара для перевозки «чашечек» с ТС-233

и наших (из НИИ-131) специалистов. В 1971 году НИИ микроприборов со своими лабораториями и отделами объединился с РЗПП, куда и перешел работать Осокин. По его приглашению я был у него в лаборатории. Он с гордостью показывал мне новое оборудование для работы с кремнием и рассказывал о разрабатываемых интегральных схемах по тематике схем связи.

К началу изготовления второй партии 15 000 шт. твердых схем на РПЗ мы оформили твердую схему в виде «таблетки», придав ей товарный вид и возможность транспортирования их потребителю в специальной влагозащитной таре (рис. 1.3.1).

Все решения были оригинальными и не имели аналогов. Необходимая оснастка для изготовления таблетки, транспортной тары, оригинальные контактные приспособления и специальная измерительная аппаратура были разработаны, изготовлены и апробированы на нашем участке и переданы заводу. Все эти работы проходили в ускоренном режиме. Нам надо было успеть сделать запуск в изготовление большой партии твердых схем ТС-233 уже в таблеточной конструкции с новой оснасткой с первого квартала 1962 года. После изготовления на заводе первой партии ТС-233 директор дал нам обещание через полгода (так мы просили) изготовить следующую партию ТС. Но первая партия была 500 штук (годных и не годных по параметрам), а сейчас предстоящая партия 15 000 штук, годных по параметрам в соответствии с прилагаемой «таблицей электрических параметров ТС-233» и «Методикой измерения электрических параметров ТС-233». Как отнесутся к такой нашей просьбе заводчане? Мы не знали.

«Необходимо отметить, что большая часть этого этапа развития вычислительной техники (1958–1965 годы) совпала с периодом существования в нашей стране региональных советов народного хозяйства (совнархозов), которые решали в основном производ-

ственные вопросы, и Государственного комитета по радиоэлектронике (ГКРЭ) СССР, который руководил всей научно-исследовательской деятельностью и имел в своем составе НИИ и КБ.

Такое разделение науки и производства по разным ведомствам, безусловно, не являлось лучшим решением проблемы, но оно имело и свои “плюсы” — практические решения по оказанию предприятиям помощи в освоении серийного производства, т.е. по кооперации, принимались и осуществлялись более оперативно» [8].

В 1962 году при рассмотрении с директором завода вопросов запуска второй партии ТС-233 (15 000 шт.) проявилась проблема получения дефицитных и фондируемых материалов, и надо было решить вопрос о включении в план завода выпуска твердых схем ТС-233.

Но тут и началось. Настоящих технических условий нет, конструкторская документация находится в НИИ-131, документация на технологический процесс и технологическое оснащение не разрабатывалась. Прибор ТС-233 не зарегистрирован в качестве официально выпускаемого прибора серийным заводом ГКЭТ. Все эти вопросы перед нами были поставлены в ГКЭТ. А какие вопросы поставит ГОСПЛАН Совета министров СССР на предложение включить в план текущей семилетки изготовление нового изделия? Предстояло так же согласование этого решения в Рижском горкоме партии. Мы знали, что ЦК компартии Латвии не поддерживает развитие полупроводниковой промышленности в Риге из-за проблем с кадрами и ускорения русификации республики. Наверное, придется обращаться за помощью в ЦК КПСС.

Кроме проблем «большой политики», при обсуждении вопросов о включении твердых схем ТС-233 в годовую план завода технологи цеха Ю. В. Осокин и Д. Л. Михалович в целях повышения процента выхода годных приборов настойчиво предложили ввести группы по параметрам. Я возражал, доказывая, что это усложнит и производство твердых схем, и существенно усложнит производство и эксплуатацию в будущем вычислительной машины. Но заводчанам очень важен этот показатель, который в полупроводниковой промышленности широко используется. Этот вопрос «висел» в разногласиях некоторое время, и я вынужден был согласиться, так как

уж очень неустойчиво мы находились на заводе. Не было никаких решений ГКЭТ, приказов или хотя бы устных указаний заводу заниматься нашими твердыми схемами. Не было никакой документации на нашу твердую схему, кроме исходного рисунка мелом на доске в кабинете директора завода. При таком положении дел позиция цеховых технологов продолжать изготовление наших твердых схем на РПЗ или не продолжать была решающей. Правда, к этому времени я уже нашел техническое решение и в общих чертах представлял себе результат. А именно, я знал какой должен быть комплекс конструктивных решений в будущей БЦВМ «Гном», чтобы обеспечить устойчивую работу машины при применении в одной машине твердых схем разных групп. Эти решения сформировались по результатам сборки Тамарой Яхниной макета типовой платы БЦВМ «Пламя» в 1960 году на первых образцах ТС, изготовленных О. Веденевым и Л. Турнас в цехе № 15 ленинградского завода «Светлана».

Однако основные проблемы, которые надо было разрешить в первую очередь, меня ожидали в кабинетах ГКЭТ.

Сложность этой работы в то время хорошо описал на собственном примере Марк Гальперин [9].

«Чтобы представить на подпись “министру” распорядительный документ (постановление, приказ, указание), в ГКЭТ надо было сделать техническое и технико-экономическое обоснование и согласовать его у массы чиновников. На оформление внешнего вида и содержания каждого типа документов существовали свои ведомственные или отраслевые стандарты, регламентирующие сроки и порядок согласования со службами. Бюрократическая машина была настолько сильна, что малейшая ошибка в оформлении документов или нарушение порядка визирования “ставили крест” на предложениях и намерениях. А. И. Шокин, являясь главным административным лицом в ГКЭТ (в ранге министра), членом ЦК КПСС, иногда нарушал существующий бюрократический порядок и выпускал распоряжения по ГКЭТ за своей подписью. Но если требовались серьезные финансовые вложения или межведомственная кооперация в выполнении работ, то было необходимо оформлять все распорядительные документы в надлежащем порядке. Известны два метода согласования документа со всеми службами министерства. Это все очень похоже на два подхода к вертикальной интеграции — снизу вверх



и сверху вниз. В первом случае вам приходится договариваться со всеми управлениями и службами, а в каждом управлении порой еще и с несколькими отделами. Потом — с заместителями министра, а потом документ поступает на стол министра. И хорошо, если заранее решено, что надо собрать все замечания, а потом принести на подпись. Чаще приходится после внесения доработок по замечаниям одного управления заново проходить согласование с теми чиновниками, кто раньше уже поставил на документ свою подпись. Во втором случае все гораздо проще: министр на маленьком листочке своей рукой пишет, чьи подписи его интересуют, да еще и может добавить короткое слово “срочно”. Для любого чиновника это сигнал: если он на месте, он примет вас без всякой очереди, а если что-то в документе вызовет у него сомнение, то он сам позвонит министру, и вопрос будет согласован немедленно, может, будет тут же сделано изменение в тексте документа. Этот маленький волшебный листочек и называется “бегунок”. Таким путем важнейший документ может быть рожден за один день».

В. И. Смирнов блестяще справился с этой задачей. Предполагаю, ему удалось получить от А. И. Шокина такой «бегунок». Таким образом, в первом квартале 1962 года элемент ТС-233, как результат «этих хождений по мукам», был официально зарегистрирован в соответствующем техническом отделе ГКЭТ под именем P12-2, а РПЗ стал официально определен как серийный завод по его выпуску. Но для окончательного согласования и утверждения решения о включении ТС в годовой план завода необходимо было еще поработать.

Общий фон в институте для развития наших работ был благоприятный, пока наши оппоненты продолжали считать, что у нас ничего не получится с разработкой ЭВМ на твердых схемах. Приведу выдержку из юбилейной статьи, посвященной деятельности В. И. Смирнова в этот период времени. «К 1962 году главным инженером В. И. Смирновым была проведена большая работа по формированию научно-технической политики института, организации и строительству вычислительного, моделирующего и летно-испытательного комплексов, созданию экспериментального и опытного производств.

К началу 60-х гг. в бортовой авионике наметился переход от отдельных, слабо связанных между собой систем и устройств к ра-



Вениамин Иванович Смирнов, д.т.н., профессор, лауреат Сталинской премии в 1950 году, Государственной премии в 1953 году, Ленинской премии в 1963 году

диоэлектронным комплексам (РЭК). А/я-233 приступает к разработке сложных прицельно-навигационных комплексов, «Пума» для самолета «Су-24», «Купол» для самолета «Ан-22», поисково-прицельной системы «Беркут» для самолета «Ил-38», РЭК «Океан» для самолета «Ту-4». Создание таких авиационных комплексов предлагалось осуществлять на основе бортовых ЦВМ, разработанных специализированным в ГКРЭ предприятием авиационной и радиопромышленности.

Такой подход ставил идеологию построения РЭК в зависимость от архитектуры и характеристик БЦВМ, реализованных в ней протоколов информационного сопряжения, возможностей и средств контроля и отладки. Для исключения указанной зависимости и создания аппаратурной и программной баз комплектования сложных систем В. И. Смирнов со свойственной ему целеустремленностью и энергией приступает к созданию отдела бортовых вычислительных машин. В 1962 г. был создан отдел, состоящий из молодых талантливых инженеров, энтузиастов вычислительной техники» [10].

Отдел состоял из следующих лабораторий: лаборатория физики твердых схем с экспериментальным производственным участком для изготовления и исследования твердых схем (О. В. Веденеев), лаборатория тонких магнитных пленок для перспективных запоминающих устройств (Н. И. Германович), лаборатория цифровых логических устройств (АУ и УУ) (И. Ф. Шилин), лаборатория оперативных запоминающих устройств (В. М. Иванов), лаборатория постоянных запоминающих устройств (Б. Н. Кондратенко), лаборатория исследования методов микроминиатюризации бортовой аппаратуры (А. Н. Пелипенко), лаборатория теплофизики (В. Л. Фрайштадт), комплексная лаборатория (В. И. Кошечкин), лаборатория разработки быстродействующих бортовых ЭВМ на туннельных диодах (Б. С. Муш), группа конструкторов (И. Я. Анисимов) и макетная мастерская (А. Д. Аксенов).

Отдел быстро расширялся. К 1967 году численность сотрудников отдела № 570 будет доведена до 150 человек (Приложение 1).

В 1962 году для нас важнейшим вопросом была организация изготовления большой партии (15 000 шт.) твердых схем на РПЗ для решения задач НИР «Гном».

ТС-233 уже под официальным именем P12-2 стала рассматриваться как комплектующее изделие для БЭВМ «Гном-1», и в этой связи возникли проблемы с выпуском конструкторской и технологической документации на нашу твердую схему.

К этому времени мы уже знали, что проблема предельной рабочей температуры твердой схемы будет решена, но работы продолжают.

Работы с конструкцией, предусматривающей погружение ТС (модулей) во фреон, продолжаются. Увеличение предельной рабочей температуры обеспечивается заменой слоистого (диффузного) резистора в коллекторной цепи твердой схемы на объемное за счет формирования резистора методом травления через маску фоторезиста. Другой метод — это формирование структуры твердой схемы в тонком диффузном слое Р-типа на исходной пластине германия N-типа. Работы проводились по двум направлениям.

Л. И. Реймеров работал над оптимизацией электрических параметров ТС по второму направлению. Я наблюдал за настроением Льва Иосифовича, но он был спокоен и доволен ходом работ. В. И. Стафеев подтверждал, что неразрешимых проблем не должно быть и Л. И. Реймеров нормально справится с этой задачей. Надо было ждать и на этом этапе продолжать работать с элементом P12-2 со слоистым резистором в нагрузке, который мы получали с РПЗ для работы в НИИ-131.

Ситуация осложнялась в связи с тем, что выпускаемое заводом изделие не имеет технических условий и фактически качество твердых схем не контролируется ОТК завода. Твердая схема P12-2 должна иметь технические условия, соответствующие нормативной документации ГКЭТ. Для нас, сотрудников НИИ-131 ГКРЭ, то есть сотрудников другой отрасли, это была проблема, потому что технические условия (ТУ) на элементы P12-2 должны соответствовать нормативным документам ГКЭТ и наш отдел нормалей и стандартов (ОНС) такие документы не подпишет. Наш представитель за-



Рис. 1.3.2. ТС-233 (ТС P12-2) с диффузным сопротивлением

казчика от Министерства обороны (МО) не подпишет, так как твердая схема стала у нас комплектующим изделием машины, а это компетенция другого управления МО. В то же время на РПЗ не было соответствующих технических служб (в том числе ОНС) и соответствующих специалистов для выпуска технической документации.

Помогли обстоятельства. С появлением фотолитографии оказалось возможным создать объемный резистор вместо слоистого при существующих размерах кристалла и путем травления коллекторной пластины через фотомаску сформировать объемный резистор. Л. И. Реймеров попросил Ю. Осокина попробовать подобрать разные фотомаски и попытаться на пластинке германия Р-типа получить объемный резистор порядка 300 Ом. Юра с большим желанием взялся за эту работу. У него были хорошие производственные и технологические возможности для выполнения такой работы. Я, в свою очередь, сказал ему так: «Если ты получишь приемлемый результат, то мы заменим слоистый резистор в ТС-233 на объемный таким способом и начнем изготавливать эту ТС под существующим названием P12-2, а уже изготавливаемую ТС P12-2 (ТС-233) с диффузным (слоистым) сопротивлением (рис. 1.3.2) просто забудем».

Такой объемный резистор в ТС P12-2 Юра изготовил и считал, что работа закончена, так как температурная проблема решена.



Рис. 1.3.3. ТС P12-2 (ТС-233) с объёмным сопротивлением

Вскоре Юрий Валентинович принес мне около 100 твердых схем в виде «гитарки» с объемным резистором в коллекторе, которое получено специальным травлением коллекторного слоя германия Р-типа, и показал, что они собою представляют (рис. 1.3.3). Где аналогично ТС (рис. 1.3.2) выводы 1 и 2 — эмиттеры («земля»), 3 и 4 — базы (входы), 5 —

выход (общий коллектор — пластина германия), б — питание — 1,2 в. Показал, что эти ТС работают до +70 градусов, какой получился процент выхода годных и какой разброс параметров. В институте (Ленинград) мы собрали на этих твердых схемах модули «Квант». Все проверки в диапазоне рабочих температур прошли успешно. Огорчила проверка быстродействия. Оно оказалось значительно ниже, чем у модулей на ТС-233 с диффузным резистором (рис. 1.3.2).

К концу 1962 года в твердой схеме P12-2 со слоистым (диффузным) резистором (под таким названием она изготавливалась целый год, так же как и ранее названная ТС-233) без каких-либо формальностей заменили коллекторный резистор со слоистого на объемный, полученный травлением германия через фотомаску. При этом в документации название P12-2 сохранилось. Вот и все. ТС новой структуры с другими параметрами начали выпускать с тем же названием P12-2.

Я предполагал, что таким же образом я договорюсь с технологами, которые обслуживали наш участок, и мы перейдем на структуру ТС P12-2, формируемую на тонком диффузном P-слое исходной германиевой пластины N-типа, образцы которой уже показал мне Л. И. Реймеров в четвертом квартале 1962 года. Во втором квартале 1963 года он закончил на нашем экспериментальном участке работу по созданию такой быстродействующей твердой схемы с объемным резистором на диффузном слое. Им была изготовлена партия таких ТС, проведены проверки основных параметров и в том числе проведены климатические испытания. Все отлично! ТС работают в полном для германия диапазоне температур по нормали «Мороз-2» и при достаточной нагрузочной способности для построения самолетной аппаратуры. Лев Иосифович не подвел. Погружение ТС во фреон в БЦВМ «Гном» не потребуется. Таким образом, у нас появилась возможность получать нужный результат по температуре двумя способами.

Летом 1963 года Лев Иосифович передал Ю. Осокину действующие образцы и описание технологического процесса изготовления такой ТС. Осенью мы узнаем, что нашу новую ТС Ю. В. Осокин по непонятным причинам все еще не запустил в изготовление. Юрий Валентинович объяснил эту задержку тем, что сейчас третий квартал 1963 года, есть проблемы плана цеха и идет крупная партия ТС. Нам

стали ясны причины задержки Ю. В. Осокиным изготовления ТС с объемным резистором в тонком диффузном Р-слое германия. Эта твердая схема имеет большее в восемь раз быстреедействие при одинаковых остальных параметрах. Появление такой твердой схемы, естественно, под тем же названием Р12-2 на заводе автоматически останавливает изготовление ТС с объемным резистором, получаемую травлением коллекторного слоя, используя технологию фотолитографии, и он продолжал задерживать начало изготовления быстреедействующей ТС Р12-2.

В целях ускорения запуска таких ТС Лев Иосифович привез с собой на РПЗ готовые германиевые пластины с диффузионным слоем, чтобы изготовить под своим контролем первую партию таких ТС. Но Ю. Осокин запретил работницам-операторам выполнять указания (просьбы) Л. И. Реймерова. Они в цехе крупно поспорили. Начал развиваться конфликт.

Лев Иосифович горячо возражал против моего решения временно выпускать «гитарку», так как его новые твердые схемы при такой же температурной стойкости и при абсолютно одинаковых параметрах имеют в восемь раз большее быстреедействие (как и ТС-233). Он сказал мне, что действующие образцы таких ТС и краткое описание технологического процесса давно переданы Ю. В. Осокину для изготовления небольшой опытной партии. Однако Юра не начинает изготовление пробной партии и тем самым блокирует дальнейшие работы по этой ТС. Было ясно, что Ю. В. Осокин хочет продолжить изготовление ТС с объемным резистором, образованным травлением германия через фотомаску. Как оказалось, ему было очень важно сохранить в серии изделие, в котором были реализованы его первые самостоятельные работы. Такой оборот стал принимать драматический характер. Я был убежден, что выпускать в серийном производстве две одинаковые микросхемы это абсурд. А из этих двух целесообразно сохранить вариант с большим быстреедействием. Осокин обещал мне не откладывая продолжить работы по быстреедействующему варианту ТС.

Однако Ю. В. Осокин продолжал задерживать запуск изготовления быстреедействующих ТС. Стало очевидным, что он хочет сохранить в производстве «свою» «гитарку» ценой потери быстреедействия. Я решил поговорить с Юрой. Этот разговор состоялся.

Доверительно, после работы я ему рассказал, что НИР «Гном» мы заканчиваем плохо. Не довели до конца конструкцию операционного блока с фреоном, под вопросом быстродействие. Нам нужно обязательно показать в НИР хотя бы на уровне узлов, что они могут работать без фреона при температуре  $\pm 60$  градусов и имеют достаточное быстродействие. Времени уже остается мало, а недоброжелателей много. При отрицательной оценке НИР, скорее всего, дальнейшие работы по этому направлению будут закрыты. Юра задумался, пообещал больше не задерживать изготовление быстродействующей ТС. На следующий день в обеденный перерыв Юра сделал мне такое предложение: если я соглашусь сохранить «гитарку» под названием P12-2, а быстродействующую ТС выпустить с другим названием, то в этом случае он берется, используя цеховых девочек, выпустить технические условия и необходимую технологическую документацию по нормативам ГКЭТ. При этом для оформления технических условий и приемки соответствующих ТС заказчиком Министерства обороны (МО) потребовалось оформить на заводе специальные ОКР. В соответствии с этой договоренностью были оформлены две ОКР — «Паланга» и «Твердость» для разработки технических условий (ТУ) и цеховых технологических инструкций (ТИ) для твердых схем P12-2 и ее быстродействующего аналога, зарегистрированного в ГКЭТ под именем P12-5. В рамках этих ОКР кроме этой документации необходимо было изготовить установочные партии твердых схем P12-2 и P12-5 и провести с ними государственные испытания совместно с заказчиком МО. Ю. В. Осокин выполнил свое обещание по созданию ТУ и ТИ для ТС. Мы выполнили свое, сохранив жизнь обеих интегральных схем (ИС), которые можно считать изотопами ТС-233.

«ТС P12-2 в конце 1964 года получила технические условия ЩТЗ.369.001.ТУ. Далее в 1968 году по классификации МЭП она стала называться «Серия 102». В 1969 году название «Серия 102» заменено на «ИС 1ЛБ021», а с 1975 года просто «102ЛБ1».

ТС P12-5 в конце 1966 года получила технические условия ЩТ. 369.002 ТУ. В 1968 году по классификации МЭП она стала называться «Серия 103». В 1969 году «Серия 103» стала называться «ИС 1ЛБ031», а с 1975 года просто «103ЛБ1» [31]. По десятичным номерам технических условий на наши твердые схемы видно, что это

были первые документы (001 и 002), выпущенные на РПЗ, то есть на заводе только с появлением этих документов был организован отдел нормалей и стандартов (ОНС), а техническая документация на ТС была первой документацией, созданной на РПЗ.

Таким образом мы решили обе наши проблемы. Во-первых, увеличили допустимую предельную рабочую температуру германиевых твердых схем до +70 градусов. Этот вопрос решен физиками НИИ-131 Л. И. Реймеровым, О. Веденевым и др. с участием технологов цеха РПЗ Ю. В. Осокина и Д. Л. Михаловича путем замены слоистого коллекторного резистора на объемный. Удовлетворительный результат был достигнут травлением коллекторного слоя германия Р-типа методом фотолитографии. Эта новая технология была освоена РПЗ на технологической линии изготовления транзисторов П401 — П403 и, соответственно, на участке изготовления твердых схем. Во-вторых, выполнили выпуск технических условий и другой конструкторской документации на ТС Р12-2 и ТС Р12-5. На РПЗ была выполнена работа, которую «добровольно» взяли на себя цеховые технологи под наше согласие сохранить в производстве ТС Р12-2 «гитарку». Конфликт с цеховыми технологами Ю. В. Осокиным и Д. Л. Михаловичем на этом был исчерпан.

У меня с Юрием Валентиновичем Осокиным за время совместной работы на РПЗ сложились хорошие, деловые отношения. Он был хорошим исполнителем. От его отношения к нашим интересам во многом зависел успех внедрения наших ТС на РПЗ. Ю. В. Осокин всегда пытался сохранить процесс изготовления ТС в цехе, несмотря на требование начальника цеха переключить всех монтажниц-операторов на выполнение плановых заданий цеха по изготовлению транзисторов, несмотря даже на высказывание (1963) заместителя председателя ГКЭТ К. И. Мартюшова: «Германий неперспективен, гоните в шею этих ленинградцев с завода».

Благодаря переходу РПЗ, как и других полупроводниковых заводов ГКЭТ, на фотолитографию в технологическом процессе изготовления диодов и транзисторов появилась возможность автоматизации их производства. Мы широко разрекламировали нашу твердую схему и ожидали, что будет огромный на нее спрос. В то время мы так думали.





Рис. 1.3.4. Линия «Аусма»

Начальник КБ на РПЗ по созданию технологической оснастки А. С. Готман разработал конструкторскую документацию на автоматическую линию для изготовления ТС Р12-2 и р12-5 (линия «Аусма»). После доклада Косыгину (на заводе «ВЭФ») был спроектирован и построен завод, предусматривающий установку 15 линий «Аусма». Завод построен по современным для того времени требованиям: мрамор, стекло, нержавейка. Оборудование линии изготовлено на заводах ГКРЭ. Часть линии «Аусма» была запущена и отлажена. Была получена первая партия ТС Р12-2. Можно было разворачивать полную линию и начинать ее эксплуатацию. Это было первое оборудование на пока еще пустом заводе. Но время летит быстро. Кремний укрепил свои позиции. Кремний победил германий. Оборудование автоматической линии «Аусма» было демонтировано и направлено в металлолом. А какая «Аусма» была красивая (рис. 1.3.4)! Но мы продолжали бороться и не отступили.

Мы первыми в мире передали в серийное производство разработанную нами (отдел № 570, НИИ-131, НИИРЭ) первую в Советском Союзе интегральную микросхему универсального логического элемента.

Мы первыми в мире разработали бортовую ЦВМ «Гном» на серийных германиевых интегральных микросхемах. Вычислительная машина «Гном» является ЭВМ с системой автоматического поиска

и устранения отказов. Машина в полетах толерантна к случайным сбоям и отказам — практически безотказна.

Фотолитография. Как вовремя она появилась в технологических процессах изготовления полупроводниковых приборов. Без фотолитографии мы вряд ли могли рассчитывать на изготовление на заводе тысяч и десятков тысяч наших твердых схем. Потребовались бы заводу дополнительно сотни молодых девушек — операторов с пока еще хорошим зрением для переноса на острие шипа акации (цветущее дерево) под микроскопом 100-микронной «детальки», чтобы получались четырехкомпонентные сплавы для образования базы и эмиттера (средняя толщина человеческого волоса 50 микрон). В современной терминологии такую технологию назвали бы «100-микронная»? Да. С этого начиналось развитие фотолитографии. В России к концу XX столетия была освоена 90-нанометровая технология, в 2014 году — 65-нанометровая. В США и Китае в 2018 году освоена в серийном производстве процессоров 10-нанометровая технология. Это блестящие, потрясающие достижения микроэлектроники, но я должен рассказать и о другой возможности использования новой технологии, связанной с моими воспоминаниями.

Ю. В. Осокин, который с легкой руки не сведущих историков стал «изобретателем» первой твердой схемы в СССР» [32], обратил внимание на то, что в директивном документе ГКЭТ (о переходе с ручного способа переноса сплавов базы и эмиттера на групповую германиевую пластину) в номенклатуре перечисленных приборов отсутствует твердая схема ТС-233. Она не попала в этот перечень, естественно, потому, что в ГКЭТ в это время о твердой схеме никто ничего не знал. А именно, тот факт, что твердая схема под названием ТС-233 уже изготавливается на технологической линии изготовления транзисторов П401 — П403 с использованием фотолитографии. Что сделал Ю. В. Осокин? Он пишет рационализаторское предложение о переводе ручной технологии изготовления, якобы используемой при изготовлении приборов ТС-233, на фотолитографию. Ведь в директивном указании ГКЭТ не указан прибор ТС-233. Годовой экономический эффект больше двух миллионов рублей. Это была рискованная афера, но прошла успешно. Предложение согласился подписать только технолог цеха Д. Л. Михалович. Главный

технолог завода Э.Г.Пахомов и начальник цеха ставить подписи отказались. Ю.В.Осокин и Д.Л.Михалович получили максимально возможную в то время премию за свое предложение — 20 тысяч рублей на двоих, что было эквивалентно четырем государственным премиям.

Кроме этой аферы сейчас можно отметить, что «изобретатель» Ю.В.Осокин беспардонно использовал результаты коллективного труда в личных целях. На РПЗ практически постоянно находилась группа наших специалистов физиков и радистов. Ю.В.Осокин был у нас своим человеком, но никто из нас не знал, что он втихую пишет статьи и заявки на изобретения. Я об этой истории узнал из интернета при работе над этой книгой. Да, печально. Я был лучшего мнения о Ю.В.Осокине. Приоритет твердой схемы меня особенно не интересовал. Да мы тогда и не знали, что наша твердая схема может стать первой интегральной схемой в мире, переданной в производство серийному заводу. Главной нашей задачей было создание бортовой ЭВМ нового поколения на интегральных микросхемах, и если мы ее разработаем, то она будет первой в мире серийной ЭВМ на интегральных микросхемах.

## 1.4. Модули «Квант»

Работы по созданию модулей на интегральных твердых схемах («элементах Реймерова») следующего уровня интеграции начались с момента изготовления первой экспериментальной партии ТС на заводе «Светлана». Отдельных, специальных НИР и ОКР и соответствующих технических заданий на разработку твердой схемы и модулей не было. Они были «детальями» и узлами БЦВМ.

Модули «Квант» разработаны и внедрены в серийное производство лабораторией микроминиатюризации радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Начальник лаборатории А.Н.Пелипенко.

Я полагал в 1960 году, что изготовление этих «деталей» (узлов) будет производиться на радиозаводе — производителе БЦВМ в составе ГКРЭ, и поэтому мы немедленно приступили к созданию производственного участка с полным технологическим циклом изготовления транзисторов П401 — П403 для обеспечения возможности комплектования экспериментальных и опытных образцов БЦВМ.

Выбор оптимального количества ТС в модуле и логические функции модулей определялись в процессе реального пробного проектирования возможных электрических схем арифметического устройства, устройства управления ЭВМ и специализированных устройств ввода-вывода.

Над этими вопросами с увлечением работали Лев Ивановский, Саша Пелипенко и наши умницы и красавицы Ида Башина и Виктория Пузыревская.

Это была коллективная увлекательная работа.

Споры, компромиссы, различные «точки зрения» — и в результате родился «Модуль групповой» (МГ) для операционного блока (АУ и УУ) БЭВМ, на печатной плате которого устанавливалось 90 модулей «Квант». Таким образом, процесс создания модуля «Квант» происходил по принципу «от общего к частному».

Конструктивными показателями модулей первого уровня интеграции являются: шаг выводов 2,5 мм и количество ТС в модуле — 4 шт. Выводы модуля расположены вертикально в два ряда на нижней стороне с шагом 2,5 мм и выполняются из твердой медной проволоки диаметром 0,4 мм. Они же внутри модуля являются контактами между двумя сторонами печатной платы. Уже к моменту изготовления первых твердых схем на нашем производственном участке изготовления ТС в НИИ-131 (1-й кв. 1961 года) в перспективе рассматривался вариант конструкции модуля, который назвали «Квант», с четырьмя бескорпусными (еще не размещенными в таблетке) ТС и узла следующего уровня интеграции конструкции — «группового модуля», содержащего до 90 шт. таких модулей.

Модули «Квант» последовательно изготавливались на следующих производствах:

- 1961 год — макетная мастерская и участок ТС отдела 570.
- 1962–1965 годы — 5-й цех опытного производства НИИ-131.
- 1966–1967 годы — Гатчинский опытный завод, начавший изготовление опытных образцов машины «Гном» в 1967 году.
- 1968–1971 годы — Жигулевский радиозавод, начавший серийный выпуск БЦВМ «Гном».
- 1972–1995 годы — рижский завод «Альфа».

Готовые модули различались товарным знаком (рис. 1.4.1).



1961–1965 годы



1966–1971 годы



1972–1995 годы

Рис. 1.4.1. Товарный знак модулей «Квант»

На начальном этапе (до 1962 года) элементы ТС-233 без «чашечек» в модуле «Квант» укладывались в ряд на текстолитовой печатной платке и покрывались клеем МБК-3. Далее на платке золотые усики подпаивались к выводам (штырькам), плата размещалась в алюминиевую ванночку и (рис. 1.4.2) заливалась эпоксидным компаундом с пластификатором.

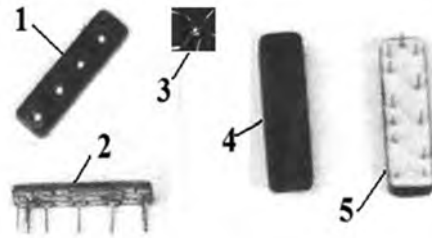


Рис. 1.4.2. Модуль «Квант» и его компоненты (детали):  
 1 — печатная плата модуля, 2 — печатная плата с выводами,  
 3 — твердая схема ТС-233, 4 — корпус модуля (ванночка),  
 5 — модуль «Квант».

Позднее, когда из ГКРЭ выделился ГКЭТ, статус ТС-233 изменился: из узла (детали) ЭВМ ТС перешла в разряд «комплектующее изделие». Производство модулей в то время в Риге было организовать невозможно. В связи с изменением статуса ТС с «узел (деталь) БЦВМ» на «комплектующее изделие» и, соответственно, передачей изготовления твердых схем другому заводу (заводу ГКЭТ) возникла необходимость создания конструкции ТС, позволяющей осуществлять транспортировку ТС в Ленинград и в другие города. Поэтому мы создали конструкцию в виде таблетки диаметром 3 мм и толщиной 0,8 мм. В таком виде это изделие могло поставляться по-

требителям в специальной влагозащитной транспортной упаковке (рис. 1.3.1).

Вся конструкторская документация на твердую схему в табличной конструкции, модули первого уровня интеграции «Квант» на этих элементах, а также автомат для изготовления чашечек и оригинальное контактное приспособление под новую конструкцию ТС разработали в конструкторской группе отдела № 570 под руководством ведущего конструктора И. Я. Анисимова. Он был самым возрастным сотрудником отдела. Анисимов перешел к нам работать из КБ Ф. Г. Староса — одного из наших конкурентов. Иван Яковлевич уже имел опыт работы в конструировании микроэлектронных устройств. Отдел № 570 был молодой. Средний возраст сотрудников в 1962 году был 27 лет, мне было 33 года. Иван Яковлевич был самым старшим — больше 55 лет. Молодежь подшучивала над ним. И. Я. Анисимов был удивительный, абсолютно самодостаточный человек. Он обижался, но молчал и очень качественно делал необходимую для отдела работу. Иногда удивлял своими странностями. Например, он за всю свою, как нам казалось, долгую жизнь ни разу не открывал шампанское. Однажды в командировке на РПЗ, вечером в ресторане гостиницы отмечали очередной наш успех на РПЗ. В. И. Смирнов предложил открыть бутылку «аксакалу» — самому старейшему. Иван Яковлевич взял бутылку (главному инженеру отказывать нельзя), внимательным взглядом конструктора изучил ее, взял вилку! и стал выковыривать вилкой пробку. Реакция Смирнова была мгновенной. Выхватив бутылку из его рук, спросил: «Вы что, Иван Яковлевич, никогда не открывали шампанское?» — «Нет. И никогда не видел». Потом долго эта история вспоминалась, как анекдот. Печальный анекдот.

Размеры модулей «Квант» обусловлены не только размерами твердых схем, а и технологическими возможностями выполнения плотного печатного монтажа на двухсторонних печатных платах второго уровня интеграции.

Принятая система выводов в модулях обеспечивала возможность выполнения коммутации во всех функционально сложных реальных схемах на двухсторонней печатной плате практически без потери площади с равными возможностями проведения двух проводников между выводами модулей вдоль и поперек платы. На

рисунках 1.4.3 и 1.4.4 показана одна из подобных плат, на которую устанавливалось 90 модулей. Возможность использования только двухстороннего печатного монтажа с шагом отверстий 2,5 мм рассматривалась нами как одно из существенных достоинств данных модулей «Квант».

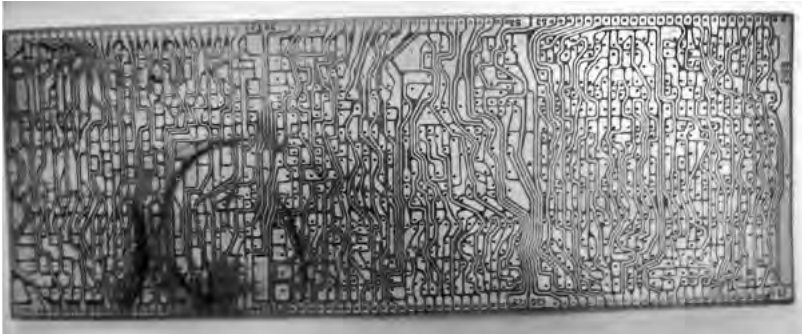


Рис. 1.4.3. Печатная плата второго уровня интеграции на 90 модулей «Квант»

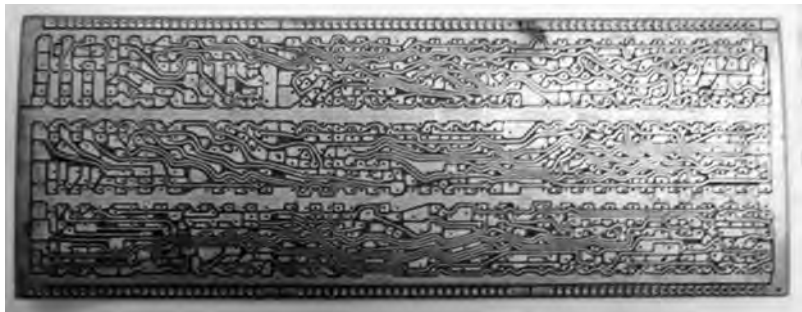


Рис. 1.4.4. Обратная сторона печатной платы группового модуля рис. 1.4.3

Мы привлекали другие организации к использованию ТС-233 для увеличения загрузки завода, так как увеличение серии выпускаемой продукции приводит к увеличению качества продукции и заинтересованности завода-изготовителя.

Мы рекламировали модули первого уровня интеграции ТС изданием буклетов. Первый буклет на «Твердосхемные модули» «Квант» был напечатан на ротопринтере в 1966 году. В 1967 году были напечатаны буклеты на «Квант-1», «Квант-2».



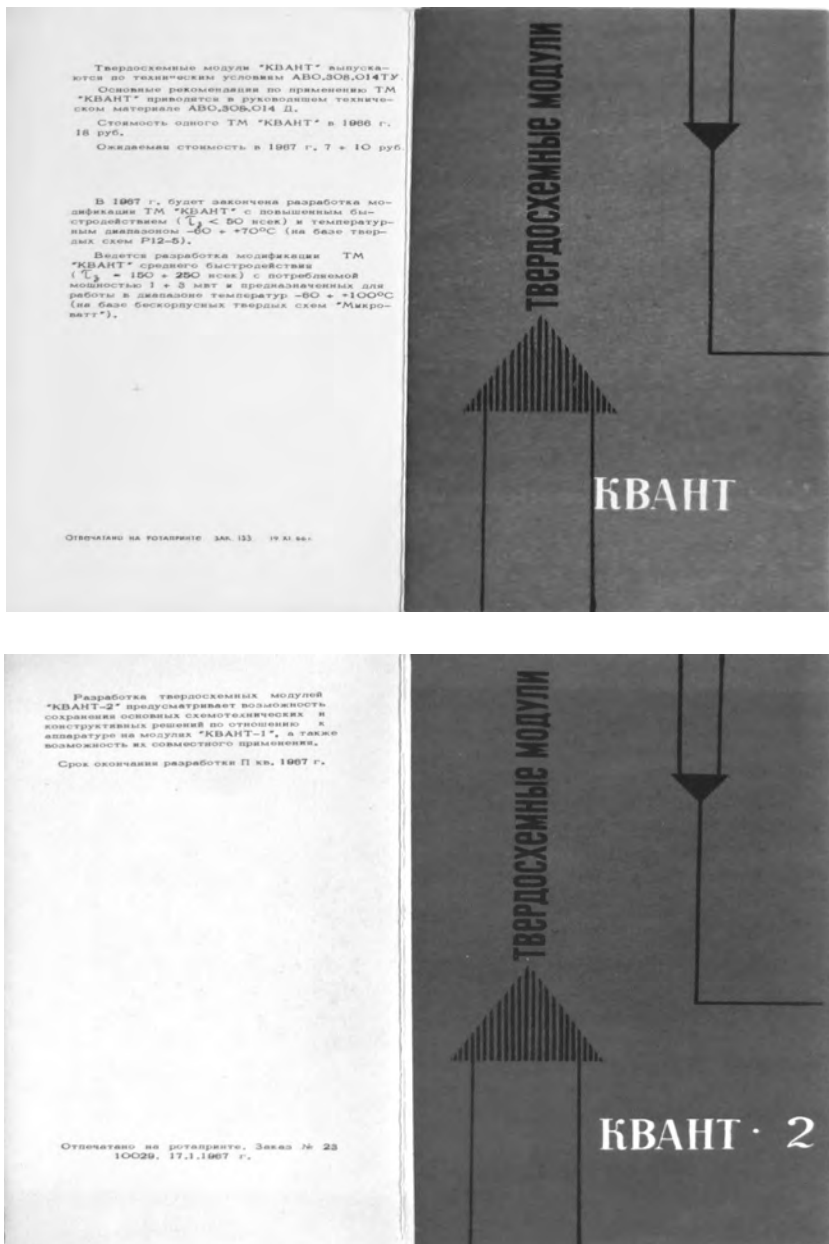


Рис. 1.4.5. Первые буклеты на модули «Квант-1» и «Квант-2»



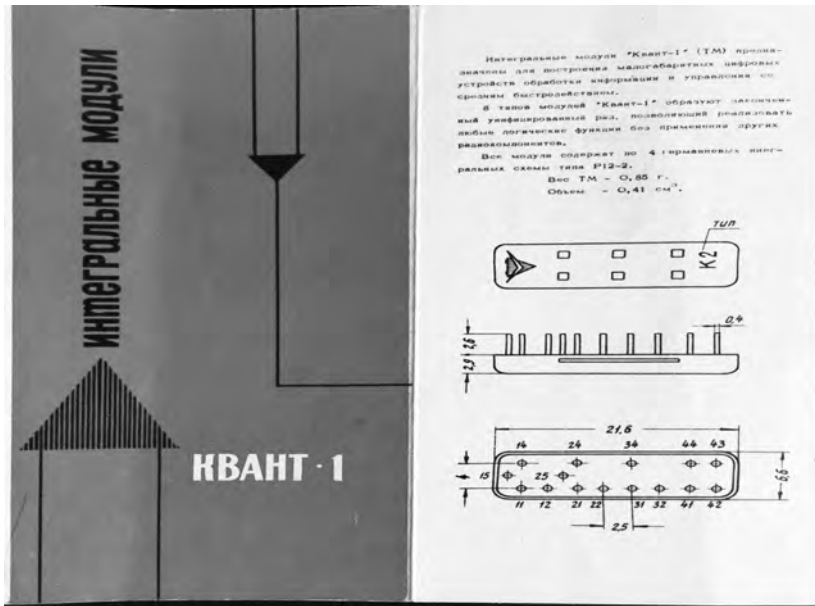
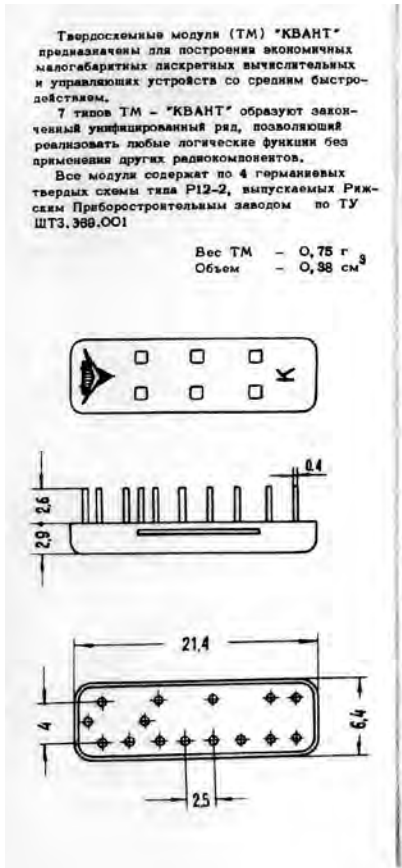


Рис. 1.4.6. Первый буклет на модуль «Квант-1» 1968 года

Семь типов ТМ образуют ряд (рис. 1.4.8), позволяющий реализовать любые логические функции.

Технологическая и конструктивная простота модулей «Квант» тем не менее не мешает обеспечению достаточно высокой плотности компоновки элементов — до 10 ТС в куб. см (10 эквивалентных двухвходовых операций «ИЛИ-НЕ»).

Выбор оптимального количества однотипных логических элементов, объединяемых в некотором многофункциональном типизируемом узле, является сложной задачей и зависит от целого ряда противоречивых условий и ограничений. Нами в основу выбора логической мощности модуля был положен анализ специально разработанных сложных логических схем, содержащих от 1,5 до 5 тысяч простых элементов ТС-233. Разработка этих схем производилась без предварительной привязки к какому-то определенному перечню схем модулей. Выбор 7 типов схем, входящих в унифицированный ряд модулей, и явился результатом анализа этих устройств-прото-



#### ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТВЕРДОСХЕМНЫХ МОДУЛЕЙ «КВАНТ»

Напряжение питания –  $1,2 \pm 0,2$  в  
Потребляемая мощность – не более 20 мвт  
Максимальная средняя задержка сигнала одной твердой схемой в логических устройствах – не более 400 нсек  
Нагрузочная способность свободных выходов – 4 и 3  
Выходные напряжения:  
в состоянии "0" – не более 0,12 в  
в состоянии "1"  $1,2 \pm 0,2$  в (для свободного выхода)  
Выходные сопротивления:  
в состоянии "0" не более 70 ом  
в состоянии "1" не более 660 ом  
Входное напряжение, обеспечивающее выключенное состояние твердой схемы:  
=  $+0,5 \pm 0,17$  в  
Максимальный ток свободного входа ( $I_{\text{вх}}$ ), обеспечивающий выключенное состояние твердой схемы не более 0,5 ма

Для ТМ «КВАНТ» допустимы:

многократные быстрые циклические изменения температуры окружающей среды от  $-80^{\circ}\text{C}$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ ,  
относительная влажность окружающего воздуха 88% при температуре  $+40^{\circ}\text{C}$  в течение 30 суток,  
вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 5 гц до 5 кГц,  
многократные удары с ускорением  $150g$ ,  
одиночные удары с ускорением  $1000g$ ,  
изменение атмосферного давления в диапазоне от 3 атм. до 5 мм  $\text{Hg}$ ,  
воздействие инея, росы, морского тумана и среды зараженной плоскостными граблями.  
Рабочий диапазон температур  $-60 \pm +80^{\circ}\text{C}$ .

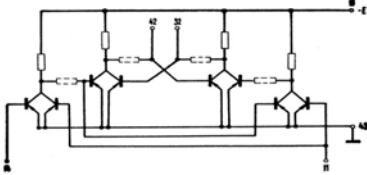
Рис. 1.4.7. Внешний вид, габаритные размеры и электрические параметры твердосхемных или интегральных модулей «Квант»

типов. Выбор производился по наиболее типичным случаям построения отдельных участков схем.

На рисунке 1.4.8 приведены электрические схемы модулей и типичные случаи их применения. В таблице 1 приведены данные о применимости каждого типа модулей в различных устройствах.

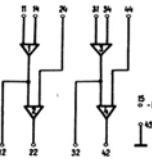
При разработке БЦВМ «Гном-А» с резервированием потребовалось создание одного дополнительного модуля типа «Э», выполняющего логическую функцию «2-ИЛИ» (четыре схемы).

Изображение одной из схем модулей в эквивалентных радиоэлементах приводится на рис. 2. На остальных рисунках схемы модулей приводятся в виде более удобном для представления логических функций. Выводы обозначены по порядковым номерам выводов твердой схемы и ее расположения в модуле.



**TM-A**

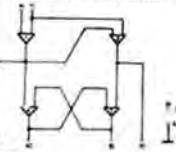
На двух независимых группах твердых схем модуля D могут быть реализованы основные логические функции двух переменных. Соединением выводов 22, 11 и 42, 31 модуль позволяет получать две триггерных ячейки с раздельными входами.



$$\begin{aligned} 12 &= 11 \vee 14 \\ 22 &= (11 \vee 14) \wedge 24 \\ 32 &= 31 \vee 34 \\ 42 &= (31 \vee 34) \wedge 44 \end{aligned}$$

**TM-T**

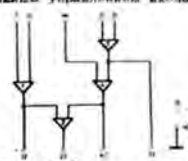
Модуль T является основой триггерной ячейкой любого дискретного устройства и используется для построения ячеек регистров. Сигнал 14 заманивает триггером при разрешающем сигнале 11 = 0 и хранится до подачи следующего разрешающего сигнала.



$$\begin{aligned} 12 &= 14 \vee 11 \\ 22 &= 14 \vee 11 \\ 32(t) &= 42(t) \\ 42(t+1) &= 14(t) \wedge \bar{11}(t) \vee 42(t) \wedge \bar{12}(t) \end{aligned}$$

**TM-P**

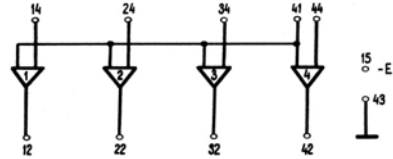
Обычно используются модули P — сумматор по модулю 2. Соединение выводов 22 со входом 44 образует по модулю 2 триггер с раздельным управляющим входом.



$$\begin{aligned} 12 &= 11 \vee 14 \\ 22 &= (11 \wedge 14) \vee 44 \wedge (11 \vee 14) \\ 32 &= 31 \vee 34 \\ 42 &= (31 \vee 34) \wedge 44 \end{aligned}$$

**TM-I**

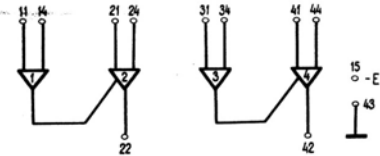
Модуль I применяется в качестве клапана с инверсией для четырех переменных 14, 24, 34 и 44 при управлении по входу 41, и в качестве инвертора четырех переменных при кулевом сигнале на входе 41.



$$\begin{aligned} 12 &= 41 \vee 14 \\ 22 &= 41 \vee 24 \\ 32 &= 41 \vee 34 \\ 42 &= 41 \vee 44 \end{aligned}$$

**TM-M**

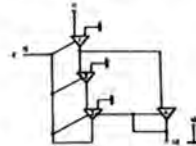
Основное применение модуля M — многовходовые (для числа входов более 4) сборки И и ИЛИ (в сочетании с модулями И), если с промежуточных ступеней этих сборок сигналы не разветвляются.



$$\begin{aligned} 22 &= 11 \vee 14 \vee 21 \vee 24 \\ 42 &= 31 \vee 34 \vee 41 \vee 44 \end{aligned}$$

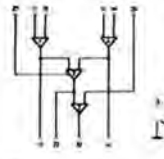
**TM-P**

Назначение модуля P — увеличение емкости сигналов "1" в цепи, объединяющих по 16 и более входов.



**TM-K**

Модуль K используется как коммутатор информации, подаваемой на входы 14 и 44. Разрешающим является сигнал "0" управляющего сигнала, подаваемого соответственно на входы 11 и 41. При наличии информации в прямом и обратном коде модуль K может быть использован как схема развязывающей (неразрывности) двух направлений.



$$\begin{aligned} 12 &= 11 \vee 14 \\ 22 &= (11 \vee 14) \wedge (41 \vee 44) \wedge 25 \\ 32 &= [(11 \vee 14) \wedge (41 \vee 44) \wedge 25] \vee 34 \\ 42 &= 41 \vee 44 \end{aligned}$$

Рис. 1.4.8. Унифицированный ряд типов ТМ «Квант»

Таблица 1

Тип модели	Применяемость %			
	АУ БЭВМ «Гном — 1»	УУ БЭВМ «Гном — 1»	Устройства ввода — вывода и обработки информации	
			1	2
И	21	22	27	21
Д	26	37	25	26
К	25	14	12	11
М	5	5	6	5
П	8	4	2	3
Р	6	6	3	5
Т	9	12	25	29
Общее кол- во модулей	850	530	1240	2020

Данные этой таблицы говорят о том, что для элементов с ограниченной нагрузочной способностью и запретом объединения выходов приведенная система близка к оптимальной:

1. Несмотря на несходство функционального назначения устройств, применяемость каждого типа примерно одинакова.
2. Использование логических элементов и площади плат близко к 100 %.

Это дало основание считать данный ряд модулей полным (законченным) по номенклатуре схем.

К техническим характеристикам модулей «Квант», как к первичным элементам аппаратуры, предъявлялись высокие требования в отношении надежной, устойчивой работы в условиях повышенных механических нагрузок, влажности, температуры и т.п. Очевидно, что выполнение большей части этих требований в первую очередь определяется конструкцией модулей.

Большой объем испытаний, проведенных в процессе разработки модулей, подтвердил, что найденные конструктивные и технологические решения близки к оптимальным в смысле сочетания технологичности с высокой надежностью.

Параметры модулей позволяют создавать сложные вычислительные и управляющие системы, обладающие достаточным быстродействием, малой потребляемой мощностью и хорошей помехоустойчивостью. Тем не менее к конструкции устройств предъявляется ряд специальных требований для обеспечения большей устойчивости работы:

1. Равномерность потенциалов «земляной» шины.
2. Равномерность температуры по всему объему устройств.
3. Связь с устройствами более высокого уровня через дополнительные схемы согласования.

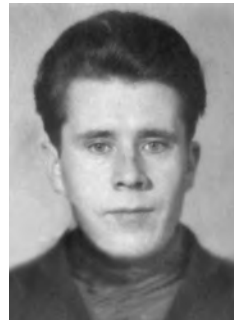
Приведенные сведения опубликованы в моей статье [20].

Параметры модулей «Квант-1» позволяли строить аппаратуру среднего быстродействия. Например, для БЭВМ можно обеспечить скорость до 100 000 операций в секунду. Для аппаратуры, где такие скорости не достаточны, используются модули «Квант-2». Допускается совместное использование модулей «Квант-1» и «Квант-2».

В 1966 году мы разработали конструкторскую документацию на модуль «Квант» как на самостоятельные серийные изделия: «Квант-1» — серия 116 (АВ0.308.014.ТУ), «Квант-2» — серия 117 (АВщ.308.016.ТУ). Таким образом, и модули «Квант» вслед за ТС (ИС) перешли в статус «комплектующее изделие» БЭВМ «Гном».

В 1963–1966 годах в лаборатории А.Н.Пелипенко по собственной программе проводили дополнительные испытания модулей «Квант» в Семипалатинске и в Белоруссии на радиационную устойчивость. Исследовались узлы: сумматоры, счетчики и пр., работоспособность которых мы испытывали в условиях воздействия радиации. Германий оказался устойчивее кремния. Все исследования в течение нескольких лет проводил инженер Николай Шамонин. Результаты исследований на радиацию востребованы не были.

Летом 1971 года Лев Николаевич Зайков, генеральный директор Ленинградского завода «Новатор», выпускающего ПНПК «Купол»,



Николай Петрович  
Шамонин

предложил передать сборку модулей «Квант» на Рижский завод — изготовитель интегральных микросхем серии 102 и серии 103. Лев Николаевич договорился с директором НПО «Альфа» о встрече по этому вопросу. В Ригу выехали Л. Н. Зайков, начальник производства завода «Новатор» Б. Наумов и я — главный конструктор модулей «Квант». В. Л. Коблов, главный конструктор ПНПК «Купол», заместитель министра радиопромышленности, уже находился в Риге. Мы его «извлекли» из Рижского санатория. Никаких директивных указаний о передаче изготовления с завода МРП на завод МЭП не было, но это было целесообразно, и, как тогда говорили: «Это было важно для государственных интересов». Первое совещание состоялось в неформальной обстановке в небольшом старинном ресторане закрытого типа. Других посетителей я там не видел. За столом были решены главные вопросы:

1. Рижский завод «Альфа» принимает на себя серийный выпуск модулей «Квант».
2. Завод «Новатор» изготавливает для Рижского завода полный комплект оснастки и измерительного оборудования. Изготовление модулей на том же заводе — изготовителе твердых схем исключило необходимость транспортировки ТС на другие заводы. В результате упростилась конструкция интегральных схем серий 102, 103 и, соответственно, серий 116, 117 модулей. Отпала необходимость корпусировать ИС в металлическую чашечку с заливкой компаундом. Бескорпусные ИС в технологической таре поступали в соседний цех на сборку модулей. Монтировались непосредственно на их печатную микросхему и герметизировались компаундом или герметиком в алюминиевом корпусе модуля (рис. 1.4.9).



Рис. 1.4.9

Оформление модуля вернулось к нашей исходной конструкции 1961 года (рис. 1.4.2). В таком виде («Квант-М») они изготавливались в течение 23 лет (1972–1995).

В 1963 году модули «Квант» были представлены на выставке ВДНХ, где были отмечены медалями, как первые в СССР интегральные схемы. Золотая медаль была присуждена главному конструктору Е. М. Ляховичу, серебряная медаль — начальнику цеха сборки модулей № 5 НИИ-131 В. П. Трифонову и бронзовая присуждена начальнику лаборатории А. Н. Пелипенко.

### 1.5. О претензии ТС (2НЕ-ИЛИ) на Нобелевскую премию

В 2000-х годах работами моего отдела давно минувших дней по «универсальному двухходовому элементу «2НЕ-ИЛИ» — P12-2, P12-5 — заинтересовались историки по истокам вычислительной техники в СССР <http://www.computer-museum.ru>). В частности, «автор многочисленных трудов по истории советской микроэлектроники и вычислительной техники, составитель биографий создателей этих направлений **Малашевич Борис Михайлович**» [3, 12, 13, 14].

Как показано выше, отдел № 570 в НИИ-131 является полным и единственным разработчиком твердых (интегральных) схем P12-2 и P12-5, которые являются официально зарегистрированными «изотопами» ТС-233 или «схемы «2НЕ-ИЛИ» (автор изобретения Л. И. Реймеров, авторское свидетельство № 24864 от 8 марта 1962 г.) А именно, структуры ТС, корпусирования ТС (конструкции), системы электрических параметров, аппаратуры автоматического контроля и полного комплекта технологического оборудования для сборки и транспортирования ТС и модулей второго уровня интеграции на них — «Квант».

Цеховые технологи РПЗ (с 1964 года РЗПП) к изобретению исходного «кирпичика» — ТС-233, его «изотопов» — элементов P12-2, P12-5 и второго уровня конструкции на нем, т. е. модуля «Квант», не причастны. Они были подключены к изготовлению экспериментальных и опытных партий ТС по существующей на заводе РПЗ технологии изготовления транзисторов П-401 и П-403. Это произошло через полтора года после изобретения Л. И. Реймеровым этих

твердых схем (с рабочим названием на РПЗ — ТС-233) и изготовления экспериментальной партии ТС на заводе «Светлана» и на экспериментальном участке изготовления твердых схем в НИИ-131.

Я утверждаю, что представление общественности историком Б.М.Малашевичем технолога Ю.В.Осокина как автора первой в СССР твердой схемы ошибочно.

Подробно неверная информация о разработке Ю.В.Осокиным первой в стране ИС представлена «историком» Б.М.Малашевичем в журнале «Электроника: НТБ» № 5, 2008; в статье «Второе колесо, или От транзистора к микросхеме» — в сборнике «Очерки истории российской электроники. Выпуск 1. 60 лет отечественному транзистору»: М., 2009, РИЦ-Техносфера, с. 177–210; и в статье «Зарождение и становление отечественной микроэлектроники» в сборнике «История отечественной электроники», том 1: М., 2012, ИД «Столичная энциклопедия», с. 469–496; Памяти Ю. В. Осокина — разработчика первой в стране и третьей в мире интегральной схемы; и др.

Мне представляется, что мнение историка Б.М.Малашевича основано не на исследовании фактов, а на интервью Ю.В.Осокина латвийской газете [7].

Далее представлю фрагменты этого интервью и свои комментарии.

#### **Корреспондент газеты:**

— О создании первой интегральной полупроводниковой схемы, о малоизвестных страницах из истории легендарного предприятия рассказывает человек, отдавший «Альфе» 30 лет, прошедший путь от конструктора до гендиректора, Ю. В. Осокин.

#### **Ю. В. Осокин:**

— В сентябре отмечалось 50 лет со дня создания первой в мире интегральной схемы, которая появилась в Америке. Наша родилась спустя четыре года на «Альфе». Как это было? — Основой объединения «Альфа» был Рижский завод полупроводниковых приборов, созданный в августе 1959 года. Позднее в объединение вошел Рижский НИИ микроприборов. Костяк завода составили специалисты полупроводниковой специальности, приехавшие из Москвы, Ленинграда, а также опытные специалисты, работавшие на радиотехнических



*и машиностроительных предприятиях города Риги. Стажировались заводчане в мощных НИИ Москвы и Питера. В 1962 году предприятия радиоэлектронной промышленности Ленинграда и Москвы обратились на завод с просьбой создать полупроводниковую интегральную схему — «кирпичик», который должен был стать основой будущих цифровых устройств для ЭВМ.*

*Тогдашний директор завода Бергман Сергей Анатольевич поручил эту задачу мне. Под мое начало были организованы отдел с несколькими лабораториями и опытное производство — всего более сотни ИТР и рабочих. Решить задачу в сжатые сроки помогло наличие на заводе технологической основы, созданной при производстве транзисторов. Уже в середине 1962 года были созданы первые опытные образцы, к концу 1962 года поставлено в НИИРЭ города Ленинграда несколько тысяч образцов схем, а с 1963 года счет пошел на десятки тысяч и далее — на миллионы. В США первые твердотельные интегральные схемы были созданы в виде макетов, и только с 1962 года фирмой Fairchild были разработаны серийно пригодные и начато их производство в интересах Минобороны США и НАСА. Таким образом, 1962 год стал годом рождения полупроводниковой микроэлектронной промышленности и США, и СССР.*

### **Комментарий автора:**

Универсальная твердая схема, которая стала основой первой бортовой ЭВМ на интегральных схемах для авиации СССР, «родилась» в НИИ-131 (а/я-233) города Ленинграда в июне 1960 года. Название НИИРЭ у этого НИИ появилось в 1966 году. Указанная Ю. В. Осокиным дата соответствует началу производства на серийном заводе РЗПП (в то время РПЗ № 370 п/я-233) твердой схемы ТС-233.

1. Рижский НИИ микроприборов объединился с РЗПП (объединение «Альфа») в 1971 году, где Осокин получил под свое начало отдел, который занимался кремнием, и к германиевым схемам Р12-2 и Р12-5 не имел отношения. К этому времени была полностью завершена отработка изготовления германиевых твердых схем Р12-2 и Р12-5.

2. На РПЗ обратился с просьбой об изготовлении экспериментальной партии твердой схемы, получившей на РПЗ название ТС-233, только НИИ-131 (а/я-233). КБ-1 (Москва) с самого начала наших работ с германиевой твердой схемой относилось к этим работам скептически, считая германий неперспективным, и не верило в возможность построения на базе этого элемента аппаратуры.

3. В составе завода РПЗ (РЗПП) до объединения с НИИ микроприборов (1971) не было ни одной исследовательской лаборатории, группы, отдела за исключением небольшого конструкторского бюро во главе с А. С. Готманом, работающим над созданием технологической оснастки. К этому времени завод стабильно выпускал серийно ТС-233 (Р12-2 и Р12-5) и никакого исследовательского отдела не создавалось для работы с этой твердой схемой. Осокин перешел работать в 1971 году на должность начальника лаборатории в присоединившийся НИИ микроприборов. Все исследования ТС-233, электрические параметры, климатика и пр. выполнялись в Ленинграде.

4. Правильнее считать годом рождения полупроводниковой микроэлектронной промышленности в СССР 1960 год.

**Корреспондент газеты:**

— Куда отправлялись схемы, где использовались?

**Ю. В. Осокин:**

— *На первом этапе основным заказчиком был мощнейший ленинградский институт по проектированию самолетной аппаратуры, затем подключились и москвичи — КБ-1, которым ранее руководил очень способный человек с известной фамилией Берия, сын Лаврентия Павловича, действительно талантливый организатор.*

**Комментарий автора:**

Потребителями ТС года были только НИИ-131 (НИИРЭ) и его опытные и серийные заводы до передачи в серийное производство модулей «Квант» на РЗПП в 1972 году. КБ-1 никакой аппаратуры на твердых схемах ТС-233 не разрабатывал. Других потребителей не было.

**Корреспондент газеты:**

— Долго ли прослужили ваши изобретения?

**Ю. В. Осокин:**

— *Около тридцати лет. Использовались даже после развала Союза. Мы, конечно, не стояли на месте. Появились новые направления, более сложные схемы, более крупные микроэлектронные решения. Поэтому в 1989 году я обратился в военно-промышленную комиссию при ЦК КПСС с просьбой прекращения производства первых интегральных схем, но там были категорически против. «Самолеты летают надежно, замена исключена».*

**Комментарий автора:**

1. Ю. В. Осокин не был изобретателем твердой схемы Р12-2, которая выпускалась серийно до середины 1963г. со слоистым резистором в коллекторной цепи для комплектации БЦВМ и АТС.

2. Твердые схемы выпускались 33 года.

3. Ю. В. Осокин обратился ко мне с проблемой изготовления твердых схем и модулей «Квант», возникшей из-за износа технологического оборудования и отсутствия средств на заводе для восстановления оборудования.

В октябре 1989 года (через 17 лет) мне позвонил Ю. В. Осокин и сообщил, что он выбран коллективом завода, как это было принято в эти годы, директором завода «Альфа», с чем я его с большим удовольствием поздравил. Ю. В. Осокин в этом телефонном разговоре сообщил, что дальнейший выпуск твердых схем Р12-2, Р12-5 и модулей «Квант-М» под угрозой остановки производства из-за полного износа технологического оборудования (автоматической системы контроля и разбраковки твердых схем и модулей). Для восстановления оборудования необходимы 500 тысяч рублей, которых на заводе нет.

Я ему ответил, что попробую переговорить с В. Л. Кобловым. Он должен помочь. Владимир Леонидович в это время занимал должность первого заместителя ВПК Совмина СССР.

С В. Л. Кобловым у меня всегда была надежная и оперативная связь, но потребности в ней не было последние 10–12 лет. Галина Павловна, его секретарь и помощник (и одновременно его жена, в прошлом секретарь директора нашего института), мгновенно соединила с ним. Выслушав меня, Владимир Леонидович сказал: приезжайте завтра утром. Я перезвонил Юрию Валентиновичу и в 9:30 утра мы были уже в проходной Кремля. Пропуска были заказаны. В. Л. Коблов принял нас сразу же. Выслушав Юрия Валентиновича, Владимир Леонидович сказал, что любыми средствами надо сохранить выпуск твердых схем и модулей «Квант» до 1996 года. Аппаратура работает надежно, новой модернизации системы «Купол» не разрабатывалось, а самолеты ИЛ-76 должны выпускаться по 1995 год.

В конце разговора Владимир Леонидович вызвал своего сотрудника и сказал ему: «Включите во вчерашний протокол выделение 500 тысяч рублей заводу «Альфа» МЭП на модернизацию технологического оборудования для обеспечения безусловного выпуска твердых схем Р12-2, Р12-5 и модулей «Квант-М» до 1996 года. В советское время все решения ВПК были обязательны для исполнения всеми ведомствами СССР.

Поговорили о жизни в Латвии, В. Л. Коблов интересовался деталями производства твердых схем, модулей «Квант-М» и других элементов.

Последний раз мы были с В. Л. Кобловым и Л. Н. Зайковым на РЗПП («Альфа») в июле 1972 года. Тогда с их непосредственным участием был ре-

шен вопрос передачи модулей «Квант» в серийное производство на предприятие «Альфа» с Жигулевского радиозавода.

В то время Владимир Леонидович был в ранге замминистра Радиопрома, а Л. Н. Зайков — генеральный директор ВНИИ «Марс» НПО «Марс», в последующие годы председатель Ленгорисполкома — член Политбюро ЦК КПСС — первый секретарь Московского горкома КПСС — секретарь ЦК КПСС.

Я думаю, что Юрий Валентинович успел до своего увольнения эффективно использовать полученные благодаря В. Л. Коблову деньги на модернизацию технологического оборудования. Проблем с поставками модулей «Квант-М» в последующие годы не возникало или до меня они не доходили.

### **Корреспондент газеты:**

— А что выпускали, так сказать, в мирных целях?

### **Ю. В. Осокин:**

*— В недрах завода были созданы, к примеру, основы будущих квазиэлектронных станций. Потом группы специалистов, которые занимались этим направлением, перешли на ВЭФ, где продолжили работу. Один из них — Леонид Яковлевич Мисуловин. Он продолжил разработку квазиэлектронных АТС на ВЭФе.*

### **Комментарий автора:**

В начале наших работ на РПЗ главный инженер завода Леонид Яковлевич Мисуловин принял активное участие в решении принятия на изготовление экспериментальной партии ТС-233 и организации их выпуска. Л. Я. Мисуловин один из первых понял перспективность ТС-233 (универсальный логический элемент 2НЕ-ИЛИ) и необходимость привлечения внимания потребителей к этой ТС. Одним из таких потребителей мог стать ВЭФ, выпускающий релейные АТС. Л. Я. Мисуловин сделал предложение руководству завода ВЭФ разработать квазиэлектронные АТС на основе ТС-233, что позволило бы заводу ВЭФ уменьшить габаритные размеры и стоимость станций в несколько раз.

Руководители завода ВЭФ предложили Л. Я. Мисуловину возглавить эту работу. Леонид Яковлевич принял это предложение и перешел на должность начальника лаборатории разработки квазиэлектронных АТС. Вместе с Л. Я. Мисуловиным на ВЭФ перешел работать инженер Аузиньш.

Никаких групп и разработок по квазиэлектронным АТС на РПЗ не было и не могло быть, так как все ресурсы завода были направлены на выполнение планов по выпуску транзисторов.

Под руководством Л. Я. Мисуловина был создан коллектив разработчиков АТС. Параллельно с разработкой в НИИ-131 (НИИРЭ) бортовой ЭВМ «Гном» на заводе ВЭФ создавалась первая в СССР квазиэлектронная АТС на модулях «Квант», которые устанавливались на подводных лодках, кораблях ВМС и в народном хозяйстве. Завод ВЭФ стал основным потребителем германиевых твердых схем Р12-2, тем самым поддерживая меня в решении вопроса серийного выпуска Р12-2 на РПЗ (РЗПП).

Ю. В. Осокин, как мне представляется с его слов в этом интервью, еще раньше сознательно дезинформировал историка Б. М. Малашевича. С другой стороны, мне трудно поверить, чтобы Юра Осокин на склоне лет забыл о том, как и с кем начиналась его трудовая биография на РПЗ в 1961 году. С его слов я понял, что он был человеком, как говорят, «себе на уме» с завышенной самооценкой, склонным приписывать себе результаты коллективного труда. Мне представляется, что амнезией Юрия Валентиновича Осокина наделил авторитетный в определенных столичных кругах «специалист-историк» Б. М. Малашевич. Именно он создал миф о претензиях Ю. В. Осокина на Нобелевскую премию. Юра, как любой тщеславный человек с юмором, был не против такой истории по принципу: «говорят, говорят, ну и пусть говорят». Тем более не просто говорят, а приглашают в Москву (к примеру, 29.10.2009, на 100-летний юбилей Шокина) и принимают по высшему разряду, как «пионера микроэлектроники в СССР».

Я полагаю, Ю. В. Осокин в отличие от историка Б. М. Малашевича понимал, что он не был автором Р12-2, как устройства.

Чтобы показать, как свободно с годами трансформировалась у Б. Малашевича изложенная выше история, приведу часть интервью, которое историк дал в 2011 году известному патриоту СССР, писателю и журналисту Максиму Калашникову[15], и мои комментарии.

#### **Журналист М. Калашников:**

— Беседу с Борисом Малашевичем, главным специалистом ОАО «Ангстрем», автором многочисленных публикаций по истории советской микроэлектроники, мы начали с вопроса: «В 1962 году американцы уже начали выпуск микросхем, а Советский Союз?»

#### **Б. Малашевич:**

— *С разработкой микросхемы мы задержались, но серийное производство США и Советский Союз начали почти одновременно, в 1962 году. Немного истории. Как известно, первую микросхему Джек Килби из Texas Instruments сделал в 1959-м, но она никуда не пошла. Он еще раз на практике доказал и, что особенно важно, придал ши-*

рокой гласности возможность изготовления на германии и кремнии не только транзисторов и диодов, что было общеизвестно, но и резисторов и конденсаторов, о чем производители электронных приборов и не задумывались. Непосредственной практической ценности проект не имел и в серийном производстве реализован не был. У Килби была так называемая волосатая — это жаргонное выражение — технология. То есть для соединений даже внутри самой микросхемы он использовал проводочки. И, по сути, это и все, что он сделал. И получил Нобелевскую премию.

Информация о достижениях Килби спровоцировала Роберта Нойса, президента фирмы Fairchild, на активные действия: 27 сентября 1960 года он изготовил планарный вариант триггера. Но Нойс не успел получить Нобелевскую премию, потому что посмертно ее не присваивают. Хотя он ее больше заслуживал, ведь кроме микросхемы он придумал планарную технологию изготовления полупроводников, которая позволила избавиться от «волосатости» и по которой до сих пор весь мир и живет. Именно по этой технологии начали серийное производство интегральных схем обе фирмы в 1962 году.

**Журналист М. Калашников:**

— А в Советском Союзе?

**Б. Малашевич:**

— В те же годы работы по созданию интегральных схем начались в СССР. В Москве в НИИ «Пульсар», в НИИ-35, где перешли на планарный кремний, и в КБ-1, ныне НПО «Алмаз». Главный инженер «Алмаза» Федор Лукин в будущем возглавил Зеленоградский научный центр. Там же, на «Алмазе», впервые в Советском Союзе была создана лаборатория микроэлектроники, руководителем которой А. А. Колосов издал первую в СССР монографию «Вопросы микроэлектроники». Но у них у всех дальше теоретических проработок дело не пошло, прорыв удался другому человеку. Заводскому практику, а не теоретику.

В 1962 году в Ленинграде руководство НИИ радиоэлектроники, позже НПО «Ленинец», тоже озаботилось созданием многоэлементной микросхемы типа «2НЕ-ИЛИ», универсального устройства для построения ЭВМ, и обратилось с просьбой к руководству Рижского завода полупроводниковых приборов найти способ ее реа-

лизации. Это обращение было не случайным. На заводе уже имелись серьезные достижения в полупроводниковом производстве, в частности в точной фотолитографии, которая является важнейшим элементом изготовления полупроводниковых изделий.

### **Комментарий автора:**

1. В НИИ-131, (который только с 24.03.1966 стал называться НИИРЭ), работы по микроэлектронике начались в 1959 году. В начале 1960 года была предложена Л. И. Реймеровым и в июне этого же года изготовлена на заводе «Светлана» в Ленинграде по технологии изготовления германиевых транзисторов П401 — П403 экспериментальная партия (несколько сот штук) твердых (интегральных) схем универсального логического элемента «2НЕ-ИЛИ». К второму кварталу 1961 года в НИИ-131 были созданы лаборатория физики твердых схем и экспериментальный производственный участок для изготовления германиевых твердых схем («элемент Реймерова») для комплектования на этих элементах опытных образцов БЦВМ «Гном».

2. В апреле 1961 года НИИ-131 в связи с появлением в СССР комитета ГКЭТ обратилось к директору серийного РПЗ С. А. Бергману с просьбой об изготовлении экспериментальной партии твердых схем «2НЕ-ИЛИ» («элемент Реймерова») по имеющейся на заводе технологической линии производства транзисторов П401 — П403, а не искать «способа ее реализации». К этому времени на производственном участке лаборатории твердых схем в НИИ-131 было изготовлено этих схем более 1000 штук, на которых были построены работающие демонстрационные узлы микро ЦВМ. Более того, действующие макеты цифровых узлов РЛС на «элементах Реймерова» были показаны в Москве в сентябре 1960 года руководителям ГКРЭ В. Д. Колмыкову и А. И. Шокину.

### **Б. Малашевич:**

— Директор РЗПП дал поручение молодому инженеру Юрию Валентиновичу Осокину. Перед рижанами стояла принципиально новая задача: реализовать на одном кристалле два транзистора и два резистора, исключив их паразитное взаимное влияние. В СССР никто ничего подобного не делал, а о работах Килби и Нойса никакой информации в РЗПП тогда не было. Но специалисты РЗПП успешно преодолели все трудности, причем совершенно не так, как это сделали американцы. И уже осенью 1962 года были получены первые опытные образцы германиевой твердой, как тогда называли, схемы «2НЕ-ИЛИ», получившей заводское обозначение Р12-2. Она



содержала два германиевых р-п-р-транзистора с общей нагрузкой в виде распределенного германиевого резистора р-типа. А к концу года завод выпустил первые пять тысяч микросхем. То есть начало серийного производства микросхем разделяло нас и американцев не больше чем на полгода.

Таким образом, начав разработку ИС позже Килби и Нойса и не зная о них, чему свидетельство абсолютная непохожесть реализованных решений, Осокин быстро их догнал. Микросхемы Осокина тут же нашли практическое применение, «Ленинец» сделал на них первый в мире авиационный бортовой компьютер «Гном». Они применялись также в квазиэлектронных АТС и в другой гражданской аппаратуре. Выпускались они до середины 1990-х годов, а ЭВМ «Гном» до сих пор стоят в штурманских кабинах «Ил-76».

Таким образом, 1962 год стал годом рождения микроэлектронной промышленности одновременно и в США, и в СССР. И я считаю, что Осокин Юрий Валентинович, который был главным конструктором нашей первой микросхемы, не меньше достоин Нобелевской премии, чем Килби. Тем более что он сделал устройство «2НЕ-ИЛИ» значительно более сложное, чем триггер, который сделал Килби. Только о нем в мире едва ли кто знал и знает.

### **Комментарий автора:**

На первой встрече главного инженера НИИ-131 В.И. Смирнова и директора РПЗ (с1964 года РЗПП) С. А. Бергмана в апреле 1961 года со специалистами НИИ-131 и Рижского приборостроительного завода В.И. Смирнов нарисовал мелом на доске структуру твердой схемы «2НЕ-ИЛИ» и представил готовые образцы этой твердой схемы, полученные по технологии изготовления транзисторов П401 — П403 и распаянные на керамических платах от этажерочных микромодулей. Директор завода С. А. Бергман спросил у специалистов завода: «Можно ли изготовить на заводе такую структуру?» Ответ был: «Да, можем».

По результатам совещания С. А. Бергман дал указание начальнику цеха изготовить 500 штук ТС-233. На этом совещании твердая схема получила название ТС-233. Все указанные проблемы были уже решены физиками лаборатории № 571 НИИ-131 в 1960 году на экспериментальном участке изготовления твердых схем.

В поисках «своей правды» Б. Малашевич так увлекся, излагая историю создания первых интегральных схем на германии в СССР и мире, которой посвящена первая глава этой книги, что забыл о декларируемых своих



принципах и создал миф о талантливом молодом специалисте — заводчанине Ю. В. Осокине, и на его основе — убедительный образец уткотворчества (этот термин я позаимствовал из статьи Б. Малашевича «Утиная охота» [34], которая посвящена «критическому осмыслению “задним умом” вклада в микроэлектронику СССР ее творцов — прекрасных специалистов Ф. Г. Староса и И. В. Берга»).

Пресса этот миф подхватила, и постепенно образовалась внушительная литература, развивавшая миф, тем более что активное участие в уткотворчестве принял сам Ю. В. Осокин. Он трактовал события давно минувших лет в выгодном для себя свете.

Таким образом, миф, представленный «научными», научно-популярными и публицистическими статьями и книгами, приобрел в интернете черты непотопляемости.

Однако «в интересах исторической справедливости», наряду с мифами и уткотворчеством, Б. М. Малашевич исторически справедливо написал, что:

«Первая отечественная полупроводниковая ИС P12-2 и гибридные ИС (ГИС) “Квант” на ее основе имели важные преимущества перед американскими: P12-2 реализовала функцию “2НЕ-ИЛИ” — универсального элемента для построения любых цифровых устройств. Первые американские ИС были триггерами — схемами ограниченного применения. ГИС серии “Квант” были первыми в мире промышленными ГИС с двухуровневой интеграцией (в них использовались полупроводниковые ИС “P12-2”). ИС “P12-2” и ГИС “Квант” сразу же пошли в серийное производство, продолжавшееся более 30 лет, первые американские ИС Дж. Килби и Р. Нойса остались экспериментальными, в производство пошли другие ИС, даже не ими разработанные» [36].

Изготовление твердых (интегральных) схем на серийном заводе РПЗ началось в 1961 году, а не в 1962-м, и годом рождения интегральной микроэлектроники в СССР можно считать июнь 1960-го. На начальном этапе ТС изготавливались по «ручной» технологии, фотолитография пришла на участок твердых схем и РПЗ только во втором полугодии 1963 года.

### ***Людмила Павловна Турнас вспоминает***

*Моя жизнь без родителей, началась с двух лет в блокадном Ленинграде. Соседи меня отнесли в ясли и перед школой из яслей перевели в детский дом. Последующие десять лет в детском доме были самыми счастли-*

выми годами в моей жизни. Развитие ребят в детском доме было направлено на культуру и искусство. Детский дом постоянно курировали заслуженные и известные в Ленинграде деятели культуры. После окончания школы пыталась поступить в институт, но не прошла конкурс. Что же дальше без образования, без какой-либо специальности? Хожу по городу, читаю афиши. И вот оно: требуются молодые женщины с хорошим здоровьем и такая высокая, как мне показалось, зарплата. Это был завод «Светлана». Меня направили в цех № 15 изготавливавший транзисторы П401-П403. В этом цехе было два вида работ, которые требовали для исполнения молодых женщин. В процессе изготовления транзисторов на германиевую пластину размером 40–50 мм укладывались под микроскопом около 100 штук маленьких, около 0,1 мм, кусочков специальной фольги. Для этого использовали острый шип от акации и на его острие переносили этот кусочек фольги на определенное место поверхности пластины. На последующих операциях кусочки фольги плавилась и после остывания на пластине оставались маленькие бугорки. После разрезки пластины на отдельные кристаллы с двумя бугорками получались заготовки транзисторов. На другом участке к этим бугоркам должны были припаиваться золотые выводы. Вот на эту работу меня и поставили. Бугорок размером около 0.1 мм и золотой провод диаметром 0.05 мм надо соединить расплавив бугорок острым жалом микропаяльника. У меня все получалось хорошо, быстро и без брака. Я стала одной из лучших работниц цеха, была на Заводской Доске Почета, в «Ленинградской правде» была опубликована статья обо мне с моим портретом.

Медики изучали меня, пытаюсь узнать, как это можно выполнять такую работу без брака. Технологом на участке был молодой инженер Веденеев О. В. Летом 1960 он принес мне на распайку кристаллы с шестью выводами и попросил никому не показывать эту работу. В 1961 О. В. Веденеев перешел на работу в институт, где делали такие кристаллы. Он несколько раз приносил на завод такие же кристаллы и я помогала с распайкой выводов, так как у них еще не было золотой проволоки. В начале 1962 года я тоже перешла работать в этот институт в новый производственный участок твердых схем отдела микроэлектроники. Мое рабочее место на производственном участке твердых схем было точно такое же, как было на заводе. На участке были еще пять девочек, которых привлекали к распайке выводов к кристаллу. Я передавала им свой опыт выполнения микропаяк под микроскопом. А я за свою причастность к этому проекту задержалась в этом институте на 30 лет. Самую большую похвалу я получила от главного инженера института Смирнова В. И. Он погладил меня по голове и сказал: «С твоих золотых ручек началась микроэлектроника». Это незабываемо!

## Глава 2

# ПЕРВАЯ В МИРЕ БЭВМ «ГНОМ» НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ТС

*В связи с тем, что мои работы по универсальной микроЭВМ были секретны, фантазии «историков»-любителей вычислительной техники и по поводу БЭВМ «ГНОМ», с которыми мне тоже пришлось встретиться, работая над книгой — просто ВРАНЬЁ ! Для примера, приведу здесь одну такую «историю»: «Мало кто знает, что первый в мире компьютер «Гном», производительность которого превысила 1 миллион операций в секунду, был разработан в 1960 году в московском НИИ-37 и его модификация «Гном-1» обеспечивала работу бортового авиационного комплекса самолета Ил-76. Да и первая в мире гибридная интегральная схема (ГИС) с двухуровневой интеграцией была создана в Ленинградском НИИ радиоэлектроники в 1963 году, что позволило повысить производительность ЭВМ уже до 2,4 млн операций в секунду[37]. Но есть и более информированные любители [38].*

### 2.1. Цель для дилетантов 60-х годов XX века

В одной из книг по истории вычислительной техники, опубликованной в 2010 году, я прочел такую безличную запись о моей работе, а именно: «В СССР в 1964 году разработана первая в мире ЭВМ “Гном” [16, 22] — бортовая авиационная ЭВМ (НПО “Ленинец”, г. Ленинград)» [16]. И вот более чем через 50 лет по просьбе и с помощью некоторых моих сотрудников я вдохновился и попытался рассказать о том, как это было и что это за бортовая авиационная ЭВМ «Гном».

Молодые специалисты из ленинградских вузов — радиоинженеры-специалисты по разработке радиоэлектронных устройств и инженеры-физики специалисты по физике полупроводников — работали бок о бок в одном коллективе. Основным направлением работ в начальный период была разработка экспериментальных



Основная лаборатория отдела № 570, в которой была создана серийная БЦВМ «Гном 1-66»

транзисторных устройств, поиск оптимальных методов построения транзисторных устройств при переходе с ламп на транзисторы. Мы также участвовали и в выполнении комплекса НИР по микроминиатюризации бортовых радиоэлектронных устройств. При выполнении этих работ проходил процесс обучения, а для физиков и переучивания. Рождались идеи. В таких условиях родилась «твердая схема» универсального логического элемента в монокристалле германия и она воплотилась в элемент бортовой электронной вычислительной машины. В нашем отделе был молодой коллектив. Я был самым старым — 33 года. Осуществлялся процесс рождения целого направления в создании бортовых радиоэлектронных устройств. Решая практические задачи, молодые специалисты быстро становились профессионалами. Все зарождалось на энтузиазме. Мы задумали начать разработку бортовой ЦВМ. Но для этого нужен заказчик машины. Но кто из главных конструкторов согласится принять в свой РЭК еще не существующую вычислительную машину на не пригодных для авиации элементах, которую собирается разраба-

тывать группа молодых специалистов, не имеющая опыт разработки бортовых устройств и не знакомая с вычислительной техникой. Других бортовых вычислительных машин еще не было. Мы рекламировали нашу будущую машину как машину нового поколения, малогабаритную и надежную. Главный конструктор ПНПК «Купол» Владимир Леонидович Коблов поверил мне и включил нашу будущую машину в свой комплекс.

Настроение в коллективе прекрасное, энтузиазм зашкаливал, каждый мог выбрать себе и тематику своей работы, и ведущего инженера по любому из направлений. В короткое время определились ведущие разработчики по всем направлениям будущих НИР и ОКР «Гном»:

— Лев Михайлович Ивановский, молодой специалист, по образованию физик, но уже успевший получить практику разработки транзисторной РЛС и поучаствовать в ее летных испытаниях. Решил переквалифицироваться на разработку аппаратуры, в данном случае на разработку комплекса ЭВМ. Лев Михайлович совместно с Владимиром Бунаковым, начальником лаборатории вычислительного центра института, в итоге обосновали выбор архитектуры ЭВМ (фон Нейман), разработали систему команд и математическую модель БЦВМ.

— Виктория Дмитриевна Пузыревская, физик, молодой специалист, взяла на себя разработку принципиальных схем устройства управления (УУ) вычислительной машины. Это сложное логическое устройство, содержащее около четырех тысяч ТС. Его нерационально делить на части, и потому УУ должно разрабатываться одним человеком. Виктория успешно справилась с этой важнейшей для ОКР частью БЦВМ. Она и сама, всеми уважаемая и любимая, была в коллективе отдела 570 центром добра и благородства. Виктория и создавала в отделе дружную рабочую атмосферу.

Вот один характерный пример из жизни отдела. Кто-то пожаловался, что никак не могут прийти рабочие и отремонтировать форточку, чтобы она плотно закрывалась и не дули сквозняки. Виктория



Лев Михайлович  
Ивановский



Виктория Дмитриевна  
Пузыревская



Ида Григорьевна  
Башина



Александр Никитович  
Пелипенко

пишет стихами служебную записку. В тот же день являются рабочие, улыбаются и так старательно выполняют работу, что жалоб больше никогда не было.

#### Служебная записка [17]

Уж много лет и много раз  
Чинили форточку у нас.  
Но щель по-прежнему зияет  
И ветер в комнате «гуляет».  
Здесь, в зале тридцать пятьдесят,  
Уже чихает целый ряд.  
Производительность труда  
Больных ни к черту не годна.  
Поэтому прошу я вас  
Прислать рабочих еще раз!

В коллективе отдела Виктория всегда была признанной поэтессой, писала хорошие стихи, посвященные юбилеям сотрудников и друзей. Ее стихи всегда мелодичны и наполнены поэзией. Я благодарен Виктории за стихи, написанные мне или обо мне.

— Ида Григорьевна Башина, талантливый инженер, занялась всей «арифметикой» будущей БВЭМ и блестяще справилась с этой задачей.

— Александр Никитович Пелипенко тоже молодой специалист, по образованию радиофизик. В отделе он занимался разработкой транзисторных схем и был ведущим исполнителем нескольких НИР по микроминиатюризации самолетной аппаратуры. Александр взялся за разработку модулей на твердых схемах.

Владимир Георгиевич Карпов, техник по образованию, помощник начальника отдела по должности. Прекрасный, добрый, привет-

ливый, относился с душой не только к сотрудникам, но и к своим делам.

Мне очень повезло, что у меня оказались такие руководители, как В. И. Смирнов и Л. В. Коблов, которые были для нашего отдела вычислительных машин как надежная крыша, под которой мы работали. Конечно, загадка, как возникали у молодых людей новые идеи. Никто нам их не задавал, мы были полные дилетанты.

Джон фон Нейман выделил и детально описал пять ключевых компонентов компьютера: центральное арифметико-логическое устройство (АЛУ), или просто АУ; центральное устройство управления (УУ); запоминающее устройство (ЗУ), или память; устройство ввода информации; устройство вывода информации. Аналогично, устройство ввода-вывода (УВВ) информации, или устройство связи с объектом (УСО) [8].

На рисунке 2.1.1 приведена блок-схема вычислительной машины (ВМ) «Гном».

ВМ должна работать (по фон Нейману) с числами, представленными в двоичной системе счисления, и выполнять команды последовательно, одна за другой. В основу функционирования как электронных вычислительных машин (ЭВМ) первых поколений, так и более поздних мини-, микроЭВМ и персональных компьютеров (ПК) был положен «принцип хранимой программы» фон Неймана.

Чтобы выработать требования к конкретной реализации БЭВМ, математик Владимир Бунаков сделал ее математическую модель. Л. М. Ивановский работал вместе с В. Бунаковым. Они моделировали цифровую БЭВМ «Гном» на универсальной машине «Урал-2», чтобы, с одной стороны, выработать оптимальную систему команд, которая будет необходима и достаточна для решения на ней пилотажно-навигационных задач, возлагаемых на радиоэлектронные комплексы (РЭК), являющиеся специализацией НИИ-131. С другой стороны, на этой модели они выясняли, достаточно ли выбранной системы команд для решения всех задач, возложенных на БЭВМ «Гном» в системах «Пума» и «Купол». Кроме того, необходимо было



Владимир Георгиевич  
Карпов



Рис. 2.1.1. Блок-схема БЭВМ «Гном» радиоэлектронный

определить граничные требования к структуре блоков АУ и УУ в соответствии с архитектурой БЭВМ (рис. 2.1.1).

Таблица 1. Система команд ЦВМ «Гном»

№	Операция	Обознач.	Код	ПП	ПМ	Время (мксек)
1	2	3	4	5	6	7
1	Запоминание нуля	З «0»	00	0	0; 1	16
2	Безусловная передача управления	БПУ	01	0	0; 1	16
3	Передача управления при $\omega = \langle 1 \rangle$	ПУ1	02	0	0; 1	16
4	Передача управления при $\omega = \langle 0 \rangle$	ПУ0	03	0	0; 1	16
5	Посылка в счетчик команд	ПСК	04	0; 1	0; 1	32
6	Посылка в счетчик команд с запоминанием	ПЗСК	05	0; 1	0; 1	32
7	Посылка в переключатель квадратов	ППК	06	0; 1	0; 1	16
8	Посылка в модификатор адреса	ПМА	07	0; 1	0; 1	24
9	Запоминание результата	ЗРР	11	0	0; 1	16



Окончание табл. 1

№	Операция	Обознач.	Код	ПП	ПМ	Время (мксек)
10	Запоминание модификатора, переключателя квадратов и $\omega$	ЗМПК	12	0	0; 1	16
11	Изменение команды	ИК	13	0	0; 1	32
12	Изменение команды с запоминанием	ИКЗ	14	0	0; 1	32
13	«Вывод 1»	Выв.1	15	0	0; 1	16
14	«Ввод»	Ввод	16	0	0; 1	32
15	«Стоп»	Стоп	17	0	0	16
16	«Сложение»	Сл	21	0; 1	0; 1	16
17	«Сложение с блокировкой переполнения»	Сл	22	0; 1	0; 1	16
18	«Вычитание»	Вч	23	0; 1	0; 1	16
19	«Вычитание модулей»	ВЧ.мод	24	0; 1	0; 1	16
20	«Умножение с округлением»	Умн. окр.	25	0; 1	0; 1	100
21	«Умножение»	Умн.	26	0; 1	0; 1	100
22	«Деление»	Дл	27	0; 1	0; 1	216
23	«Извлечение квадратного корня»		30	0	0	216
24	«Логическое сложение»	ДСл	31	0; 1	0; 1	12
25	«Логическая неравнозначность»	ЛН	32	0; 1	0; 1	12
26	«Логическое умножение»	ЛУмн	33	0; 1	0; 1	12
27	«Сдвиг арифметический, логический, левый, правый, циклический, двойной»	Сдв	34	0	0; 1	16–208
28	Формирование знака	Фзн	35	0; 1	0; 1	12
29	Посылка в регистр результата	ППР	36	0; 1	0; 1	16
30	Модификация модификатора	ММ	50	0	1	16
31	Пропуск команды	ПК	101	1	0; 1	16
32	«Вывод 2»	Выв.2	115	1	0	16
33	Запоминание содержимого регистра множителя — частного	ЗРМЧ	117	1	0; 1	40

В графе «код» — запись чисел в восьмеричной системе исчисления.

Таблица 2. Логические операции

X1	X2	X1 и X2	X1 или X2	X1 (+) X2
0	0	0	0	0
0	1	0	1	1
1	0	0	1	1
1	1	1	1	0

Как разработчики БЭВМ, мы были чистыми дилетантами, энтузиастами и работали по принципу «результат получает не тот, кто может, а тот, кто хочет». Рассматривались разные варианты структурной схемы блоков АУ и УУ. Память (ОЗУ и ПЗУ) разрабатывалась автономно в организованной специально для этой цели лаборатории запоминающих устройств. УВВ, или устройство связи с объектом, разрабатывалось в лабораториях главных конструкторов, которые взяли в свои комплексы БЭВМ «Гном». На рисунке 2.1.1 в соответствии с выбранной архитектурой изображены основные функциональные блоки БЭВМ и связи между ними.

Из сохранившихся у меня материалов приведу краткую характеристику, назначение и идеологию работы блоков АУ и УУ (операционный блок ОБ) базовой модели разработанного, изготовленного в производстве и настроенного первого образца БЭВМ «Гном», включая блок напряжения питания, которого нет на рисунке.

Операции машины «Гном» разделяются на следующие группы: преобразования данных в АУ; передачи управления; адресации и изменения индекса; модификации команды; послышки в память; ввода-вывода.

### **Операционный блок БЭВМ «Гном» (рис. 2.1.1)**

**Арифметическое устройство** предназначено для выполнения арифметических и логических операций над двоичными числами. В БЭВМ «Гном» это устройство функционально состоит из двух основных частей. А именно: 1) операндной части, в которой производятся операции над числами и которая содержит в основном регистры и сумматор, и 2) тактирующей части, в которой формируются

сигналы, управляющие указанными операциями и синхронизирующие всю работу АУ.

АУ было разработано как устройство параллельного действия, оперирующее шестнадцатиразрядными двоичными числами с запятой, фиксированной перед первым старшим разрядом мантиссы. В формате числа самый старший разряд является знаковым, соседний разряд — разрядом целых, а в остальных разрядах располагается мантисса. Положительным числам соответствует значение знакового разряда (0), а отрицательным (1). Формат числа при этом имеет вид:

Зн	0	Мантисса числа
----	---	----------------

15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Где в этом случае:  $X[15] = X[\text{Зн}]$  — знак числа;  $X[14]$  — целая часть;  $X[13-0]$  — мантисса.

В соответствии с «принципом использования двоичной системы исчисления», БЭВМ «Гном» — машина параллельного действия, одноадресная, с фиксированной запятой. Машина оперирует 16-разрядными двоичными словами. Слово  $X[15-0]$  может рассматриваться, как число при арифметических операциях и как команда. Формат команды при этом имеет вид:

ПП	ПМ	Код операции	Адрес операнда
----	----	--------------	----------------

15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

Где:  $K[8-0]$  — адресная часть команды;  $K[13-9]$  — код операции;  $K[15, 14]$  — признаки.

Слово, кроме того, может рассматриваться как адрес, или индексное слово, или как совокупность признаков.

Компьютер «Гном», основанный на «принципе хранимой в памяти программы», работает следующим образом. Программы и данные размещаются по принципу «прошито — не прошито» в последовательных ячейках ПЗУ. Каждая ячейка, из которой можно только считывать информацию, имеет свой порядковый номер, называемый адресом ячейки.

В БЭВМ «Гном» осуществлен естественный порядок следования команд, при котором адрес команды задается 14-разрядным числом

от счетчика команд. Изменение естественного порядка производится командами передачи управления. Выборка операндов из памяти осуществляется по исполнительному адресу (А), определяемому в соответствии с выражением:

$$A = (a + И \times ПМ) \bmod 2^9,$$

где: А — адресная часть команды, И — содержимое 9-разрядного индексного регистра, ПМ = К[14] — признак модификации ( $\omega$ ), который равен 0 или 1. Единица в 14-м разряде указывает на то, что адрес операнда, записанный в 0–8-х разрядах команды, арифметически суммируется с величиной константы модификации, т.е. с числом, хранящимся в специальном (индексном) регистре модификации адреса (РМА), и обращение к запоминающему устройству должно производиться по этому модифицированному адресу.

Разрядность числа А обеспечивает, в частности, связь с любой из  $2^9$  ячеек ОЗУ, емкость которого 512 или  $2^9$  слов. При считывании из ПЗУ, емкость которого до 16384 или  $2^{14}$  слов, полный 14-разрядный адрес (ПА) формируется присоединением к А содержимого 5-разрядного регистра переключения «квадратов» ПЗУ, которое разделено на массивы по 512 ячеек-«квадратов». Выбор типа памяти (ОЗУ или ПЗУ) определяется значением признака памяти ПП = К[15]. При ПП = 0 операнд считывается из ОЗУ, а при ПП = 1 — из ПЗУ. Кроме команд «ППК» и «ПМА». В этих кодах операций «1» в 15-м разряде указывает на то, что число, записанное в 0–8-х разрядах команды является непосредственно операндом.

В ячейке запоминается одно слово (команда или данное). Команды располагаются в последовательных ячейках. Последовательность команд образует программу. Каждая команда кодируется числовым кодом в соответствии с форматом команды. Команды делятся на арифметические — для АУ и не арифметические — для УУ. По 16 кодов для указания выполняемых операций. «1» в 13-м разряде показывает, что это арифметическая команда.

АУ выполняет (соответствующие кодам операций) процессы обработки введенных данных. «Для выполнения всех четырех арифметических действий необходимо и достаточно, чтобы в АУ могла осуществляться только одна основная операция — сложение и некоторые вспомогательные действия» [34], в частности «сдвиг», «фор-

мирование знака» и др. Непосредственно в АУ, как абстрактной машине, исполняются в основном операция сложения (суммирования), логические операции, вырабатываются признаки модификации адресов ( $\omega$ ) и переполнения разрядной сетки ( $\varphi$ ) в формате числа К [14].

Молодые инженеры полностью самостоятельно разработали и настроили соответственно АУ и УУ по заданной системе команд. Проблемные моменты и окончательные решения разбирались и утверждались прямо на рабочих местах ответственных исполнителей.

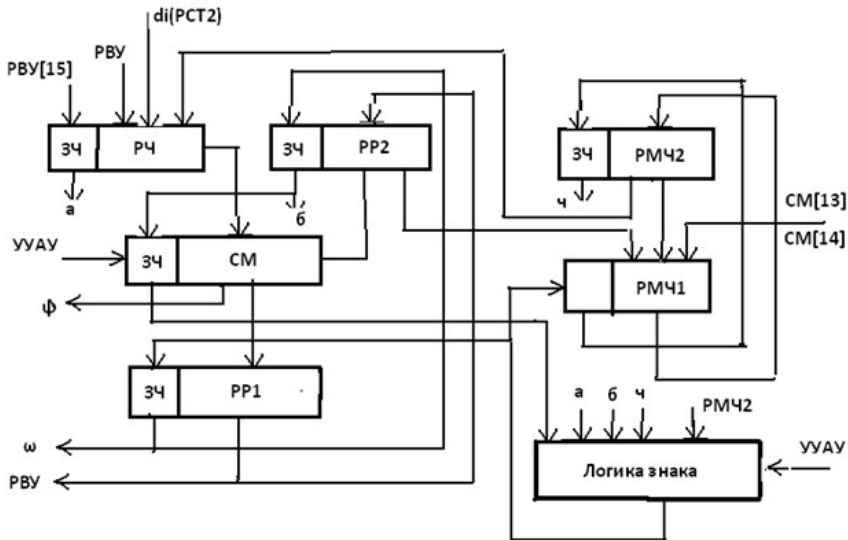


Рис. 2.1.2. Операндная часть АУ

В АУ БЭВМ «Гном» выполняется: сложение, сложение с блокировкой ( $\varphi$ ), вычитание, вычитание модулей, умножение с округлением, умножение без округления, деление, извлечение квадратного корня, сдвиг в различных модификациях, логическое сложение, логическое умножение, логическое сравнение, формирование знака, посылка слова в регистр результата (РР), запоминание слова в регистре множителя — частного (РМЧ).

Операции сложения, сложения с блокировкой ( $\varphi$ ), вычитания, вычитания модулей, деления, извлечения корня производятся в обратном коде. Операции умножения, умножения с округлением — в дополнительном коде.

При выполнении логических операций (логическое сложение, логическое умножение, логическая неоднозначность) все разряды числа, включая знаковый и нулевой, — равнозначны. Если результат при данных операциях равен 0, то значение сигнала условного перехода  $\omega = 1$ , иначе  $\omega = 0$ . На операнды при операциях умножения, умножения с округлением и деления наложено ограничение: «модуль операнда должен быть меньше единицы». То есть вычисления производятся над дробными числами.

«Такое допущение не сужает диапазон решаемых задач, так как при использовании чисел, превышающих по модулю единицу, они могут быть приведены к дроби нужной величины путем соответствующего изменения масштабов исходных данных и результатов (простым сдвигом).

Иногда может возникнуть необходимость изменения масштаба в процессе решения задачи. Такая возможность также имеется, так как при получении в процессе вычислений чисел, превышающих по модулю единицу (признак  $\varphi$ ), БЭВМ автоматически останавливается на том этапе, где получено это число.

Выбор дробной системы удобен тем, что при умножении двух чисел произведение может только уменьшиться. Поэтому при умножении не может получаться число, превышающее по модулю единицу» [8].

При операции «извлечение квадратного корня» на операнд накладывается более жесткое ограничение: «модуль операнда должен быть больше либо равен +0 и должен быть меньше единицы». Во всех остальных операциях ограничения на операнды не накладываются.

Сигнал переполнения (признак  $\varphi$ ) вырабатывается: 1) если операнды таковы, что абсолютная величина результата операций сложения, вычитания, вычитания модулей, деления — больше или равна единице; 2) в операциях умножения, умножения с округлением, деления, извлечения корня, если любой из операндов больше или равен единице; 3) если корень квадратный извлекается из отрицательного числа.

Операндная часть АУ (рис. 2.1.2) состоит из сумматора АУ, регистров АУ и схемы знаковой логики. Из различных вариантов мы выбрали сумматор АУ, который представляет собой комбинационный сумматор параллельного действия, работающий по методу условных сумм. Принцип действия такого сумматора основан на том, что для групп одинаковых разрядов складываемых чисел подсчитываются две условные суммы и два переноса. При этом должно выполняться два условия: 1) перенос в данную группу разрядов из соседней такой же группы равен 0 и 2) перенос из соседней группы в данную равен 1. В зависимости от истинного значения переноса выбирается та или иная условная сумма. Складываемые числа объединяются в группы по 1-му разряду, затем по 2, 4, 8 и т.д. разрядам. Перенос, поступающий в младший разряд сумматора АУ, не является функцией формируемых условных сумм и переносов. Этот перенос либо совпадает с циклическим переносом, образованным в знаковом разряде сумматора, либо принудительно приравнивается к 1. Первый случай имеет место, если отрицательные числа представлены в машине обратными кодами, второй — если операции производятся в дополнительном коде. Значение переноса в 14-м разряде сумматора формируется схемой знаковой логики.

Сумматор, работающий по методу условных сумм, требует большого количества оборудования, но дает значительный выигрыш по быстродействию в сравнении, например, с сумматором с ускоренным переносом, построенный на двухвходовых элементах «НЕ-ИЛИ». Сумматор АУ требует 180 модулей «Квант-1», поэтому размещается на двух платах по 90 модулей. Плата «старшие разряды (0–6)» и плата «младшие разряды (7–14)». Время сложения в сумматоре примерно 8 мксек.

Кроме сумматора в АУ имеется пять регистров: регистр числа (РЧ), двухступенчатый регистр результата (РР1) и (РР2), и двухступенчатый регистр множителя — частного (РМЧ1) и (РМЧ2). Регистры АУ предназначены для запоминания исходных операндов, промежуточных и конечных результатов операций, выполняемых в АУ. Запись в регистры производится по сигналам разрешения записи, формируемым устройством местного управления. Способ связи одного регистра с другим и с сумматором АУ осуществляется через соответствующие коммутаторы, которые входят в состав каждого

из регистров и сумматора. Коммутаторы пропускают необходимую для выполнения операции информацию по управляющим сигналам, вырабатываемым в АУ. РЧ служит для запоминания операнда, принимаемого из регистра выхода УУ (РВУ); запоминания промежуточных значений квадратного корня в операции «извлечение корня»; приема информации из РМЧ2. В зависимости от выполняемой АУ операции принимаемый в РЧ из РВУ операнд является: 1) при сложении — слагаемым, 2) при вычитании — вычитаемым, 3) при умножении — множимым, 4) при делении — делителем, 5) при сдвиге — константой сдвига. При выполнении операций «деление» и «извлечение квадратного корня» РЧ используется в качестве буферного регистра. Запись в РЧ в зависимости от выполняемой операции происходит либо одновременно, либо поразрядно. Прием в РЧ операнда из РВУ или числа из РМЧ осуществляется одновременно по всем разрядам РЧ. Так как сложение чисел производится в обратном коде, то результат совпадает с прямым или инверсным кодом суммы в зависимости от знака суммы. Результат операции поступает в РР всегда в прямом коде, поэтому в операциях типа сложения-вычитания в РР записывается прямой или инверсный код суммы в зависимости от знака суммы. Схема знаковой логики в операндной части АУ включает в себя знаковые разряды регистров АУ. При выполнении операций типа сложения в модифицированном обратном коде разряд целых сумматора используется как второй знаковый разряд. Признаком положительного числа является нуль, записанный в триггерах знаковых разрядов. Признак отрицательного числа — единица. В операциях «умножение с округлением и без округления» результат операции представляет собой 28-разрядное число.

Тактирующая часть АУ (рис. 2.1.3) содержит тактирующий автомат (ТА), формирующий микротакты ( $a_0 \div a_9$ ); триггер пуска АУ, регистр операций АУ (РОАУ) с дешифратором кодов арифметических операций; счетчик тактов АУ (СТАУ) с дешифратором счетчика тактов (ДшСТ); комбинационные схемы, формирующие сигналы разрешения записи в регистры АУ: схемы, формирующие сигналы выбора связей между регистрами АУ; схемы, формирующие сигналы связи между АУ и УУ; «ответ АУ», «АУ свободно», «строб  $\omega$ », «сигнал  $\phi$ » и ряд других схем.



Тактирующий автомат (ТААУ) — это устройство, способное под воздействием входных сигналов синхронизации переходить из одного состояния в другое и выдавать на выходе автомата сдвинутые на такт сигналы — микротакты. Состояние автомата и входной сигнал однозначно определяют выходной сигнал — такт в данный момент и состояние автомата в следующий момент (рис. 2.1.4).

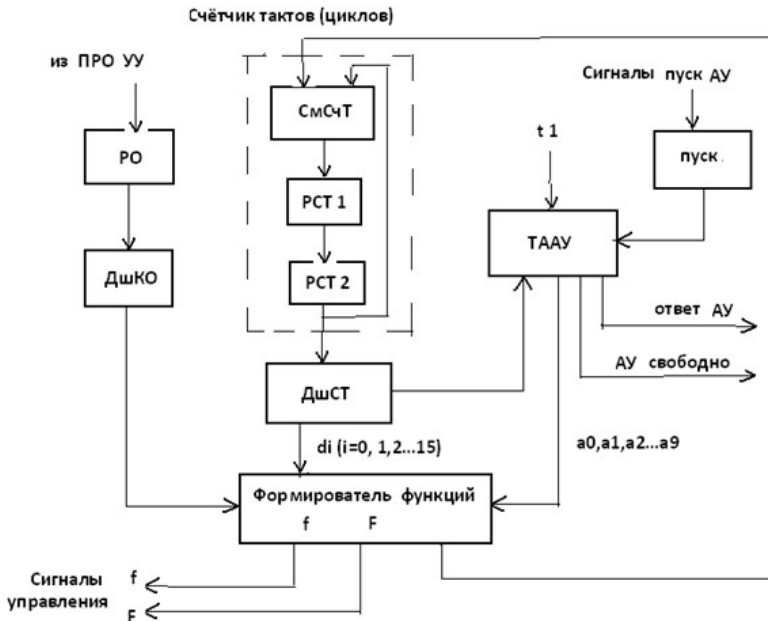


Рис. 2.1.3. Тактирующая часть АУ

Состояние автомата определяется совокупностью состояний триггеров с отдельными входами, образующими автомат. Переход автомата из одного состояния в другое синхронизируется прямыми и инверсными синхросигналами типа «меандр», поступающими в АУ от генератора тактирующих импульсов. Количество тактов, необходимых для выполнения арифметической операции, составляют ее цикл. Выбор необходимого цикла работы АУ задается соответствующим сигналом условного перехода или признаком выбора цикла автомата  $\beta_i$ , где  $i = 1, 3, 4, 6$ , при появлении которого возбуждаются соответствующие этому признаку триггера.

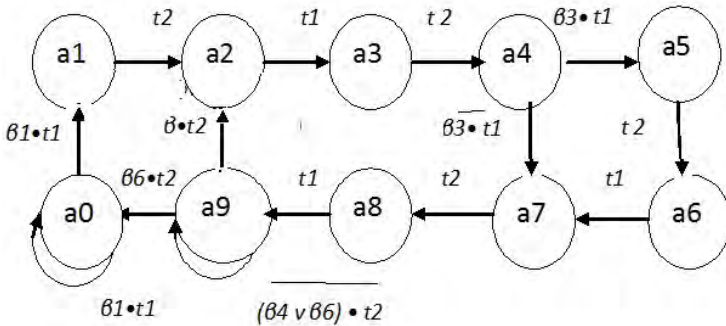


Рис. 2.1.4. Граф ТААУ

Например, признак выбора  $\beta_1 = 1$  разрешает ТААУ перейти из состояния автомата **a0** в состояние **a1**. С другой стороны, если  $\beta_1 = 0$ , то переход из состояния автомата **a0** в состояние **a1** запрещен — АУ выполнила операцию и находится в состоянии ожидания. Таким образом, этот признак характеризует состояние начала и конца арифметической операции. Признак  $\beta_1 = 1$  обозначает возбужденное состояние триггера «пуск АУ». Этот триггер с отдельными входами обеспечивает либо работу АУ в автоматическом режиме по сигналу «запрос АУ», либо работу АУ в ручном режиме после нажатия, например, кнопки «пуск АУ» с пульта ручного управления ЭВМ. Признак  $\beta_1 = 0$  характеризует не возбужденное состояние триггера «пуск АУ». В такое состояние триггер переводит сигнал, вырабатываемый схемой формирования сигнала конца арифметической операции. Признак выбора  $\beta_3$  определяет, какое состояние, **a5** или **a7**, наступит после состояния **a4**. Если  $\beta_3 = 1$ , то выполняется переход **a4** к **a5**, если  $\beta_3 = 0$ , то переход **a4** к **a7**. Из состояния **a9** ТААУ может перейти либо в состояние **a2**, либо в состояние **a0**. Признак  $\beta_6$ , разрешающий переход **a9** к **a0**, говорит о том, что переход выполняется в такте окончания арифметической операции при наличии сигнала «конец АОп». Признак выбора  $\beta_6$  разрешает переход **a9** к **a2**, когда отсутствует сигнал «конец АОп». Сигнал конца операции (АОп) вырабатывается при выполнении каждой арифметической операции.

В зависимости от выполняемой операции и номера такта (при выполнении многотактных операций) ТААУ работает по одному из трех возможных циклов (замкнутых путей) графа (рис. 2.1.4).

Коды арифметических операций во время их выполнения сохраняются в регистре операций (РО)АУ. В РОАУ с промежуточного пятиразрядного регистра операций (ПРО)УУ записываются четырехразрядные коды арифметических операций. Эти коды поступают на вход дешифратора (ДшКО), где преобразуются в 15 сигналов арифметических операций.

Счетчик тактов АУ (СТАУ) вместе с дешифратором номера такта (ДшСТ) предназначены в АУ для формирования сигналов тактов выполнения операций —  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_{15}$ . СТАУ состоит из двух пятиразрядных регистров счетчика тактов РСТ1 и РСТ2, полусумматора счетчика тактов СмСТ с встроенными коммутаторами. В начале любой операции в регистр РСТ1 записан код 00000. Этот код переписывается в РСТ2 и расшифровывается дешифратором ДшСТ, как сигнал нулевого такта. В каждом такте, кроме последнего, содержимое регистра РСТ1 увеличивается на единицу. В следующем такте код 00001 переписывается в РСТ2 и расшифровывается дешифратором как сигнал первого такта. Код 00001 из РСТ2 поступает на сумматор, где происходит прибавление единицы. Полученный код 00010 записывается в РСТ1 и т.д. При операции сдвига в нулевом такте в РСТ1 записывается константа сдвига. На вход ДшСТ поступает информация с выхода СТАУ. В начале каждого такта дешифратор расшифровывает код числа на выходе РСТ2. Выходные сигналы дешифратора  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_{16}$  являются сигналами тактов. Для формирования  $\alpha_0$  служит специальный триггер с отдельными входами. На выходе формирователя функций получают управляющие сигналы  $f_n$ , по которым производится прием информации в регистры в определенных микротактах ( $\alpha_0 \div \alpha_9$ ), номер которых зависит от кода операций и номера такта  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_{16}$ . В частности, при записи в РЧ информация записывается параллельно во все разряды в первых двух микротактах каждой операции, а также при пересылке информации из РМЧ в РЧ при выполнении операций «Запоминание содержимого регистра множителя — частного» или «деление». При выполнении операции «извлечение квадратного корня» запись в РЧ производится поразрядно, поэтому управляющие сигналы разрешения записи формируются для каждого разряда отдельно. Сброс РР1 выполняется, как запись в него нуля. Для этого сначала производится сброс РО.

С другой стороны, на другом выходе формирователя функций получают управляющие сигналы выбора связей между регистрами  $F_n$ . Так как информация в тот или иной регистр может быть записана из нескольких разных регистров, то на входе каждого регистра имеется коммутатор, который в данный момент может пропустить на регистр информацию только по одному каналу и управляется сигналами управления коммутаторами или сигналами выбора связей между регистрами  $F_n$ . Эти сигналы также зависят от кода операций и номера такта. Вспомогательными действиями в АУ являются операции «формирования знака» (ФЗН) и операция «сдвиг». Операция ФЗН заключается в присвоении знака содержимому РР1 (рис. 2.1.2). Если знаки операнда в РЧ и исходного операнда в РР1 не совпадают, то формируется знак отрицательного числа (1), иначе — знак положительного числа (0). Новый знак является суммой по модулю два знаков операндов. Знак формируется схемами знаковой логики. Исходная информация, записанная до начала операции в РМЧ1 и в 0–14-х разрядах РР1 сохраняется. Для этого содержимое РР1 переписывается в РР2, складывается с нулем на сумматоре, и сумма записывается вновь в РР1.

**Операция «сдвиг»** является многотактной операцией. К таким операциям относятся также операции УМНОЖЕНИЕ, УМНОЖЕНИЕ С ОКРУГЛЕНИЕМ, ДЕЛЕНИЕ, ИЗВЛЕЧЕНИЕ КВАДРАТНОГО КОРНЯ.

В двоичной системе эти операции, так же как и сложение, выполняются наиболее просто и представляют:

1. Сдвиг модуля числа в сторону высших или низших разрядов («влево» или «вправо»)
2. Взятие дополнения от модуля числа, состоящее в замене всех цифр числа на обратные им («0» на «1» или «1» на «0»).

Легко показать, что сдвиг числа влево или вправо соответствует умножению или делению его на 2. Умножение, очевидно, выполняется в виде последовательных сложений и сдвигов, т. е. точно так же, как при обычном умножении «столбиком». Применение двоичной системы упрощает таблицу умножения, которая имеет вид:  $0 \times 0 = 0$ ;  $0 \times 1 = 0$ ;  $1 \times 0 = 0$ ;  $1 \times 1 = 1$ .

**Деление** производится последовательным вычитанием и сдвигом. При этом вычитание производится как сложение уменьшаемого с дополнением вычитаемого. Операция сдвига состоит в сдвиге содержимого PP1. Константа сдвига и признаки сдвига на время выполнения операции записываются из PBU в PЧ. Для арифметической операции «сдвиг» подготовка операнда не требуется, потому что константа сдвига указывается непосредственно в адресной части команды. Константа сдвига пересылается из регистра команд УУ в выходной регистр PBU и далее в АУ по сигналу «запрос АУ».

**Операция  $\sqrt{x}$**  производится из содержимого PP, т. е. операнд  $x$  перед операцией помещается в PP1 и в PP2. Результат записывается в PP1, а остаток в PМЧ. PЧ в начале операции = 0. Извлечение  $\sqrt{x}$  производится по алгоритму «цифра за цифрой» без восстановления остатка [18].

Общую структуру, а также функциональные и электрические схемы АУ разработала талантливая, неразговорчивая, с меланхолическим темпераментом Ида Башина. К ее творческой работе подключался иногда по частным задачам, например, извлечения корня, Л. Ивановский.

**Устройство управления.** Главным «дирижирующим» устройством ЭВМ по «архитектуре Фон-Неймана» является устройство управления (УУ). Если компьютер представить как систему управления, то любой его компонент является объектом управления, осуществляемого УУ. Между ними существуют прямая и обратная связь. По прямой связи от УУ к управляемому объекту (компоненту) подаются указания об управляющих воздействиях, а по обратной связи посылается информация о текущем состоянии объекта управления. Эти виды информации на рисунке 2.1.1 объединены и обозначены тонкими двусторонними стрелками (управляющая информация). Как видно, УУ со всеми компонентами имеет двунаправленную связь для обмена управляющей и контролирующей информацией. Именно это и позволяет ему все время быть в курсе происходящих в каждом устройстве событий и осуществлять принцип программного управления работой компьютера, согласно хранящейся в ЗУ программе» [8]. Таким образом, УУ определяет порядок выборки команд из ПЗУ, производит модификацию выбранных команд, подготавливает операнды для АУ и УВВ, принимает операнды из АУ

и УВВ, подготавливает их для запоминания в ОЗУ. УУ также осуществляет контроль правильности выборки команд и чисел из ПЗУ и ОЗУ и выполняет обработку сигналов неисправности.

Циклом работы УУ называется интервал времени между началом выполнения данной команды и появлением на регистре команд следующей команды. По аналогии с АУ в УУ выделяется операндная часть и управляющая (тактирующая) часть.

**Операндная часть УУ.** В операндной части на блок-схеме (рис. 2.1.5) происходит преобразование команд, их адресов и осуществляются пересылочные операции. На схеме можно выделить три узла: а) узел формирования адреса ПЗУ; б) узел обработки команды; в) узел связи с ОЗУ. На блок-схеме узел (а) содержит сумматор счетчика команд (СмСК), в котором производится сложение 14-разрядного кода адреса, записанного в регистре адреса ПЗУ (РАП) с единицей. Результат переписывается в регистр счетчика команд (РСК). В регистре адреса ПЗУ (РАП) создается 14-разрядный адрес, по которому из ПЗУ выбирается код выполняемой программы. В РАП через встроенный коммутатор по соответствующим сигналам управления производится запись кода. А именно, либо адрес следующей команды из РСК, либо из регистра выхода УУ (РВУ), либо из регистра команд (РК) — (0–8-й разряды), либо из 5-разрядного регистра переключения квадратов ПЗУ (РПК) — (9–13-й разряды). Связь с РСК работает при естественном порядке следования команд. Связь с РК осуществляется при выполнении команд, требующих выборки константы из ПЗУ, или при безусловной и условной передаче управления. Связь с РВУ имеет место при выполнении команд передачи управления в любую ячейку любого квадрата ПЗУ. Связь с РПК происходит при выполнении команд, требующих выборки константы из ПЗУ. В регистре РПК хранится номер квадрата констант ПЗУ. (9–13-й разряды) регистра выхода ОЗУ (РВО) записываются в РПК при выполнении команды посылки числа, выбранного из ОЗУ.

Регистр выхода ПЗУ (РВП) — 16-разрядный регистр, который служит для согласования с ПЗУ, (0–8-й разряды) которого записываются в 9-разрядный сумматор — модификатор адреса (СмА). С другой стороны, РВП связан с РВУ при модификации команды содержимым ячейки ОЗУ на сумматоре-модификаторе команд (СмК).

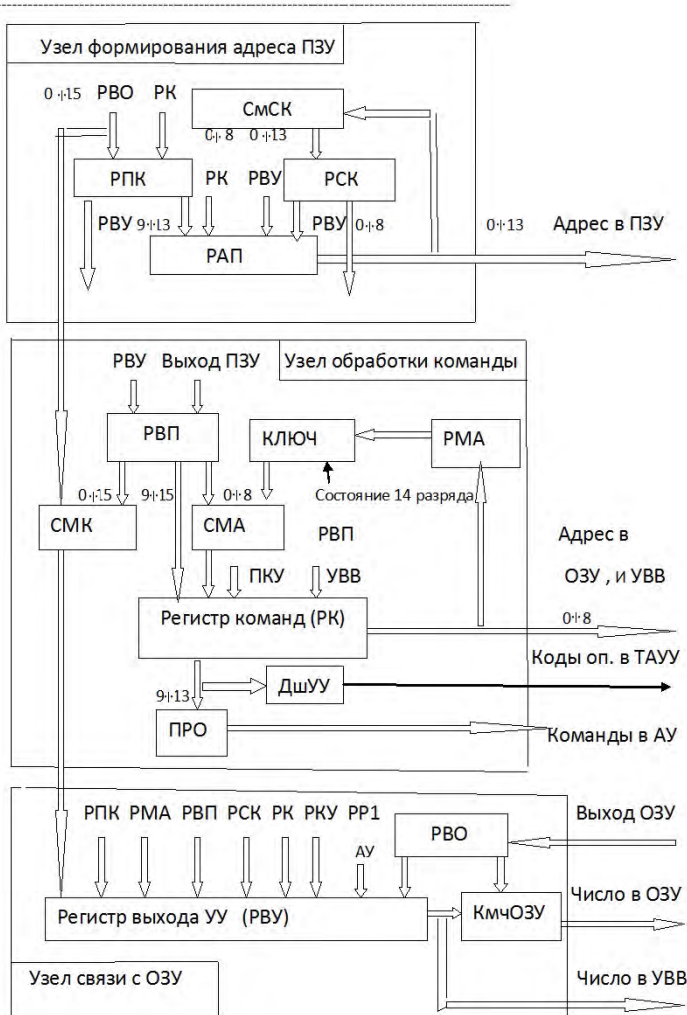


Рис. 2.1.5. Блок-схема операндной части УУ

СмА представляет собой 9-разрядный комбинированный сумматор параллельного действия с последовательным переносом. На СмА производится сложение содержимого 0–8-х разрядов РВП с константой модификации, хранимой в регистре модификации адреса (РМА). Сумма записывается в регистр команд (РК), в котором ко-

манда хранится до тех пор, пока УУ не выполнит все действия, связанные с ее обработкой. В РК записывается код с РВП при выборе команды из ПЗУ, код при занесении команды в ручном режиме с пульта контроля и управления (ПКУ), а также код при приеме непрограммированной команды с устройства ввода-вывода (УВВ). РК по выходу связан с 5-разрядным промежуточным регистром операций (ПРО) (9–15-й разряды). ПРО служит для буферного запоминания кода операции с последующей передачей кодов операций арифметических команд в регистр операций АУ. С РК пятиразрядный код подается на дешифратор устройства управления (ДшУУ), который расшифровывает только коды неарифметических операций. С выхода ДшУУ сигналы операций подаются в тактирующую часть УУ на формирователи сигналов разрешения записи в регистры, сигналов управления коммутаторами, в тактирующий автомат УУ и на сборки, формирующие связи УУ с другими устройствами машины.

РВУ — 16-разрядный регистр. По входу он связан: а) с РВП при выборке константы из ПЗУ и при подготовке операнда для АУ. Выбранная из ПЗУ константа не поступает в РК, а направляется непосредственно в РВУ, в частности, в режиме «контрольное суммирование ПЗУ»; б) с регистром результата АУ — РР1 при запоминании результата арифметической операции в ОЗУ. В этом случае РВУ является регистром, с которого через коммутатор числа ОЗУ (КмчОЗУ) запоминаемое число поступает в ОЗУ; в) с 0–8-м разрядами РМА и с 9–13-м разрядами РПК при запоминании их содержимого в ОЗУ, а также с признаком условного перехода  $\omega$ ; г) с РСК при запоминании текущего значения счетчика команд в ОЗУ; д) с СмК, при этом РВУ служит выходным регистром СмК; е) с адресной частью РК при выполнении «сдвига» (константа сдвига находится в 0–8-м разрядах РК, и пересылка ее в АУ производится через РВУ); ж) с РВО при выборке операндов для АУ и УВВ из ОЗУ; з) с ПКУ при записи числа в РР1АУ и в РАП, которые не имеют непосредственной связи с пультом ПКУ. Таким образом, РВУ, который служит выходным регистром УУ, выполняет следующие функции: 1) служит регистром, через который операнд поступает в АУ или УВВ; 2) является регистром, с которого результат арифметической операции и содержимое некоторых регистров запоминается в ОЗУ во время работы машины; 3) служит регистром, через который число, выбранное



из ПЗУ, может быть записано в РАП, РР1АУ, ОЗУ; 4) служит выходным регистром СмК, который представляет собой 16-разрядный комбинационный параллельный сумматор с последовательным переносом.

КмчОЗУ управляет передачей чисел в ОЗУ. В ОЗУ записываются: а) промежуточные результаты вычислений, получаемые в АУ, и содержимое некоторых регистров УУ; б) числа, поступающие из УВВ по команде ввода и используемые затем в УУ и АУ; в) числа, выбранные из ОЗУ, так как в ОЗУ требуется восстановление (регенерация) считанной информации.

**Тактирующая часть УУ** содержит схему формирований контрольных режимов (СФКР), на которую поступает информация с пульта контроля и управления (ПКУ) и пульта комплексной проверки (ПКП), тактирующий автомат (ТАУУ), формирующий микротакты ( $v_0 \div v_7$ ), схемы пуск-стоп, обслуживающей управление по ф, от кнопки «стоп», от схемы контроля ПЗУ, от схем «стоп» по РАП и РМА, а также от кнопки «сброс». К этой части относятся также схемы формирования сигналов разрешения записи в регистры УУ (f) и схемы формирования сигналов выбора связей между регистрами УУ или сигналов управления коммутаторами регистров (F). Схема связи с АУ осуществляет синхронизацию работы АУ и УУ. Она формирует сигнал запроса АУ, являющийся для АУ разрешением начать операцию; принимает от АУ сигнал ответа (операнд взят), которая для УУ означает разрешение начать подготовку операнда для следующей арифметической операции или выполнение неарифметической команды; принимает из АУ сигнал «АУ свободно» и подготавливает его для использования в УУ.

Схема связи с УВВ работает только по команде «вывод 1». При этом число, выбранное из ОЗУ, записывается в регистр выхода УУ (РВУ) и по сигналу запроса УВВ регистры УВВ сразу принимают число из РВУ. Схемы связи с ПЗУ и ОЗУ формируют соответствующие сигналы запроса как функции кодов операций и микротактов. Тактирующая часть УУ в виде блок-схемы изображена на рисунке 2.1.6.

Порядок работы УУ в структуре машины фон Неймана задается командой. Если команда, выбранная на регистр команд (РК) из ячейки с номером N, не является командой передачи управления,

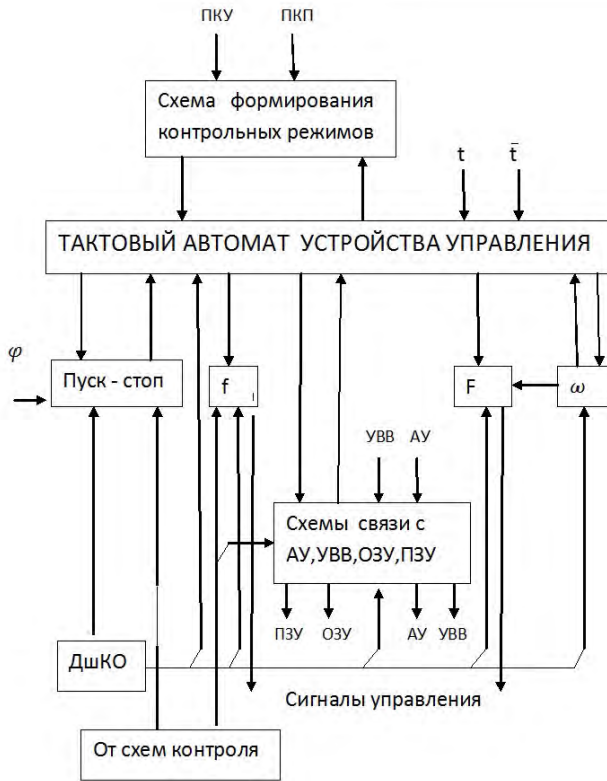


Рис. 2.1.6. Блок-схема тактирующей части УУ

то следующей попадает на РК команда из ячейки с номером  $N + 1$ . Такой порядок следования команд называется естественным и сохраняется до тех пор, пока на РК не выберется команда передачи управления или не появятся признаки ( $\varphi$  в режиме «переход по  $\varphi$ » или «не программированная команда от УВВ»), которые, также как и передачи управления, нарушают естественный порядок следования команд. Кроме обеспечения порядка выбора команд из ПЗУ, в УУ осуществляется подготовка числа, над которым производится указанная в команде операция, производится расшифровка кода операции, если она не является арифметической, выполняется формирование сигнала «запрос АУ», который является указа-

нием принять в АУ код операции и число. Это число, участвующее в операции, может быть выбрано либо из ОЗУ, либо из ПЗУ, либо непосредственно указано в адресной части команды (при этом длина числа не может превышать 9 разрядов). Необходимая синхронизация работы УУ и АУ достигается по двум сигналам: 1) «запрос АУ», означающий, что операнд для АУ подготовлен и может быть принят в АУ из УУ, и 2) «операнд взят из АУ», означающий, что АУ приняло на свои регистры код операции и число и начало с ними операцию. Если сигнал «запрос АУ» поступает в АУ, но АУ не принимает по какой-либо причине операнд и не присылает в ответ сигнал «операнд взят», то УУ не начинает следующий цикл до тех пор, пока этот сигнал АУ не появится в УУ. Команда, выбранная на РК, определяет набор микротактов, формируемых ТАУУ (рис. 2.1.7). В зависимости от кода операции и некоторого признака ( $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ ) выбора цикла изменяется цикл работы ТАУУ, т. е. количество формируемых микротактов. В УУ БЭВМ «Гном» достаточно трех циклов: а) короткий с микротактами (61, 62, 67, 60); б) средний цикл с микротактами (61, 62, 63, 66, 67, 60); и в) длинный цикл (61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 60).

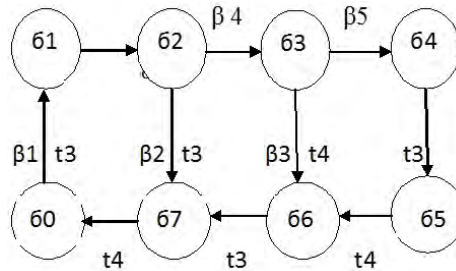


Рис. 2.1.7. Граф ТАУУ

В БЭВМ «Гном» УУ выполняет следующие основные группы операций: а) выборка команды из ПЗУ при естественном порядке следования команд; б) модификация адресной части команды содержимым РМА; в) выборка операнда из ОЗУ; г) выборка константы из ПЗУ; д) передача управления внутри одного квадрата ПЗУ; е) передача управления в любой квадрат ПЗУ; ж) формирование новой команды путем модификации выбранной из ПЗУ команды содер-

жимым любой ячейки ПЗУ; з) подготовка числа для запоминания в ОЗУ; и) пересылки внутри УУ; к) останова; л) переход по ключам (пропуск команды); м) прерывание по ф; н) прием непрограммированной команды от УВВ; о) настроечные и контрольные группы операций. Общую структуру, а также функциональные и электрические схемы УУ разработала обидчивая, неуверенная в себе, но упорная и настойчивая Виктория Пузыревская.

Связь между АУ и УУ в операционном блоке осуществляется посредством сигналов «Запрос» — «Ответ». Сигнал «Запрос АУ», поступающий из УУ, возбуждает триггер пуска АУ. Начинает работать ТААУ, формируя первый такт арифметической операции и все сигналы, необходимые для ее выполнения. Одновременно АУ формирует для УУ сигнал ответа «Операнд принят». После окончания операции АУ формирует сигнал «АУ свободно». Этот сигнал используется в УУ как признак того, что АУ закончило операцию.

### *Запоминающие устройства (ЗУ)*

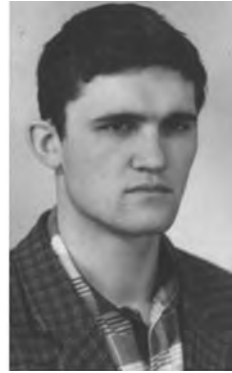
В нашем отделе одновременно создавались две БЭВМ: «Гном» на интегральных (германиевых) микросхемах собственной разработки и БЦВМ «Молния» на быстродействующей элементной базе, в основе которой использовались вырожденные туннельные диоды — «пары Гото». Эту машину создавала лаборатория Б.С.Муша (Дима Симо, Валерий Песчанский, Владимир Дубровка). Разработка обеих машин началась одновременно.

Предполагалось, что БЦВМ «Молния» будет опережать по срокам разработку БЦВМ «Гном». Элементная база для нее (туннельные диоды) уже была в серийном производстве. По элементам для машины «Гном» еще были проблемы по диапазону рабочих температур и серийному производству. Были и сомневающиеся в самой возможности создания такой машины: низкий уровень сигналов, низкая помехоустойчивость, германий не перспективен. С учетом этих обстоятельств было принято решение, что разработка запоминающих устройств должна выполняться в сроки, соответствующие необходимым срокам комплектования экспериментальных и опытных образцов машины «Молния» и, соответственно, организация и планирование работ по запоминающим устройствам возлагалась на главного конструктора БЦВМ «Молния».

Для разработки ЗУ Б.С.Муш пригласил защитившегося в 1962 году кандидата технических наук А. Ф. Чивилева. Лаборатория запоминающих устройств быстро наполнилась сотрудниками. Молодой кандидат наук А. Ф. Чивилев не имел опыта самостоятельной разработки и работы с коллективом сотрудников. Борис Семенович был озабочен своей кандидатской диссертацией. Диссертация «успешно» получилась, а БЦВМ «Молния» не получилась. И с запоминающими устройствами не очень. Уже кандидатом наук Б.С.Муш перешел в новую для себя область техники — в радиолокацию. По этому поводу он написал мне по поводу моего пятидесятилетия притчу «Сейчас я работаю в области радиолокации, а пришел в нее из вычислительной техники. Е.М.Ляхович работает в вычислительной технике, а пришел в нее из радиолокации. Не удивительно, что наши пути пересекались и, как всякий оптимист, надеюсь, что мы не напомним участников крыловского “квартета”».

А как же с запоминающими устройствами для «Гнома»? Потребовались небольшие организационные мероприятия. Хорошо проявили себя ведущие разработчики блоков ОЗУ и ПЗУ В.М.Иванов и Б.Н.Кондратенко. Мои воспоминания по созданию блоков ОЗУ и ПЗУ я дополню воспоминаниями тогда еще молодых специалистов В. Шнырина и А. Верхолата.

ОЗУ предназначено для приема, хранения и выдачи машинных слов для обмена ими с устройством управления БЭВМ. В ОЗУ хранятся промежуточные результаты вычислений и некоторые исходные данные, которые записываются в ОЗУ непосредственно оператором. Для указания номера ячейки ОЗУ требуется 9 двоичных разрядов, поэтому в коде команды 9 младших разрядов отводятся под код адреса ячейки с нужным словом.



Владимир Шнырин



Александр Верхолат

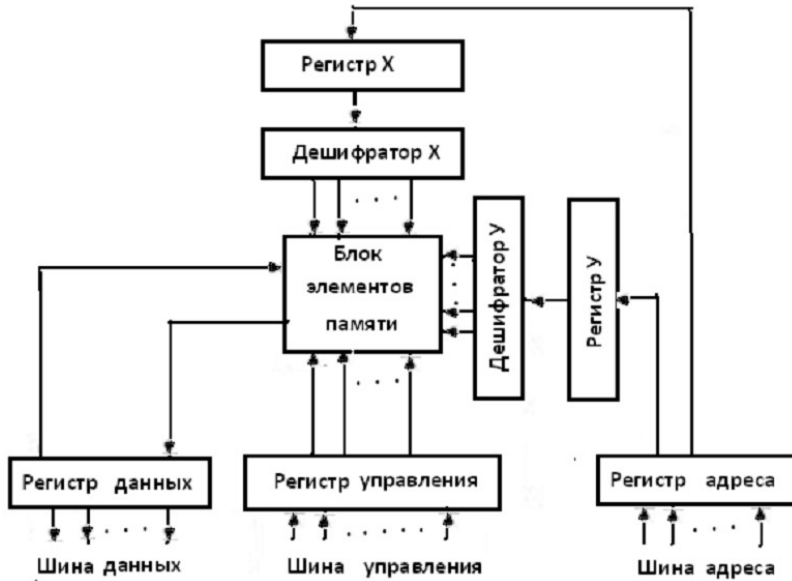


Рис. 2.1.8. Обобщенная блок-схема ЗУ

ПЗУ выполняет следующие функции: а) хранение программы вычислений, б) хранение специальных подпрограмм, в) хранение констант, используемых в вычислениях. Емкость ПЗУ может достигать 16 384 слов. Весь массив слов разбивается на 32 квадрата по 512 слов в каждом. Для указания номера ячейки со словом используется 14-разрядный двоичный код, где 5 старших разрядов составляют номер квадрата ПЗУ, а 9 младших разрядов — адрес ячейки внутри этого квадрата. Номер квадрата, в котором хранится постоянная величина, записывается в регистре переключения квадратов (РПК), откуда он извлекается и присоединяется при обращении к ПЗУ за константой к 9-разрядному номеру ячейки со стороны старших разрядов.

### **Вспоминает В. Шнырин**

*По распределению молодых специалистов после окончания ЛИТМО зимой 1964 года (кафедра счетно-решающих устройств и вычислительных машин) я был направлен в а/я-233 в отдел № 570 в лабораторию ОЗУ. Начальником лаборатории и руководителем моего дипломного про-*

екта был А. Ф. Чивилев. Основу моего проекта составлял тепловой расчет конструирования магнитной части ОЗУ типа Z.

Мой диплом очень пригодился В. М. Иванову в дальнейшем, когда главный конструктор Е. М. Ляхович поручил ему разработать ОЗУ для бортовой электронной вычислительной машины (БЭВМ) «Гном-1».

Коллектив лаборатории ЗУ в 1963–1964 годах состоял из молодых специалистов (Наталья Березовская-Винарова, Татьяна Сытник, Альфат Макашов, Валерий Ликарпенков и я — Владимир Шнырин), инженеров (Люся Чулкина, Галя Ингулевич, Валерия Николаева, Валера Кудрявцев, Володя Катаев, Гена Сочнев, Юра Цепляев) и старших инженеров (Ирина Аверина, Геннадий Кочергин, Олег Астратов, Володя Иванов).

Молодые специалисты должны были работать по месту распределения три года. При этом, по постановлению правительства, диплом об окончании высшего учебного заведения в 1964 году не выдавали, а должны были выдать только через год, при наличии положительной характеристики с места работы по распределению. Так осуществлялась государством борьба с текучестью кадров. Сотрудники в лаборатории А. Ф. Чивилева были прикреплены к работам, которые поручал сам начальник лаборатории. ЗУ — это автономные изделия, являющиеся самостоятельной частью любого цифрового устройства или системы. В отделе № 570 разрабатывались бортовые ЭВМ на твердых схемах P12 и на туннельных диодах «парах Гото». Эти элементы имели различную физическую структуру и параметры по быстродействию. За согласование системных блоков с ЗУ отвечала самая романтическая сотрудница лаборатории Люся Чулкина. Лаборатория А. Ф. Чивилева по первому приоритету должна была разработать ЗУ для вычислителя на «парах Гото». Время на разработку отводилось без учета квалификации сотрудников. Так как дело было новое и опыта у разработчиков было мало, на конструирование и изготовление отдавались «сырые», не отработанные схемные решения. Однако А. Ф. Чивилев был поразительно спокоен и его самоуверенность расхолаживала коллектив.

Планов со сроками у инженеров не было, поэтому можно было на работе заниматься помимо решения производственных задач личными или общественными делами. В частности, я учился на курсах иностранных языков, математических курсах, получал второе высшее образование на физическом факультете Ленинградского университета (вечерняя форма обучения) и участвовал в различных спортивных мероприятиях организации (шашки, шахматы, плавание, гребной слалом на каяках и байдарках, спортивное ориентирование, лыжи, турпоходы).



Владимир Яковлевич Шнырин





Владимир Ильич  
Катаев

*Начальник конкретными делами сотрудников не интересовался. Он занимался иностранными языками. Помимо английского и немецкого языков, на которых он читал оригинальные работы и заполнял выписками из периодических журналов свою рабочую тетрадь, начальник изучал испанский язык.*

*Плана работ в лаборатории А. Ф. Чивилева не было, и он сам давал любую работу сотрудникам, которые попадались ему под руку. Меня, чтобы «не мешался», начальник отправил в библиотеку читать книгу «Основы полупроводников». В лабораторию ЗУ я полгода не заходил. Иногда мне передавали его мелкие поручения.*

*Наконец, вызывает меня Анатолий Федорович и говорит: «Будешь делать устройство контроля оперативных накопителей (УКОН)». Я, конечно, обрадовался. Самостоятельная работа — мечта любого молодого специалиста. Тогда же я узнал, что наша лаборатория создает ОЗУ для разрабатываемых в отделе Е. М. Ляховича впервые в СССР самолетных (бортовых) ЭВМ на туннельных диодах (НИР «Гном-2») и твердых схемах НИР «Гном-1»).*

*Так как БЭВМ на «парах Гото» была предназначена для обработки радиолокационной информации, к ней предъявлялись повышенные требования по быстродействию. По плану ее надо было разработать и изготовить раньше, чем БЭВМ на твердых схемах. Руководил работами по НИР «Гном-2» Борис Семенович Муш.*

*В начале 60-х годов быстродействующих ЗУ в СССР не было и А. Ф. Чивилев был «пионером», но у него не было практики разработок ОЗУ и дело усугублялось тем, что он имел необоснованно высокую самооценку относительно своего «авторитетного» мнения. Это мнение базировалось на чтении английских и немецких журналов в оригинале и знакомством со специалистами по ЗУ, такими как Л. П. Крайзмер в Ленинграде и В. В. Китович в Москве.*

*В 60 годах XX века В. В. Китович впервые разрабатывал быстродействующие ОЗУ на «тонких пленках». Для отладки и тестирования ОЗУ в п/я-400 г. Москвы был разработан и изготовлен быстродействующий стенд УКОН, который, помимо статических режимов, позволял тестировать ОЗУ в самых тяжелых режимах «долбление» и «дождь». Мы придумали с В. М. Ивановым для УКОНА еще один динамический тест «бегающая единица».*

*Мне было поручено воспроизвести в лаборатории ОЗУ отдела № 570 стенд Китовича в полном объеме. По заданию начальника лаборатории ЗУ надо было привезти из п/я-400 техническую и конструкторскую документацию, заказать изготовление (включить в план цеха № 5 а/я-233) и настроить УКОН к моменту готовности нашего ОЗУ.*



А. Ф. Чивилев, помимо уже заказанного по его техническому заданию ОЗУ, собирался повторить для БЭВМ «Гном-2» разработку ОЗУ Китовича на «тонких пленках». Для этого он предполагал использовать закупленную в отдел № 570 установку для напыления тонких пленок, прозванную «паровоз», и в лабораторию ЗУ для повторения быстродействующего ОЗУ, его изготовления, настройки и обслуживания, были приняты ведущий инженер Э. С. Заостровский и физик Н. И. Германович.

Эту задачу в Москве я решил и привез в отдел не копии, а оригиналы документации под честное слово, что «белки» будут возвращены через неделю.

В отделе к работе был подключен заместитель начальника отдела, талантливый менеджер Володя Карпов, и к концу августа копии документации на УКОН были готовы. Даже удалось включить изготовление стенда в план цеха № 5 с выходом изделия в четвертом квартале 1964 года. Документацию я вернул москвичам вовремя во время второй командировки в Москву с «благодарностью» по «тарифу» — «четыре маленьких» столичной водки.

К концу четвертого квартала 1964 года подошли сроки окончания работ по изготовлению УКОНа. Однако в цехе не были закончены блоки питания, не проверен общий монтаж и монтаж отдельных модулей и пр. Хитрый начальник цеха № 5 стал уговаривать меня подписать акт выполненных работ. Он клятвенно обещал, что все недоделки будут устранены в первом квартале следующего года. Я ему просто поверил на слово и, ни с кем не посоветовавшись, подписал все документы о выполнении работ и отсутствии претензий у заказчика. В этот же день в лабораторию ЗУ привезли со всеми недоделками под названием «УКОН» неработающую гору «железа», которую мне пришлось доводить до рабочего состояния около года. Все словесные обещания начальника 5-го цеха были забыты, а А. Ф. Чивилев, соответственно, в лаборатории ЗУ предоставил мне полный «карт-блани».

Стенд УКОН представлял собой шкаф 2 000 × 1 200 × 600 мм, выполненный на основе типовых в то время конструкторских решений по модульной технологии в идеологии «КАМАК». Модули были выполнены на быстродействующих малошумящих навесных элементах, соединенных навесным монтажом (провод МГТФ), связанным в жгут, и имели унифицированный интерфейсный разъем РП-14-30 (вилка). Для защиты от мультипликативных помех каждый модуль был связан с мощной общей шиной («землей») электролитическим и керамическим конденсатором. Связь между разъемами модулей (розетка), смонтированных на общей панели, также распаивалась проводом МГТФ витыми парами, которые увязывались в общий жгут. Для задания режимов самотестирования и тестирования ОЗУ УКОН имел пульт с тумблерами и индикаторными лампочками разного цвета. Состояние ОЗУ как в статических режимах, так и в динамических можно было наблюдать по каждому разряду сразу всех слов

на электроннолучевой трубке осциллографа НО-7. Для подключения ОЗУ к стенду УКОНа требовался отдельный согласующий блок.

Основным оборудованием рабочего места инженера-электронщика лаборатории ЗУ в середине 70-х годов был тестер типа М-20, осциллограф однолучевой С1-20, двухлучевой С1-15 или четырехлучевой С1-17, генератор прямоугольных импульсов и микропаяльник. Типичной была поза сотрудника, рассматривающего экран осциллографа через раструб (специальное резиновое приспособление от засвечивания экрана солнцем, которое инженеры обозвали по аналогии с военным изделием № 2 презервативом). Ира Аверина часто досыпала в «типичной позе». Дело с рассматриванием снов кончилось шуткой. В ее осциллограф завели кембрик (полихлорвиниловую трубку) и надули его папиросным дымом. Надо было видеть Ирину Николаевну, когда в тишине лаборатории крикнули: «Ира, горишь!»

В лаборатории А. Ф. Чивилева не проводились коллективные обсуждения результатов персональных работ сотрудников на технических совещаниях или семинарах с участием всего коллектива, поэтому каждый «варился», как говорится, «в собственном соку». Под руководством В. М. Иванова была дружная группа, в которой кроме меня работала Люся Чулкина, надежный во всех отношениях человек — Татьяна Сытник, эрудит и пловец — Юра Цепляев, веселый, непосредственный и слегка рассеянный Гена Соичнев, величественный, с завышенной самооценкой, самоуверенный Валера Кудрявцев, краснощекая, подвижная, обаятельная толстушка, член профкома института — Галина Ингилович. Сотрудники, которые не входили в группу В. Иванова, находились психологически как бы на некотором расстоянии, которое то увеличивалось, то сокращалось в зависимости от решения конкретных задач, возникающих из общих потребностей коллектива. Например, с Олегом Астратовым, который разрабатывал дешифраторы и усилитель считывания информации из ОЗУ и ПЗУ, мы организовывали для сотрудников лаборатории ЗУ через дачный трест несколько зимних сезонов лыжную базу в Грузино. С Наташей Березовской-Винаровой, которая входила в группу разработчиков ПЗУ, мы организовали несколько туристских походов по Ленинградской области.

ОЗУ для БЭВМ на «паре Гото» было отконструировано и изготавливалось в цехе № 5 под наблюдением основного разработчика Володи Катаева. В третьем квартале 1965 года они должны были поступить в лабораторию ЗУ на настройку и проверку принятых технических решений. УКОНа к этому времени подготовить к работе я явно не успевал.

В конце августа в лаборатории ЗУ появился, наконец, из цеха громоздкий, далеко не микроминиатюрный, спроектированный в виде книжки образец ОЗУ, который был разобран по платам для доработки, настройки и испытаний в соответствии с требованиями заказчика Б. С. Муша. Проверка работоспособности ОЗУ без стенда УКОНа работа очень трудо-

емкая. Кроме того, ОЗУ было сконструировано очень неудачно и мы, конечно, физически не могли уложиться ни в какие разумные сроки. Однако начальник спокойно смотрел в будущее. Он прочитал в японском журнале о том, что большие системы, в частности ЭВМ, спроектированные на «паре Гото», возбуждаются, и поэтому создать на них надежные цифровые системы невозможно. Работа по подготовке ОЗУ к сдаче заказчику практически не велась. Как в дальнейшем стало ясно, А. Ф. Чивилев был уверен в том, что работа над БЭВМ на туннельных диодах будет закрыта, как только информация о больших системах на «паре Гото» станет известна главному инженеру а/я-233.

У Б. С. Муша, научную работу которого консультировал начальник лаборатории ЗУ, была уже готова кандидатская диссертация, и поэтому Чивилев согласился на его просьбу придержать информацию о «паре Гото» до поры, пока Б. С. Муш ее не защитит. Диссертация была успешно защищена и, как предсказывал А. Ф. Чивилев, работа по созданию БЭВМ на туннельных диодах была прекращена, а подразделение, которое ее разрабатывало, перестало существовать. Однако политика начальника лаборатории ЗУ обернулась для него полным крахом. Когда потребовались запоминающие устройства для БЭВМ на «твердых схемах», Е. М. Ляхович увидел полную несостоятельность А. Ф. Чивилева как разработчика аппаратуры по требованиям военных.

### **Вспоминает А. Верхолат**

Весной 1966 года в ЛЭТИ им. В. И. Ульянова (Ленина) состоялось распределение выпускников кафедры счетно-решающих приборов и устройств на предприятия Советского Союза. Распределение проводила государственная комиссия, в состав которой входили, кроме руководства и профессорско-преподавательского состава института, также и представители различных министерств, заинтересованные в получении выпускников с высоким средним баллом обучения. По результатам учебы в институте я получил направление в п/я-233, где должен был пройти преддипломную практику в должности техника в течение пяти месяцев.

На преддипломную практику я был направлен в отдел 570 — отдел бортовых ЭВМ. В отделе меня определили в группу оперативных запоминающих устройств (ОЗУ), которой руководил В. М. Иванов. Эта лаборатория занималась разработкой и комплексной отладкой ОЗУ для БЦВМ «Гном». Кроме этого, в лаборатории проводились также и поисковые работы, в частности, работы по созданию запоминающих устройств с неразрушающим считыванием. Эти работы проводил инженер Валерий Ликарпенков, под начало которого я и был определен. Мне показали макет запоминающего устройства, электроника которого конструктивно была выполнена в виде отдельных плат-«страниц», объединенных в одну «книгу», и талмуд принципиальных электрических схем макета. Моя за-



Александр  
Михайлович Верхолат

задача состояла в помощи по настройке этого макета, которой занимались инженеры Владимир Катаев и Антонина Ильина. Идея о необходимости создания запоминающего устройства с неразрушающим считыванием была высказана главным инженером предприятия В. И. Смирновым в разговоре с тогдашним начальником лаборатории ОЗУ А. Ф. Чивилевым. Она состояла в том, чтобы на земле в такое устройство можно было бы ввести полетное задание, которое получал пилот перед вылетом. Это ОЗУ должно было быть переносным, и после записи полетного задания его можно было бы перенести на борт самолета, подключить к БЦВМ и обеспечить возможность работы с данными полетного задания. В качестве магнитного носителя использовались магнитные пластины, в каждую из которых можно было записать 16-разрядное слово. На начальной стадии разработки предполагалось использовать 16 таких пластин. Эти магнитные пластины были разработаны по теме «Рубикон» в НИИМД (НИИ магнито-диэлектриков), который находился в Ленинграде возле Московских ворот. Практически это запоминающее устройство было прообразом современной флеш-памяти с возможностью записи и последующего считывания с запоминающего магнитного накопителя. Отличие состояло только в том, что максимальное число считываний с накопителя составляло 16 раз.

Более конкретно мне была поставлена задача расчета и отработки блока записи данных на магнитный носитель для последующего неоднократного считывания. Разработка этого блока записи и стала темой моего дипломного проекта. Сложность разработки состояла в том, что петля гистерезиса магнитного носителя должна была позволять так называемое ее щекотание, то есть постепенный переход из одного состояния петли гистерезиса в другое с возможностью получения сигнала считывания соответствующей полярности. Мне пришлось неоднократно побывать в командировке в НИИМД, чтобы поработать с рабочими материалами по теме «Рубикон», более детально ознакомиться с характеристиками магнитного носителя и изучить возможности по намагничиванию и перемагничиванию запоминающих пластин. В один из ноябрьских дней 1966 года большая группа сотрудников отдела, в которую вошел и я, отправилась в НИИМД, чтобы послушать в конференц-зале института выступление одного из пионеров микроэлектроники в Советском



Валерий Георгиевич  
Ликапенков

*Союзе Ф. Г. Староса. Это выступление, в котором Ф. Г. Старос описал перспективу развития микроэлектроники, произвело на меня неизгладимое впечатление, я тогда впервые осознал, в какое интересное переломное время — время зарождения и становления микроэлектроники — мне предстояло работать [18].*

## 2.2. Температурная зависимость первых ТС

В радиоэлектронной аппаратуре часто возникала необходимость решения проблемы перегрева теплонапряженных элементов или блоков. Обычно уменьшали перегрев применением радиаторов, которые, как правило, обдувались встроенными вентиляторами или подводимым холодным воздухом. У нас проблема создания необходимого теплового режима оказалась значительно сложнее. Как показано в разделе 1.1, наша твердая схема могла работать только до +40 градусов. Я знал, что с большой вероятностью мы доведем предельную рабочую температуру этой микросхемы до +70 градусов (обычная температура для германия). Но для этого может потребоваться до полутора-двух лет, так как необходимо предварительно создать технологическую базу с полным технологическим циклом изготовления транзисторов П403 (без корпусирования). Это было необходимо для создания возможности дальнейшей работы со структурой твердой схемы. Но задерживать разработку машины, и особенно программного обеспечения РЭК «Купол», по многим соображениям было нельзя. Техническое решение было найдено. В.Л.Фрайштадт предложил выполнить конструкцию операционного блока (АУ и УУ) для экспериментальных образцов машины с погружением твердых схем во фреон с температурой кипения +24 градуса. Такой блок будет работать в требуемом диапазоне внешних температур плюс-минус 60 градусов. В случае если проблема с допустимой рабочей температурой ТС-233 (P12-2) положительно не решится в требуемые сроки, то тогда продолжить разработку на этапе ОКР в этой же конструкции (с фреоном). Такой блок, теплоизолированный от внешнего тепла, будет поддерживать внутри блока температуру +(24–30) градусов. Решение принято. В экспериментальных образцах на этапе НИР в 1962–1963 годах разрабатываем конструкцию машины с погружением узлов на ТС-



Виктор Николаевич  
Исаков

233 во фреон. Таких конструкций в бортовых радиоэлектронных устройствах еще не было.

В процессе поиска оптимальной конструкции машины, с погружением во фреон узлов с твердыми схемами (групповые модули) была создана специальная группа специалистов: В. Л. Фрайштадт, геофизик по образованию — руководитель группы, А. В. Потрекий, профессиональный химик, В. Н. Исаков, Игорь Михайлов. На основе этой группы в 1962 году в отделе № 570 организована теплофизическая лаборатория. Работа с фреоном в «Гноме»,

как оказалось, была стартовой для последующих лет. При работе с «Гномом» В. Н. Исаков изобрел тепловую трубку. Эффективность (скорость) передачи тепла у тепловой трубки в семьсот раз выше, чем у меди. Она — близкий аналог по принципу действия теплостоку машины «Гном». Мы решили эффектно продемонстрировать эту тепловую трубку главному инженеру В. И. Смирнову. Принесли к нему в кабинет нашу трубку, метровый кусок медного трамвайного провода и спиртовку. Попросили Вениамина Ивановича взять в руку один конец медного провода, а второй конец держать в пламени горелки одну минуту. Держать один конец метровой толстой медной проволоки в пламени спиртовой горелки, а другой конец держать одной рукой тяжело. Рука устала, Вениамин Иванович смотрит на нас с укором: вы же отвлекаете меня от работы. «Вениамин Иванович, пожалуйста, повторите теперь с этой трубочкой. Она легкая и рука отдохнет». Вениамин Иванович взял трубку, посмотрел на нее и почти мгновенно отбросил ее в другой конец кабинета. Рука получила ожог. Вениамин Иванович был в восторге. В. Н. Исаков рассказал об устройстве «тепловой трубки». Вениамин Иванович поздравил нас и предложил искать ей применение и в народном хозяйстве тоже. Применение тепловым трубкам было найдено. Благодаря этим трубкам удалось построить фазированную антенную решетку (ФАР) на диодах «Ганна», об этом будет рассказано в третьей главе. В двухтысячных годах в компьютерах на современных процессорах, как правило, применяют тепловые трубки.



Теплоотвод в 1963 году мы сделали в конструкции, когда весь цифровой блок был погружен во фреон. Конструкция «Гнома» состояла из двух объемов. Когда блок выключали, фреон опускался (стекал) в нижний объем конструкции (рис. 2.2.1). При включении электропитания блока в нижнем объеме включался подогрев. Фреон поднимался кверху и заполнялся верхний объем, где размещались модули «Квант-1» на твердых схемах ТС-233. Это были просто узлы, в которых было несколько типовых плат (рис. 2.2.2), которые погружались во фреон.



Рис. 2.2.1. Первый вариант конструкции с погружением во фреон

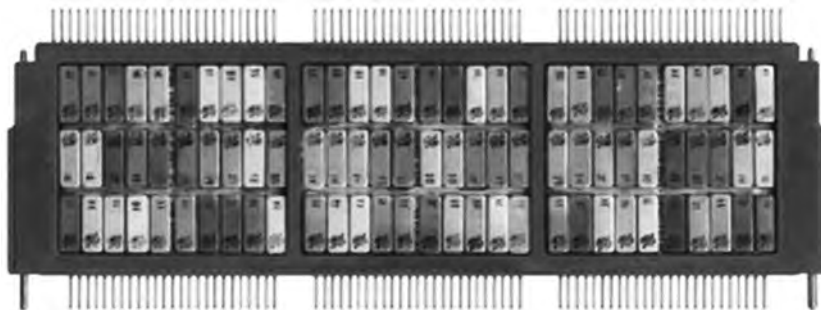


Рис. 2.2.2. Первые групповые модули (МГ), погружаемые во фреон, на первых модулях «Квант» с использованием первых ТС-233

Конструировала первый экспериментальный образец ЦВМ бригада под руководством И. В. Голубевой.

К концу 1965 года у нас уже была конструкция операционного блока с платами без погружения во фреон. При работе такого МГ в конструкции машины без погружения во фреон медные шины переносят тепло от модулей к «тепlostoку». В первой главе показано, как была решена задача повышения предельной рабочей темпера-

туры ТС-233 до +70 градусов. В конструкции опытных образцов машины фреон остался только в теплостоках.

Теплосток представляет собой медную прямоугольного сечения трубу (использован типовой волновод), заполненную фреоном с температурой кипения +24 градуса. Теплоотводящее устройство состоит из системы тепловодов, по которым тепловая энергия от блоков передается в теплообменник. Теплоотводящее устройство работает следующим образом. Тепло, выделяемое при работе электронной части БЭВМ, через систему теплостоков и через «холодную стенку» осуществляет нагрев фреона-11, залитого в систему, до температуры кипения. Парожидкостная смесь при этом поднимается вверх по тепловодам. По пути к теплообменнику происходит разделение на жидкую и паровую фазы, причем паровая фаза поступает в теплообменник, а жидкая через специальные патрубки направляется через сливной канал в систему тепловодов. Пары фреона-11, попавшие в радиатор, конденсируются на внутренней поверхности оребренных трубок, охлаждаемых воздухом, а конденсат стекает в сливной канал.

Более холодная жидкость попадет из сливного канала в тепловоды, непосредственно контактирующие с теплоотводящими блоками. Там жидкость нагревается до кипения и, таким образом, процесс повторяется. Стабильность температуры 30 градусов на «холодных» поверхностях обеспечивается за счет постоянства температуры кипения жидкого фреона-11. Фреон перемещается в системе под воздействием разности температур в разных частях системы. От внешнего тепла модули «Квант» защищены теплоизоляцией. Такое решение предложила группа Фрайштадта (Исаков, Потрекий, Михайлов).

Была решена еще одна проблема, которая могла существенно усложнить процессы производства и эксплуатации БЦВМ «Гном». Эта проблема возникла при решении с РПЗ вопроса о включении в годовой план завода изготовление наших твердых схем. Заводчане предложили с целью увеличения процента выхода годных приборов ввести разбивку ТС на группы по параметрам (расширить зону допустимых параметров).

Завод начал выпускать четыре группы ТС. В соответствии с ТУ на твердые схемы, каждое устройство должно использовать только



одну группу твердых схем, при этом завод-изготовитель гарантирует работу ТС, в том числе в диапазоне температур плюс-минус 60 градусов. Является ли наша БЦВМ таким устройством, которое должно собираться на ТС одной группы? Да, она так и была сделана, когда твердые схемы выпускались только одной группы. При таком построении электрической схемы устройства (машины) и при использовании твердых схем четырех групп по параметрам потребовалось бы в групповом комплекте применить четыре комплекта групповых модулей, а на заводе-изготовителе БЦВМ «Гном» для выполнения месячной программы иметь запас модулей в четыре раза больший, чем требуется на программу.

Однако дальнейшие испытания показали, что принятые конструктивные решения позволяют использовать в машине групповые модули с любой группой твердых схем (групповой модуль должен содержать твердые схемы любой одной группы). Защита от внешнего тепла теплоизоляцией корпуса машины и отвода внутреннего тепла по теплостоку с фреоном, используя теплоту парообразования при температуре кипения фреона +24 градуса, фактически обеспечивает при включенной машине работу всех твердых схем при нормальной температуре +(24–30) градусов. По совокупности всех принятых конструктивных и схемотехнических решений блоки АУ и УУ реально работают в диапазоне питающего напряжения — 1,2v. +/- 15 %. А это, в свою очередь, позволяет применить блок питания с двенадцатифазным преобразованием без стабилизации и даже без фильтрации.

Сохранился акт приемки первого этапа работ.

В заключение этой главы необходимо еще раз отметить, что мы справились в процессе разработки БЦВМ «Гном» со всеми тепловыми проблемами. Эти машины изготавливались в течение 30 лет, в том числе 25 лет серийным заводом с приемкой заказчика МО. «Гном-А» продолжает летать по России и всему миру, и практически без отказов в полетах.

### 2.3. Ждать или двигаться вперед

Наша твердая схема «всем хороша». Она и универсальная, и транзисторы работают в ключевых режимах, и технология их изготовления уже отработана на серийных заводах ГКЭТ, но допустимый диапазон рабочих температур минус 60 плюс 40 градусов по Цельсию не соответствует требованиям к самолетной аппаратуре. А так хотелось бы разработать на таких элементах, ну, например, бортовую вычислительную машину!

К этому времени разработчики РЭК осознали, что комплексирование современных РЭ комплексов может быть выполнено только на базе ЭВМ. Единственная транзисторная бортовая ЦВМ «Пламя» передана в серийное производство в 1960 году. Эта машина имела вес 330 кг и потребляла мощность 2 000 ватт! Она уже была применена в противолодочном РЭК «Беркут». Таким образом, в институте есть потребность в бортовых вычислительных машинах, а мы имеем возможность разработать самую совершенную БЦВМ на разработанной нами же твердой схеме. Это будет ЭВМ нового поколения! Правда, однако, она пока не соответствует требованиям к бортовой самолетной аппаратуре по рабочей температуре. Лева Реймеров, автор изобретения ТС, утверждал, что рабочий диапазон температур до +70 градусов может быть получен путем замены слоистого (диффузного) резистора в коллекторной нагрузке ТС, образуемого дополнительным слоем N-типа на объемный резистор. Для этого надо формировать структуру твердой схемы на тонкой пластине германия или на диффузном слое P-типа на исходной пластине германия P-типа или отказаться от пластины германия P-типа, но для этого надо в отделе 570 создать лабораторию физики полупроводников с экспериментальным участком с полным технологическим циклом изготовления транзисторов П403.

Ну так что же делать? Приведу мои соображения. Начинать разработку НИОКР БЦВМ с первых дней рождения твердой схемы, пока еще непригодной для применения в самолетной аппаратуре, не дожидаясь выполнения по ней НИОКР, или подождать, пока эта ТС («элемент Реймерова») пройдет на каком-нибудь предприятии ГКЭТ все этапы доработки по параметрам и выполнения по ней ОКР, государственные испытания и подготовку ее серийного производ-

ства? Первый вариант очень рискованный. Начать НИОКР можно, но удастся ли ее закончить? В этом варианте неизбежно надо брать на себя доработку твердой схемы по температуре, что потребует замены диффузионного сопротивления нагрузки, формируемого четвертым (дополнительным) P-N-переходом на объемное сопротивление. Либо с формированием структуры твердой схемы с резистором в тонком диффузионном слое P-типа, либо для получения возможности сформировать требуемое сопротивление коллекторной нагрузки без дополнительного P-N-перехода. Проблемным может быть вопрос с организацией серийного производства ТС для опытных и серийных образцов БЦВМ.

Во втором варианте «ждать» пришлось бы три-четыре года?! Но в 1964 году наша ТС была бы уже не единственной твердой схемой (элементом), функционально пригодной для построения ЭВМ, а, возможно, появились бы в СССР и другие «твердые схемы» и, возможно, на кремнии. При этом не нашлось бы ни одного предприятия в стране, готового принять такие элементы для своих новых разработок. Мы бы тоже не обратили на эти «твердые схемы» ни какого внимания. К шестьдесят четвертому — пятому году будут уже разработаны более совершенные кремниевые «твердые схемы» (интегральные микросхемы). Я готов был принять решение начать разработку бортовой вычислительной машины (БЦВМ «Гном») параллельно (одновременно) с отработкой параметров и конструкции твердой схемы и организации серийного выпуска этих твердых схем. То есть мы, как будущие разработчики бортовой ЦВМ, решили пойти по первому варианту. Такое решение было обусловлено главным образом желанием первыми в СССР, а может быть и в мире, создать бортовую ЭВМ на твердых схемах-элементах нового поколения. Но рассчитывать на получение ТЗ на НИР и ОКР можно было только в том случае, если кто-нибудь из главных конструкторов РЭК, находящихся на начальной стадии разработки, возьмет нашу будущую ЭВМ в свой комплекс. В НИИ-131 (а/я-233) таких потенциальных заказчиков было два: РЭК для фронтовой авиации и РЭК для военно-транспортной авиации. Но важнейшим требованием к машине был срок передачи ЭВМ на государственные испытания и в эксплуатацию не позднее 1966 года. Но какой главный конструктор самолетного РЭ комплекса решится принять в свой комплекс еще

не существующую машину на не существующих элементах (твердых схемах), да еще берется за разработку этой бортовой ЭВМ, да еще с одновременной разработкой полупроводниковых элементов (твердых схем) для этой машины, группа молодых специалистов?! Но выбора у них, по существу, не было. Альтернативой была машина «Пламя». Активно поддержал нашу разработку ТС и БЦВМ главный конструктор РЭК «Купол» Владимир Леонидович Коблов. Владимир Леонидович не только принял БЦВМ «Гном» в ПНПК «Купол», но и активно помогал в решении проблемных вопросов в процессе НИОКР, работая впоследствии заместителем министра радиопромышленности и первым заместителем председателя ВПК при СМ СССР. Так, первый полет самолета Ан-22 планировался на начало 1965 года, а передача самолета в эксплуатацию — на 1969 год. Так, НИР и ОКР БЦВМ требует пять лет плюс год-полтора на неизбежную для нас подготовку к НИОКР. К 1962 году этот этап уже пройден. До начала разработки надо было определиться с архитектурой ЭВМ, построить математическую модель ЭВМ на ЭВМ «Урал-2», выполнить пробное программирование на этой модели и выбрать оптимальную систему команд для наших задач. Кроме того, определиться с требованиями к разрядности, быстродействию и объему памяти. Все эти работы проводились с большим энтузиазмом. Физики через своих друзей-однокурсников доставали на «Светлане» необходимую конструкторскую документацию на технологическое оборудование и при поддержке главного инженера института Вениамина Ивановича Смирнова в течение полугода изготовили и установили его в специально выделенном и красиво отремонтированном помещении (80 кв. м), и уже в начале 1961 года начали изготавливать полупроводниковые структуры твердых схем. А разработчикам РЭА тоже надо было время для перехода от радиолокационной тематики к вычислительной технике, к работе с логическими элементами. Никогда никто из нас не разрабатывал ЭВМ. Эти первые полтора года прошли достаточно эффективно. Разобрались и выбрали архитектуру машины (фон Нейман), разработали эскизные чертежи всех элементов конструкции БЦВМ, согласовали технические требования к БЦВМ с главными конструкторами РЭ комплексов, разрабатываемых в НИИ-131 (а/я-233).

Я поверил Леве Реймерову, что все проблемы твердых схем и, возможно, будущие проблемы будут решены при наличии у нас собственного экспериментально-производственного участка твердых схем. Вениамин Иванович поверил мне, что мы способны выполнить разработку машины с отработкой твердой схемы. Вопросы организации выпуска ТС в институте взял на себя главный инженер института В.И. Смирнов и мастерски с этой задачей справился. Главный конструктор пилотажно-навигационного прицельного комплекса (ПНПК) Владимир Леонидович Коблов поверил отделу 570 и, учитывая поддержку этих работ главным инженером института, Владимир Леонидович принял будущую машину в РЭК ПНПК «Купол» для самолетов Ан-22 и Ил-76 в 1961 году. То есть за год до начала НИОКР по предполагаемой разработке БЦВМ он начал разработку ПО для ПНПК «Купол» на математической модели БЦВМ. Таким образом, все три основные составляющие вычислительного комплекса (КП-1) ПНПК «Купол»: элементная база (твердые схемы), БЦВМ «Гном» с УВВ ПНК и разработка программного обеспечения (ПО) — проводились параллельно и одновременно до уровня опытных образцов шесть лет! В целом это был рискованный проект, но, как говорится, «игра стоит свеч». Ведь при классической разработке в соответствии с нормативной документацией комплектующий элемент должен пройти ОКР и государственные испытания с рекомендацией применения — это 4–5 лет, машина также должна пройти ОКР и государственные испытания — это еще 6 лет. Разработка собственного ПО для опытных образцов требует тоже 6 лет. Нетрудно посчитать, когда бы попали на самолет Ан-22 опытные образцы вычислительного комплекса КП-1 ПНПК «Купол» «нового поколения». В лучшем случае это был бы 1978 год, а самолеты Ан-22 перестали выпускать в 1975 году. Владимир Леонидович мог бы и не рисковать с «Гномом», а установить уже готовую машину, правда, к началу разработки ПНПК «Купол» в СССР была только одна серийная самолетная БЦВМ «Пламя», огромная по габаритам и весу и низкой надежности.

Итак, мы приняли рискованный вариант разработки БЦВМ в РЭК с надеждой на успешное выполнение нашими молодыми специалистами-физиками доработки параметров твердых схем в приемлемые сроки. С надеждой на кого?

Как говорится: «На бога надейся, а сам не плошай». У меня, главного конструктора БЦВМ, не было права сказать: «А мне Лева Реймеров обещал...». Необходимо было найти технические решения для преодоления возникающих проблем, но ни при каких обстоятельствах не останавливать разработку ПО, как наиболее трудоемкую часть работ при создании ПНПК «Купол». Не снижать темпов разработки ПО-комплекса и разработку конструкторской документации на БЦВМ.

### **Вспоминает Л. Кранкина**



Людмила Энтовна  
Кранкина

*Группа специалистов, которым были поручены задачи ПНПК «Купол», была в большом затруднении, так как предыдущие попытки создать аналогичные программы, например на машине «Пламя», были беспомощны. К тому же предстояло изучить навигационные и тактические задачи, освоить специфику работы штурмана. В развитых странах, например в США, эта задача не возлагается на разработчика технических средств. Максимум, что требуется, — это поставить вместе с вычислительным комплексом тесты и пакет стандартных программ. Однако наши заказчики в те годы не имели ни малейшего представления о цифровой вычислительной технике вообще и о программировании в частности.*

*Надо учесть, что весьма скромные возможности БЭВМ «Гном» вынуждали программировать в кодах и производить вычисления с фиксированной запятой. Применение в качестве исходной информации географических координат требовало производить вычисления с двойной разрядной сеткой (одна угловая минута соответствует 1,852 км, а заданные погрешности порядка 100 м).*

*Программирование начали с тестов и библиотеки стандартных программ. Попутно изучали поставленные задачи. Попытки сделать алгоритм типа «Дерево» заводили в тупик. Выход нашел математик Владимир Бунаков. Он предложил стройную систему разделения вычислительных и логических функций. Описывались условия, при которых необходимо производить определенные вычисления. Эти условия записывались в формулах булевой алгебры, а результаты решения заносились в таблицу, включающую необходимые вычисления. Такая система позволила распределить силы. Тесты и стандартные программы, в особенности с удвоенной точностью, делали квалифицированные математики, а вы-*

*числительные блоки, в соответствии с алгоритмами, программировали техники. Условие включения вычислений вначале описывалось словесно, а затем переводилось на язык булевой алгебры. При программировании экономили каждую команду. В качестве примера приведу один случай. Уже после принятия системы на вооружение один штурман проложил маршрут через полюс, взяв широту пункта маршрута 90 град. При этом возникла неопределенность, которую мы не предусмотрели. Исправить дело оказалось невозможно, так как в двойных тригонометрических программах не вставить ни одной команды. Пришлось ввести в инструкцию ограничение — сместить пункт маршрута на две угловых минуты от полюса.*

К началу НИР «Гном» (1962–1963), в связи с принятием решения о передаче предполагаемого изготовления ТС («2НЕ-ИЛИ») с завода-изготовителя БЦВМ (ГКЭР) на завод полупроводниковых приборов (ГКЭТ) в Риге, мы конструктивно оформили ТС в виде таблетки. Разработали и изготовили для Рижского завода полный комплект оснастки, достаточный для выпуска десятков тысяч ТС в месяц. Через десять лет мы передали в Ригу изготовление модулей «Квант», которые еще более 20 лет выпускались серийно с военной приемкой (ВП) МО.

В конце 1961 года оформили ТЗ на НИР «Разработка бортовой цифровой вычислительной машины на германиевых твердых схемах для самолетных РЭК» — шифр «Гном». Сроки выполнения: январь 1962 — декабрь 1963 г. ТЗ согласовали: главный конструктор РЭК «Купол» В. Л. Коблов, главный конструктор РЭК «Пума» Е. А. Зазорин, командир в/ч 966-6 Н. И. Григорьев, ТЗ утвердили: начальник 17 ГУ ГКЭР М. С. Гоцеридзе и командир 5-го главного управления Министерства обороны (ГУ МО).

В 1961 году, к началу работ по НИР «Гном», я принимаю решение, что все дальнейшие работы по созданию БЦВМ нужно проводить из условия применения твердых схем со слоистым (диффузным) резистором в коллекторе. То есть мы должны разработать бортовую ЭВМ, работающую в диапазоне внешней температуры плюс/минус 60 градусов по Цельсию и использующую элементы, сохраняющие работоспособность в диапазоне температур +40 — -60 градусов. На этом этапе разработки БЦВМ такое решение станет основным. Конструктивное решение, обеспечивающее работоспособность операционного блока машины в диапазоне температур окружающего

воздуха плюс/минус 60 градусов, при использовании элементов, работающих только до плюс 40 градусов, было предложено группой теплофизических исследований. Группой в составе: инженер — золотые руки Виктор Исаков, старший инженер-химик, профессионал Арвид Владимирович Потрекий и молодой специалист, инженер Игорь Михайлов, возглавляемой Владимиром Львовичем Фрайштадтом. Эта группа была создана одновременно с проведением тепловых испытаний узлов на первых твердых схемах, в первой партии на заводе «Светлана».

Еще раз скажу, что это решение позволило начать разработку ПО ПНПК «Купол» с первых дней (месяцев, а не лет) после изобретения твердой схемы. Да, это подстраховочная конструкция машины, и я верил нашим физикам, что проблема теплоустойчивости нашей твердой схемы будет решена на этапе НИР. Но даже если предельная рабочая температура останется плюс 40 градусов, мы создадим машину, работающую в диапазоне температур плюс/минус 60 градусов.

К четвертому кварталу 1965 года проблемы с серийным выпуском элементной базы на серийном заводе в Риге, а также температурные проблемы в «Гном-1» были решены. Теперь на первое место вышли проблемы разработки блоков запоминающих устройств ОЗУ и ПЗУ. Разработка запоминающих устройств в отделе № 570 по срокам была ориентирована на предполагаемые сроки разработки БЦВМ «Молния» на туннельных диодах (главный конструктор Б.С.Муш). Предполагалось, что эта разработка будет опережать разработку ЭВМ «Гном» на твердых схемах, и руководство разработкой запоминающих устройств ОЗУ и ПЗУ решено возложить на главного конструктора, начальника лаборатории № 572 Б.С.Муша. В короткие сроки был создан коллектив лаборатории, Борис Семенович пригласил на должность начальника лаборатории только что защитившего кандидатскую диссертацию А. Ф. Чивилева. Но ничего из планируемого хода работ по машине на туннельных диодах и запоминающим устройствам не получилось. Причиной такого положения была проблема работоспособности разработанного типового логического элемента. При принятом главным конструктором схемном и конструктивном решении по типовому логическому элементу на туннельных диодах невозможно было создать работоспо-



собное устройство (ЭВМ), но работы не были своевременно остановлены из-за желания Бориса Семеновича завершить и защитить диссертацию по этой машине. Естественно, что в такой ситуации у Б. С. Муша не было мотивации завершать разработку запоминающих устройств. Начальник лаборатории ЗУ А. Ф. Чивилев не имел опыта работы с коллективом разработчиков и никогда ранее не занимался разработкой РЭ устройств и легко приспособился к режиму застоя. Б. С. Муш скрывал от меня и Вениамина Ивановича действительное состояние дел со своей машиной на туннельных диодах, поэтому реальное состояние дел с устройствами ОЗУ и ПЗУ было для меня неожиданным. Через пять кварталов нам надо изготовить два опытных образца БЦВМ. Разработка запоминающих устройств вышла на критический путь. О конкретных принятых организационных решениях рассказано в воспоминаниях В. Я. Шнырина. Особенно сильно нам помог в разработке блоков памяти массовый переход специалистов (30 человек) из КБ-2 Ф. Г. Староса, в том числе лаборатории ПЗУ практически в полном составе.

### ***Вспоминает Владимир Шнырин***

*В начале четвертого квартала 1965 года «Гном» можно было состыковать с ОЗУ, но ОЗУ, которое можно было бы использовать для отладки программного обеспечения системного блока БЭВМ «Гном», в лаборатории ЗУ отдела № 570 не было. Нестандартное решение начальником отдела было найдено быстро. При поддержке главного инженера В. И. Смирнова Евгений Михайлович, чтобы обеспечить быстрое изготовление ЗУ в соответствии со специализацией (ОЗУ и ПЗУ), создал своим распоряжением по отделу в лаборатории Чивилева две группы «самостоятельного планирования». Руководителями групп были назначены старшие инженеры В. М. Иванов и О. С. Астратов. Первый приоритет по согласованию с программистами был отдан ОЗУ. В. М. Иванову было поручено практически заново разработать и заказать изготовление ОЗУ для штатного использования в составе БЭВМ «Гном». О. С. Астратову было поручено изучить и привезти в отдел действующий макет ОЗУ из Московского НИИ-100, проверить его на УКОНе и состыковать с макетом основного блока микроЭВМ «Гном», который настраивался в «большой комнате» отдела № 570 в «углу у Мары». Главный конструктор БЭВМ «на твердых схемах» Е. М. Ляхович умело подбирал преданных делу людей. В частности, за работы на комплексе отвечала Мара Афанасьевна Сонкина — грамотный системный инженер и при этом обаятельная, добрая, неконфликтная*



Мара Афанасьевна  
Сонкина

женщина. Евгений Михайлович, с одной стороны, всегда имел полную информацию о состоянии БЭВМ, а с другой стороны, мог смело принимать порой рискованные политические решения.

С созданием групп «самостоятельного планирования» начальник лаборатории ЗУ А. Ф. Чивилев был исключен из рабочего процесса, и к практической разработке БЭВМ «Гном» больше фактически не имел никакого отношения, формально оставаясь начальником. Он полностью отошел от дел в лаборатории ЗУ отдела 570 и искал новое место работы.

Получив право самостоятельно принимать технические решения, В. М. Иванов стал непосредственно работать в конструкторском отделе вместе с заместителем главного конструктора Ириной Васильевной Голубевой над новой конструкцией ОЗУ. Параллельно он руководил изготовлением плат электроники ОЗУ в пятом цехе.

Схемные решения плат считывания, записи и регенерации информации, а также дешифрации адресов и согласующих усилителей связи с элементом P12-2 были отработаны на неудачном варианте ОЗУ для БЭВМ на «паре Гото». Элементная база под требуемые габаритные размеры «Гнома» подобрана в техническом отделе организации с оригинальной прошивкой была заимствована из моего дипломного проекта. В целом ОЗУ для БЭВМ «Гном» обладало новизной, которая нашла отражение в моей с В. М. Ивановым статье [19].

Задача написать авторское свидетельство на ОЗУ перед авторами не ставилась и патентным поиском инженеры лаборатории ЗУ не занимались. Эта работа началась с появлением в отделе 570 инженера В. А. Паршинского, который имел опыт работы с патентами и авторскими свидетельствами. Иванов обособился, взаимодействовал только с Е. М. Ляховичем, и чем он занимался и в каком состоянии его дела, сотрудники лаборатории не знали. Все ждали, как справится с порученной начальником отдела миссией Олег Астратов. В лаборатории продолжались работы по стенду УКОНа, а также по перепрограммируе-



Владимир  
Михайлович Иванов



Олег Семёнович  
Астратов

тому ПЗУ или ОПЗУ, которым занимался талантливый инженер Валерий Георгиевич Ликарпенков.

В четвертом квартале 1965 года в лаборатории ЗУ появился действующий макет ОЗУ из Москвы и началась работа по стыковке его с УКОНОм. К сожалению, Олег Астратов неожиданно где-то заразился инфекционной болезнью и надолго оказался в «Боткинских бараках» в полном карантине. К проверке работоспособности и настройке Московского ОЗУ помимо меня были привлечены бескомпромиссный инженер Татьяна Ивановна Сытник и молодой специалист, марафонец Володя Шароватов. По необходимости подключался Юра Цепляев. В начале октября, когда мы изучали документацию, в лабораторию пришел главный конструктор БЭВМ «Гном» вместе с главным инженером. Традиционный вопрос начальства: «Как дела?» и традиционный ответ: «Нормально». Вопрос: «Когда начнете подключать ОЗУ к системному блоку?» и ответ: «Это вопрос к Астратову, когда он выйдет из больницы, потому что он один знает это ОЗУ, а планы и сроки еще с ним не согласовывались».



Ирина Николаевна  
Аверина



«Гном-1» в комплексе с «Московским макетом ОЗУ» в «углу у Мары»

Слева направо: Егоровский Валентин Фёдорович, Сонкина Мара Афанасьевна, Винарова Наталья Соломоновна, Ерлыкова Дина Петровна, Шароватов Владимир Тимофеевич, Николаева Валерия Фёдоровна, Шнырин Владимир Яковлевич, Лившиц Натан Лейбович

Евгений Михайлович о чем-то переговорил с Вениамином Ивановичем и поставил нам задачу, чтобы ОЗУ было готово через месяц. Так как неопределенность была высокая и предстояла напряженная работа, я робко спросил: «А будет ли за такую работу премия?» Главный инженер отреагировал мгновенно: «Вот вам троим срок 20 дней, и за каждый сэкономленный день каждому квартальная премия!» Мы, конечно, вдохновились, пошли в столовую, отметили начало, распределили обязанности и на следующий день работа закипела. 20 дней мы работали по 12 часов, несколько раз прозвонили весь монтаж, параллельно с изучением документации отработали все возможные версии неисправностей, но не успели все сделать в установленный срок. Главный инженер был опытный строитель коммунизма. Он знал, как ускорять работу.

Через месяц выписался из больницы Олег. Помимо версий, которые были нами уже просмотрены, он предложил по принципу «если не знаешь, что делать, делай что-нибудь» поменять местами стробирующие импульсы «считывания» информации из ОЗУ и «записи» информации в ОЗУ. Устройство сразу же заработало в полном объеме и прошло тестирование в самых тяжелых режимах «долбление» и «дождь». Его можно было нести на стыковку с основным блоком БЭВМ. Мы так увлеклись детальной отладкой и поиском возможных неисправностей, что не обратили внимания на то, что информация записывалась в ОЗУ по стробу «считывание», а считывалась по «импульсу разрешения записи». Общая картина работающего устройства при этом одинаковая, а результат, естественно, не верен. Все «сливки» с наших «достижений» достались Олегу Семеновичу. УКОН свою функцию выполнил, и я стал готовить его к работе с нашим штатным ОЗУ, образец которого Володя Иванов должен был принести в лабораторию ЗУ в третьем квартале 1966 года.

Вопросы по Московскому ОЗУ решались в «углу Мары» в «большой комнате» Олегом Астратовым и Диной Ерлыковой — одним из создателей этого ОЗУ, которую Олег переманил из столицы страны в областной город Ленинград. Иногда привлекали и меня. В «большой комнате» помимо Мары Афанасьевны работали основные идеологи и архитекторы БЭВМ «Гном», а также осуществлялось макетирование и настройка на стендах плат и отдельных узлов машины — счетчиков, сумматоров, АЛУ, УУ и пр. Мара царствовала в северном левом, дальнем от входа, углу комнаты. В третьем квартале 1966 года в лаборатории ЗУ появился опытный образец ОЗУ нашей разработки, сконструированный и изготовленный под руководством и при участии В. М. Иванова для БЭВМ «Гном». Блок поступил готовым к стыковке



Дина Петровна  
Ерлыкова

с основным функциональным блоком БЭВМ, и требовалось дополнительно согласовывать его с УКОНОм для настройки в статике и динамике.

Проверка ОЗУ в статических режимах показала, что по многим адресам в кубе есть проблемы. Этого следовало ожидать, так как в лаборатории ЗУ не было специального стенда для отбраковки ферритовых колец. Не записывались или не считывались отдельные разряды слов. Причем ошибки имели место в разных местах информационного поля адресов. Для динамического тестирования нужен был сплошной массив адресов, исправных в статических режимах. Времени на переделку ферритового куба не было, так как «Гном» должны были предъявлять заказчику. Положение казалось безвыходным. В этой ситуации я предложил Владимиру Михайловичу Иванову разделить наше ОЗУ на две части по объему — полностью хорошую часть и часть с дефектными адресами. Как часто бывает, автору идеи было предложено доказать, что это возможно с реализацией в приемлемое время. Оказалось, что с помощью переделки дешифратора можно собрать все дефектные адреса в половину общего поля адресов. В. М. Иванов доложил Е. М. Ляховичу, что первый образец ОЗУ будет готов в срок, но только в половинном объеме, начиная с первого адреса, и получил согласие на реализацию моей идеи. Мне выделили в 5-м цехе высококвалифицированную монтажницу Галю, с которой мы через две недели добились, что в половине адресов ОЗУ прошел на УКОНе самый тяжелый тест «дождь». Осталось закрепить результат, покрыв лаком платы, в которых вносились изменения. Однако монтажнице потребовалось разрешение начальника цеха. Которому, соответственно, потребовалось разрешение главного конструктора. Пришлось ждать его возвращения из командировки и терять время.

«В углу у Мары» начал работать наш первый блок ОЗУ Иванова, так как московский макет ОЗУ свою функцию выполнил и стал не нужен. Кроме того, у Мары Афанасьевны появились помощники — системные инженеры Толя Ильченко и Володя Зребный, которые настраивали следующий образец БЭВМ «Гном», который требовалось обеспечивать новыми блоками.

В третьем квартале начались стендовые испытания первого образца БЭВМ «ГНОМ». Проводил испытания инженер Анатолий Лившиц. «ГНОМ» с этим ОЗУ поместили в термостат где он работал непрерывно несколько суток.

ОЗУ показало себя хорошо, так что УКОН не потребовался.

В лабораторию ЗУ по распределению после окончания института влилась когорта молодых специалистов (Гена Сушко, Иван Андреев, Александр Верхолат, Саша Суслов, Борис Страхов, Гена Петров, Надежда Васильева, Нина Мощеникова,



Натан Лейбович  
Лившиц



Зоя Давидовна  
Никифорова



Борис Николаевич  
Кондратенко

математик Киреев). Система обязательного распределения выпускников вузов страны работала исправно. Летом 1966 года в отдел 570 перешла большая группа специалистов — разработчиков микроЭВМ в настольном исполнении для народного хозяйства УМ-1НХ от «чехов» из КБ-2 Староса и Берга. В результате в отделе Ляховича появилось самостоятельное полноценное подразделение разработчиков ПЗУ (Ия Смеловская, Нина Беляева, Лина Малаховская, Зоя Никифорова, Нина Кириенко, Тамара Тучкова, Наталья Винарова) во главе с Борисом Кондратенко. Коллективы лабораторий ОЗУ и ПЗУ, созданные на базе «групп самостоятельного планирования» и подкрепленные молодыми специалистами, успешно справились с разработкой устройств оперативной и программной памяти БЦВМ «Гном» и решением возникавших проблем при отработке ПО ПНПК «Купол».

#### Никифоровой З. Д.

Сделать «Гном» старались мы. И Зоя.  
ПЗУ — предмет ее забот.  
Если отказало, мигом вскроет,  
Неисправность в пять минут найдет.  
Да еще пошутит между делом,  
Вспомнит к месту новый анекдот.  
Зоя рассмешить всегда умела.  
Что ж, способность эта ей идет!  
И твою мы ценим, Зоя, шутку,  
Острый жизнерадостный сарказм.  
Ты у нас — веселая минутка,  
Спорщиков мирившая не раз.  
С юмором, упорством и трудом  
Мы добились, что летает «Гном»!

В. Пузыревская



## 2.4. «Гном 1-66» на серийном заводе

Ниже представлены отдельные материалы по конструкции машины и блоков, по контрольно-проверочной аппаратуре для серийного производства и эксплуатации, некоторые истории решения возникавших проблем и воспоминания сотрудников.

При выборе конструкции для опытных и серийных образцов БЦВМ «Гном» мы исходили из глубокого убеждения о необходимости создать максимально возможные комфортные условия работы всех комплектующих элементов машины. Работа комплектующих элементов при крайних значениях температуры, повышенной влажности, быстрых изменениях температуры, тяжелых режимов работы существенно повышает риски отказов элементов и машины в целом. Практически все элементы БЦВМ «Гном» размещены в прочном литом герметичном корпусе с внутренней теплоизоляцией. Внутреннее тепло отводится по теплосток с фреоном к коллектору с радиатором на внешней стороне корпуса. Корпуса модификаций машины («Гном-100», «Гном-1» и «Гном-А») выполнены по одному «моему стандарту». В конструкторском отделе я постоянно взаимодействовал с И. В. Голубевой.



Ираида Васильевна  
Голубева

### **Вспоминает И. Кириллов**

*Это было в 1965 году. Я работал старшим инженером в лаборатории Пелипенко. Первый образец ЭВМ «Гном-1» был собран в конце 1965 года. В 1965 году работу цифровой части «Гнома» показывали заказчикам по тестам. По тестовой программе устройство работало непрерывно несколько суток. В этой машине уже были установлены новые конструкции плат со «страшно сложной» на то время двусторонней печатью. Разводка печати осуществлялась вручную на листах ватмана формата А1. Электрические связи зали-*



Игорь Николаевич  
Кириллов

*вались тушью, затем все фотографировалось и уменьшалось до размера печатной платы, затем травилось.*

Работа над БЭВМ шла по всем направлениям: разработка блоков памяти, разработка средств контроля для серийного производства твердых схем, модулей, машины и КПА для эксплуатации. Разрабатывались ПО ПНПК «Купол» и необходимые УВВ для вычислительного комплекса КП-1. В 1966 году изготовили два образца «Гном-



Рис. 2.4.1. Вид в сборе



Рис. 2.4.2. Вид на панель с внешним интерфейсом

1-66» первые работающие машины с собственным ОЗУ. «Гном-1-66» уже функционировал как полноценная ЭВМ.

Цифровая вычислительная машина «Гном-1-66» в контейнере (рис. 2.4.1) с габаритами 287 × 428 × 558 мм. Вес в сборе 45 кг. Потребляемая мощность 70 Вт. Конструкция БЭВМ обеспечивала возможность легкой замены входящих в нее блоков в условиях эксплуатации. В блоках АУ и УУ возможна замена групповых модулей без съема блока из контейнера. Подключение контрольно-поверочной аппаратуры (одиночный комплект) производилось без нарушения герметизации контейнера (рис. 2.4.2). Герметизация вместе с теплоотводящим устройством и мощной теплозащитой (внутренняя поверхность корпуса и крышек покрыта изнутри слоем пенопласта толщиной 10 мм) позволяет достигнуть эффективной защиты радиоэлементов и их соединений от комплексного влияния окружающей среды (высокая влажность



воздуха, его разреженность, запыленность, резкие и значительные колебания температуры от  $-60$  до  $+60$  градусов Цельсия), которое приводило к необратимым явлениям и отказам. В контейнере БЭВМ «Гном-1-66» (рис. 2.4.3) размещены АУ, УУ, ОЗУ, два блока ПЗУ, блоки питания БП-1 и БП-2, теплоотводящее устройство. К теплоотводящим поверхностям теплоотводящего устройства со стороны передней крышки крепился операционный блок БЭВМ — блоки АУ и УУ, собранные на групповых модулях (МГ). С противоположной стороны размещались блоки питания (рис. 2.4.4). Блоки ОЗУ и ПЗУ вдвигались в корпус по направляющим пазам двух текстолитовых панелей, закрепленных изнутри к верхней и нижней стенкам кон-

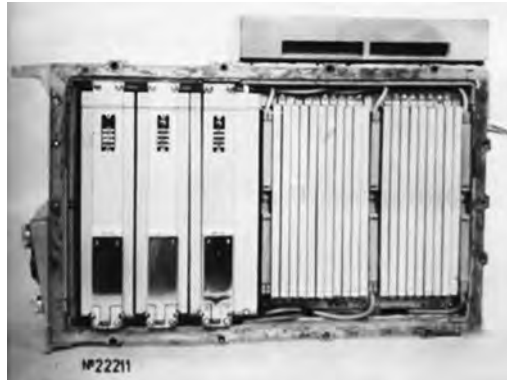


Рис. 2.4.3. Вид со снятой передней крышкой

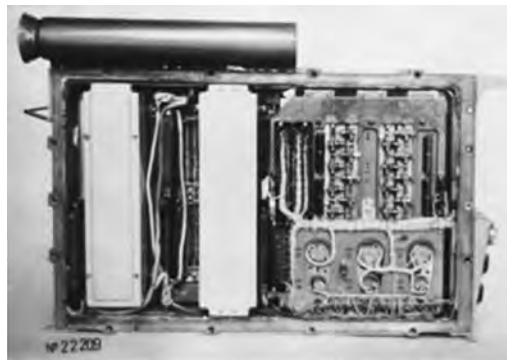


Рис. 2.4.4. Вид со снятой задней крышкой

тейнера. К задней поверхности этих панелей крепилась «холодная стенка» (рис. 2.4.4), которая обеспечивала съем тепла, выделяемого при работе ОЗУ и ПЗУ, и перенос его на теплоотводящее устройство, с которым «холодная стенка», для обеспечения надежного теплового и электрического контактов, соединялась винтами. На передней панели контейнера расположены штепсельные разъемы связи БЭВМ с внешними устройствами.

**Групповой модуль** — это функционально законченный узел типовой конструкции. Узел состоит из печатной платы (ПП) с размещенными на ней твердосхемными модулями «Квант-1» и «Квант-2» (рис. 2.4.5). Печатная плата (рис. 2.4.6) крепится на литой рамке, к которой для осуществления электрических связей с БЭВМ крепятся два плоских разъема РП-61. Они соединяются с платой объемными перемычками. Размеры ПП 240 × 110 мм, материал двусторонний

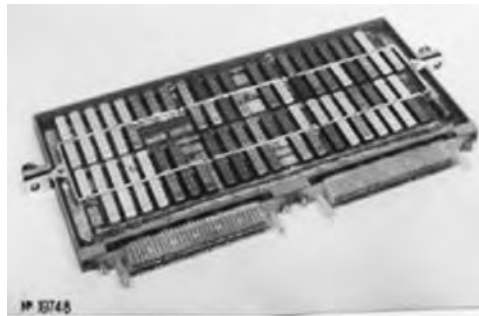


Рис. 2.4.5. Групповой модуль «Гном-1-66» «Квант» со стороны модулей

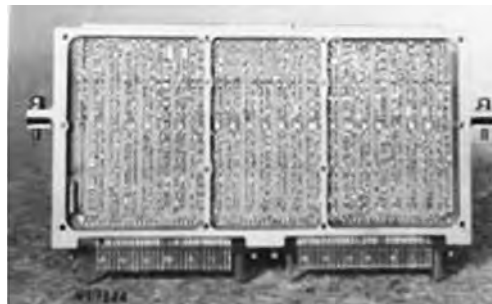


Рис. 2.4.6. Групповой модуль «Гном-1-66» со стороны монтажа

фольгированный стеклотекстолит СТ-2 толщиной 1 мм. ПП рассчитана на четырехстрочное расположение модулей по 23 шт. в строке. Модули в строке устанавливаются с зазором 3 мм. Промежуток между строками используется для прокладки по лицевой стороне шин питания (медная шина сечением  $2 \times 3$  мм) и «земли». По шинам осуществляется отвод тепла от ТС на медные теплостоки, которые закреплены на крепежных выступах рамки. ГМ вставляются в свои гнезда на корпусе блока. На печатной плате наряду с модулями установлен в цепи питания электролитический конденсатор. Удобство настройки и хорошая ремонтпригодность конструкции обусловлены легким съемом ГМ с помощью съемника или винтового домкрата и свободным доступом к любому модулю.

Настройку первых образцов узлов, блоков и машины в целом на Жигулевском заводе выполняли разработчики отдела 570 совместно с радиорегулировщиками завода.

Радиорегулировщики завода — все молодые специалисты, окончившие Курский радиотехнический институт и направленные в Жигулевск под заданный заводу выпуск бортовых вычислительных машин. Все они уже проходили двухмесячную стажировку и обучение в отделе 570. Каждый из них выбрал себе объект для будущей работы и уже на заводе быстро осваивал самостоятельную работу. При сдаче заказчику первой машины при испытаниях на морозоустойчивость — возникли проблемы. Требовалась замена одного или нескольких модулей «Квант». При этом эти модули сохраняли работоспособность и соответствовали своим техническим условиям (ТУ) при нормальной температуре.

Проблема осложнялась тем, что локализация «виновных в отказах» модулей должна была производиться при температуре минус 60 градусов. Уже из Ленинграда за этой БЭВМ прилетел самолет с В. Б. Наумовым, заместителем генерального директора завода «Новатор», хотя бы за одной машиной, а мы не можем получить положительных результатов. Мои сотрудники, и молодые заводские регулировщики работали круглосуточно. Планы заводов Жигулевского и Ленинградского «Новатора» оказались под угрозой срыва. Требовалось техническое решение. Я знал, что причиной такого положения является принятое мной ранее решение о применении в каждом комплекте машины групповых модулей разных групп. При этом, каждый групповой модуль собирается на одной группе модулей и соответственно на одной группе твердых схем. В этом случае обеспечивается работоспособность каждого МГ в диапазоне минус 60 — плюс 60 градусов. Проводимые

испытания на морозоустойчивость показали необходимость дополнительного смещения в цепях связи групповых модулей. Это тонкая регулировка, требующая дополнительных экспериментальных исследований по выбору номиналов резисторов для обеспечения оптимальных режимов работы твёрдых схем. На заводе ждут моего решения, что делать дальше. Директор дал указание охране не выпускать с завода ленинградцев, пока «Гном» не пройдет испытания на минус 60 градусов. Я принял решение по номиналам, опираясь на собственную практику работы с твердыми схемами еще в 1960–1961 годах. Извещение на коррекцию конструкторской документации я принес директору Г. Г. Ильину. Посмотрев извещение, директор ахнул: — дорабатываются все 20 групповых модулей.

Эти доработки по указанию главного конструктора не оспариваются, а выполняются, иначе изделие не работает по вине завода. На эту работу, естественно, требовалось много времени. а указание на задержку на заводе наших специалистов действовало. Я видел, что мои сотрудники устали от испытаний и от повышенного внимания начальства. Поэтому принимаю смелое решение: увести сотрудников на отдых. Благо, природа вокруг Жигулёвска такая, что восстанавливаешься быстро.

Мои сотрудники по одному вышли с завода нелегально через техническую проходную (дыру в заборе) и встретились в месте, которое я назначил. Мы собрались и пошли в лес, а природа там изумительно красива. Жигулевские горы. Был сентябрь, но на солнце было тепло. Мы выбрали пригорок, рядом с которым (недалеко) стояли ульи. Пчелы гудят, а мы улеглись и уснули, так как у всех был дефицит сна за предыдущие дни. Проснулись где-то часа через два-три, пообедали и к вечеру пришли на завод. Идет доработка. Работали даже ночью. На следующий день испытания прошли успешно. Проблема морозоустойчивости «Гнома 1-66» была решена.

### **Блоки БЭВМ «Гном-1-66»**

Арифметическое строитство — АУ и устройство управления — УУ. АУ и УУ составляют операционный блок БЭВМ.

Конструктивно АУ и УУ выполнены в виде одинаковых раздельных блоков-узлов. ГМ устанавливаются в корпус блока АУ или УУ и крепится двумя винтами. Установленные в блоках ответные части разъёмов образуют коммутационное поле блока — узла. Основное отличие между ними в количестве ГМ (в АУ девять, а в УУ одиннадцать). Кроме того, в отличие от АУ, где 3 внешних разъёма, в УУ имеется 5 внешних разъёмов и монтажная коммутационная плата с резисторами и диодами на 200 контактов, которая распаи-



Рис. 2.4.7. Блок АУ



Рис. 2.4.8. Блок УУ

вается при установке корпуса блока УУ в контейнер. Связь с остальными блоками осуществляется не через разъём, а через коммутационную плату. Решение отказаться от разъёмов в рабочих цепях продиктовано стремлением уменьшить габариты блока-узла и повысить надёжность межблочных соединений. Коммутационная плата является частью УУ и после его установки в контейнер крепится четырьмя винтами на «холодной стенке». Чтобы включить УУ в общую схему контейнера требуется концы жгута контейнера распаять на

соответствующих контактах коммутационной платы. В случае необходимости блок-узел УУ может быть снят со своего места и отнесён в сторону на длину кабеля — жгута длиной около 250 мм. Блок-узел АУ со схемой БЭВМ соединяется через разъём РП-61, вынесенный на кабеле. Каждый из корпусов АУ и УУ это литая алюминиевая рамка, к которой приварены две боковые стенки. Стенки связаны между собой планками, на которых не жёстко крепятся вилки разъёмов РП-61. Разъёмы скоммутированы между собой в соответствии с электрической схемой каждого блока-узла, образуя коммутационное поле, в которое с помощью розеток включаются групповые модули. На рамке блоков АУ и УУ размещены контрольные разъёмы. После установки блоков-узлов на свои места к разъёмам присоединяются ответные части, принадлежащие контейнеру.

**Постоянное запоминающее устройство — ПЗУ** в «Гном-1-66» содержит до 4 субблоков с ёмкостью по 4 096 слов в каждом. Для обращения к нужному субблоку в 14-разрядном адресе выделяются 12 младших разрядов, составляющих адрес одной из 4 096 ячеек, а выбор того или иного субблока коммутируется двумя старшими разрядами адреса.

ПЗУ представляет собой запоминающее устройство трансформаторного типа с линейной выборкой, с записью и хранением информации при помощи прошивки проводов возбуждения, с активной записью «нуля». В качестве запоминающей ячейки использован Е-образный сердечник из ферромагнитного материала 1500 НМЗ (ОЖО.707.118 ТУ), а в схемах управления и дешифрации адреса ПЗУ использованы транзисторы типа М4 и 2Т301 и полупроводниковые диоды типа 2Д503, 2Д509, 1Д507, Д9. Блок ПЗУ имел следующие характеристики: а) информационная ёмкость — 4096 18-разрядных слов; б) время обращения к ПЗУ в составе ЭВМ — 16 мксек, минимально допустимое время обращения — 10 мксек; в) номинальные значения напряжений питания — 6,3 В; +6,3 В) потребляемая мощность — не более 6 Вт.

Основной функциональный узел — ПЗУ-накопитель, который состоит из 144 элементов памяти и 144 предварительных усилителей. Элемент памяти предназначался для хранения одного разряда 512 чисел. Запись информации — биполярная. При записи «1» провод прокладывается в одно окно сердечника, при записи «0» — в другое

окно. Такая запись обеспечивает при считывании «1» сигнал положительной, а при считывании «0» сигнал отрицательной полярности. Кроме того, такая запись уравнивает индуктивную нагрузку на ключи при считывании чисел, содержащих большинство «1» или же большинство «0». Считывание осуществлялось с обмоток, намотанных на средние стержни сердечников. Число обмоток считывания — 100. Начала всех обмоток каждой числовой линейки соединены и подключены к соответствующему ключу числа, а концы подключены ко входам предварительных усилителей. ПЗУ относится к типу трехмерных ЗУ, поэтому 12-разрядный параллельный код адреса делится на три группы по 3, 4 и 5 разрядов, каждая из которых расшифровывается своим матричным дешифратором. Например, код адреса представлен числом 110010100111. Он делится на три группы 11001 — 0100 — 111. После дешифрации получаются выбранными три шины 25, 4 и 7. В месте пересечения трех сигналов выборки находится считываемое 18-разрядное число. Конструкция субблока ПЗУ в виде книжки показана на рисунке 2.4.9.



Рис. 2.4.9. Блок ПЗУ

На первом этапе отработки ПО комплекса «Купол» на самолете Ан-22 в Киеве проявилась неустойчивая работа ПЗУ, доставившая нам круглосуточную работу в течение нескольких дней. Срывались и не могли планироваться полеты.



Наталья Соломоновна  
Винарова-Березовская

С основным дефектом в ПЗУ справились за неделю, но это потребовало усилий всех специалистов лаборатории и для многих из них круглосуточной работы. Не шли программы и тесты, и В. Л. Коблов не мог добиться, когда можно ожидать окончания работ. Он позвонил мне в Ленинград и говорит: «Евгений Михайлович, приезжай срочно. И поговори на своем “птичьим” языке с инженерами, так как я ничего не могу от них добиться. Есть мнение, что не работает ПЗУ». В НИИРЭ на работе с ПЗУ осталась только одна Наталья Винарова, которая лучше других справлялась с некоторыми проблемами при настройке. Все прочие девушки из лаборатории ПЗУ (Нина Рубахина, Зоя Никифорова, начальник Борис Кондратенко) уже были в Киеве. Я решил ехать в Киев вместе с Натальей, но у нее оказалась температура 39 градусов. Это было уже вечером, надо завтра лететь. Надо — значит надо. Оформляем командировку, и с температурой она полетела в Киев. Сразу приехала на завод, села на стэнд, работала ночь и день. Я прилетаю на следующий день и узнаю, что она почти двое суток работала с ПЗУ без сна с температурой, что-то ела и пр. Это говорит об очень высокой ответственности тех, кто со мной работал. Могу отметить, что Наташа была более других продвинутой в отношении положительных результатов на работе.

**Оперативное запоминающее устройство ОЗУ** предназначено для приема, хранения и выдачи машинных слов для обмена ими с устройством управления БЭВМ. В ОЗУ хранятся промежуточные результаты вычислений и некоторые исходные данные, которые записываются в ОЗУ непосредственно оператором. ОЗУ типа 2D имеет следующие характеристики: а) информационная емкость — 512 — 18-разрядных слов; б) период обращения — 16 мксек; в) потребляемая мощность — 18 Вт. Диапазон рабочих температур составляет  $-30$  —  $+60$  гр. Цельсия; вес — 4 кг; габаритные размеры —  $202 \times 86 \times 282$  мм 3; для питания ОЗУ требуются следующие напряжения:  $-6,3$  В;  $+6,3$  В;  $-12,6$  В;  $+12,6$  В.



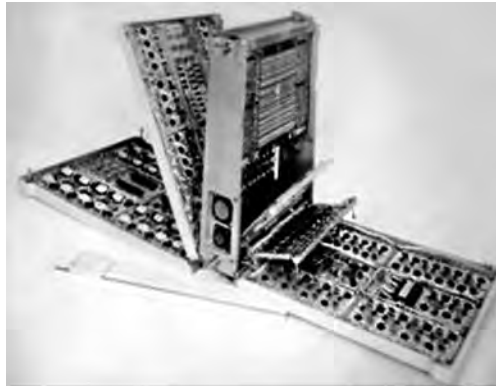


Рис. 2.4.10. Блок ОЗУ

ОЗУ состоит из: а) магнитного накопителя для хранения информации, который построен на ферритовых сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса, с линейной выборкой слова и двумя сердечниками на разряд; б) синхронизатора, где формируются импульсы (стробы), управляющие всей работой ОЗУ; в) дешифраторов на 4, 8 и 16 выходов, преобразующих код адреса в сигналы, управляющие формирователями и ключами; г) формирователей словарных (ФС), формирующих словарные токи считывания и записи заданной амплитуды и длительности; д) ключей (К), предназначенных для прохождения токов считывания и записи; е) усилителей записи (УЗ), формирующих двухполярные импульсы разрядного тока записи в зависимости от информации, поступающей из регистра выхода УУ; ж) усилителей воспроизведения (УВ), предназначенных для усиления считанных с магнитного накопителя импульсных сигналов «1». ОЗУ связывается с УУ через регистр выхода УУ (РВУ) по сигналу запроса ОЗУ.

### ***Вспоминает В. Шнырин***

*Помимо работы с УКОНОм, я был включен в группу разработчиков ОЗУ под руководством В. М. Иванова. Он мне поручил разработку формирователя записи информации, и я занимался его макетированием и изучением поведения петли гистерезиса ферритовых колец в режимах записи и регенерации информации.*

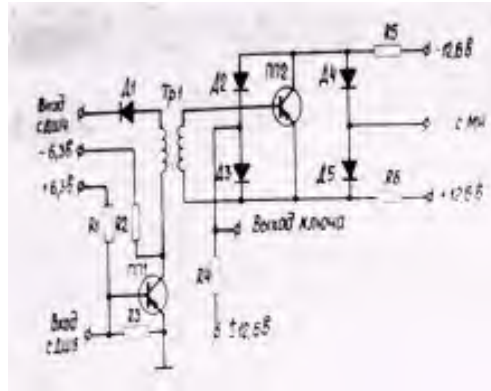


Рис. 2.4.11. Принципиальная схема ключа ОЗУ

С Володей Ивановым работать было интересно. Он, помимо того что получил хороший опыт разработчика, работая в НИТИ-18, был человеком творческим. Иванов не пользовался, как многие инженеры и наш начальник, воспроизводством готовых результатов из специальных журналов, а искал свое, новое решение. Он придумал оригинальную мостовую схему записи и регенерации данных в ОЗУ, используя взаимозаменяемость коллекторного и эмиттерного переходов транзистора, и мы макетировали различные варианты этой идеи. Ключи (рис. 2.4.11) предназначены для пропускания двухполярных импульсов тока: положительного импульса считывания и отрицательного импульса записи. Запускаются ключи от диодно-трансформаторного дешифратора. Конструктивно все 32 ключа выполнены совместно с трансформаторами и диодами дешифратора. Отрицательный потенциал с ДШ8 открывает транзистор ПП1. Поступающие с ДШ4 два импульса проходят через открытый транзистор. На вторичной обмотке Tr1 формируются два отрицательных импульса, которые открывают ПП2. Двухполярный импульс с МН (магнитного накопителя) поступает на ключ. Положительный импульс считывания проходит по цепи: диод D5, эмиттер ПП2, коллектор ПП2, диод D2 и через резистор R4 (1 Ом) к общей точке источников напряжения — 12,6 В и +12,6 В. Отрицательный импульс записи проходит по цепи: диод D4, коллектор ПП2, эмиттер ПП2, диод D3 и через резистор R4 к общей точке. На этом резисторе производится контроль выходных параметров словарного формирователя: ток и время считывания и записи.

Конструкция оперативного запоминающего устройства БЭВМ «Гном-1-66» в виде раскрытой книжки представлена на рисунке 2.4.10.

## Контроль работы машины

Контроль работы ЭВМ позволяет оператору судить об исправности и работоспособности машины и отдельных ее узлов на различных стадиях эксплуатации. На каждой стадии используются средства контроля, отвечающие требованиям этой стадии.

1. Во время регламентных работ и ремонта имеется возможность применять средства контроля машины в полном объеме. При этом определяется область устойчивой работы ЭВМ, создаются граничные режимы работы, определяется неисправный блок машины и при контроле работы этого блока определяется неисправный элемент.
2. При предполетной проверке контроль осуществляется централизованно в составе вычислительного комплекса в режиме автоконтроля. В этом случае время контроля ограничено, исключается возможность использования специальной контрольно-поверочной аппаратуры (КПА), определяется неисправный сменный блок и информация о неисправности выводится оператору.
3. Во время решения рабочих задач необходимо проверять ЭВМ, не увеличивая время цикла решения, а также корректировать работу машины, если произошел сбой.

В БЭВМ «Гном-1-66» (рис. 2.4.12) имелись следующие средства контроля: а) аппаратный контроль; б) программный контроль; в) контроль с помощью КПА.

Аппаратный контроль позволяет автоматически корректировать работу ЭВМ в случае возникновения сбоев. Цель коррекции — не допустить искажения информации в ОЗУ и регистрах, хранящих информацию управления ходом программы, и заключается либо в повторном обращении за информацией к ПЗУ, если выбранная информация ошибочна, либо в прерывании выполнения программы, если зафиксировано недопустимое значение напряжения бортовой сети или недопустимый уровень электромагнитных помех, либо в останове БЭВМ по сигналу оператора. Программный контроль является средством, с помощью которого производится проверка работы и обнаружение места неисправностей путем выполнения

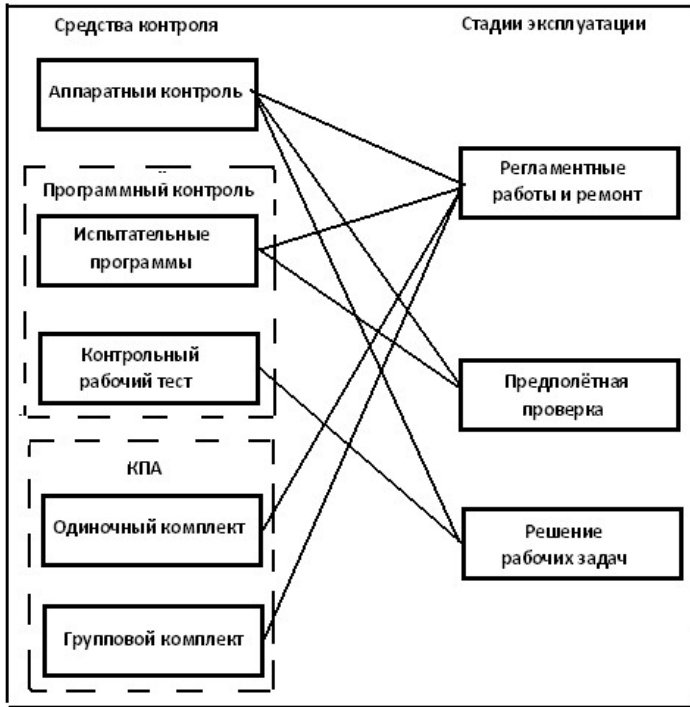


Рис. 2.4.12. Использование средств контроля на различных стадиях эксплуатации

специальных испытательных программ. Испытательные программы представляют собой набор контрольных примеров, результат решения которых позволяет определить наличие неисправности и место ее возникновения. В БЭВМ «Гном-1-66» программный контроль реализован с помощью двух типов программ.

А. Испытательные диагностические программы осуществляют: частичную и полную проверку УУ, проверку АУ, ПЗУ и ОЗУ.

Б. Контрольный тест. Основное средство контроля — испытательная программа, так как с ее помощью работа машины проверяется наиболее полно. При предполетной проверке испытательные программы выполняются без останова. При этом место неисправности выявляется с точностью до сменного блока. Так как во время регламентных работ нет жестких ограничений на время проверки, поэтому при появлении первого же сбоя машина может быть оста-

новлена. Это обстоятельство дает возможность зафиксировать состояние регистров БЭВМ в момент возникновения неисправности. Информация о прохождении испытательных программ выводится на пультах контрольно-проверочной аппаратуры одиночного комплекта. Контрольный тест представляет собой программу решения контрольного примера, подобранного таким образом, что проверяется в каждом цикле выполнения программы. При этом проверяется выполнение большинства команд БЭВМ. Тест размещен в ПЗУ. Время прохождения теста 5 мсек, поэтому производительность БЭВМ практически не снижается.

Систему тестов «Гнома» разрабатывала Валентина Ивановская. Машина тестировалась, когда перенастраивалась. И в основном исправное состояние машины определялось по характерному миганию лампочек на пульте управления.



Валентина Борисовна  
Ивановская

### **Вспоминает Н. Л. Лившиц**

*При настройке демонстрационных макетов на микросхемах, полученных со «Светланы», в которых микросхемы будущих модулей «Квант» соединялись между собой проводами «навесным монтажом», мне пришлось столкнуться с таким фактом: подключаем питание к плате, на которой наклеено несколько микросхем и видим на осциллографе, что, первая, вторая, третья микросхема подряд — работают, а начиная с шестой «воздушдаются». Микросхемы тогда просто приклеивались последовательно на гетинаксовую плату. Одна молодая девушка — техник столкнулась с такой ситуацией и не могла справиться: сидит и плачет. Я посмотрел. Действительно, есть проблема — надо разбираться. Поговорил с Евгением*



Натан Лейбович  
Лившиц

*Михайловичем и он практически сразу предложил решение. Сделали утолщенную шину «земля» и проблема исчезла. Хорошие земляные шины на платах с модулями «Квант» принципиально важны. Я принимал участие и в разработке алгоритмов проверки таких плат групповых модулей уже в составе АУ и УУ первых образцов машины. Платы большие, элементов*

*много, до 90 штук. Написать программу проверки, где там что-то не работало было сложно, и я предложил такую идею: «берем плату, которую контролируем, и берем работающую плату». Сделали переходник с тремя разъёмами. Общий разъём подключаем к машине. Параллельно подключаем проверенную и проверяемую платы к своим разъёмам. Потом проводим проверку с помощью «щупа» этапами, подбирая разные тестовые коды с пульта управления машиной до тех пор, пока не появится где-нибудь «застревание». Поиск неисправностей на платах «Гнома» при ручной настройке щупом напоминает «подсчет ножек передвигающейся сороконожки». Так как мы знаем путь к неисправности, то быстро устанавливаем где «дефект». Я рассказал Главному конструктору алгоритм, работая по которому существенно облегчится ремонт и проверка плат. Получил одобрение и мы стали так проверять платы.*



Анна Викторовна  
Бабич

Машину недостаточно собрать, настроить и реализовать в системе какого-либо главного конструктора. Ее надо эксплуатировать и обеспечивать «покупателю» выполнение гарантийных обязательств. Для того чтобы справиться с этой проблемой, надо было конструировать стенды для контроля параметров от модулей до узлов, алгоритмы работы которых разрабатывала Аня Бабич. В 1967 году мы открыли специальный ОКР «Контроль» по разработке стендов. Всей разработкой идеологии КПА (контрольно-проверочной аппаратуры) занимался В. Кукушкин.



Игорь Николаевич  
Кириллов

При помощи КПА производится выдача оператору информации о результатах программного и аппаратного контроля БЭВМ и ее отдельных блоков, а также обеспечивается возможность управления проверочными режимами. КПА БЭВМ «Гном-1-66» образует одиночный и групповой комплекты. В одиночный комплект входят пульты для контроля БЭВМ в целом и для обнаружения неисправного сменного блока. Назначением группового комплекта является проверка отдельных блоков БЭВМ и обнаружение неисправного элемента в блоке.

В состав одиночного комплекта входят: а) пульт комплексной проверки (ПКП), б) пульт контроля и управления (ПКУ), в) пульт регулировки напряжения (ПРН).

В комплексной лаборатории отвечал за разработку контрольно-проверочной аппаратуры (КПА) всей машины надежный, опытный инженер Игорь Кириллов.

### **Одиночный комплект специальной КПА ЭВМ «Гном-1-66»**

**Пульт ПКП** предназначен для оперативной комплексной проверки работоспособности БЭВМ, проверки связей БЭВМ — УВВ, БЭВМ — МР (магнитный регистратор), БЭВМ — БПВ (блок программ внешний). ПКП содержит счетчики для накопления статистических данных о сбоях БЭВМ, тумблеры, кнопки и переключатели, позволяющие осуществить: включение, пуск, сброс БЭВМ, установку контрольных режимов работы, контроль сетевого напряжения и напряжения питания, включение и выключение обогревателей (рис. 2.4.13). С ПКП можно производить выполнение отдельных команд. На индикацию ПКП выведено содержимое основных регистров БЭВМ, сигналов неисправностей блоков и состояние счетчиков сбоев БЭВМ.

**Пульт ПКУ** предназначен для контроля работоспособности БЭВМ и обнаружения неисправности с точностью до сменного группового модуля. ПКУ позволяет произвести автономную настройку УУ и АУ, общую отладку БЭВМ, ручное управление, установку различных режимов и отдельных устройств (рис. 2.4.14). С панели управления может быть произведено включение, пуск, останов, сброс БЭВМ и отдельных устройств, занесение информации в основные регистры, выполнение команд, формирование некоторых



Рис. 2.4.13. Пульт комплексной проверки (ПКП)



Рис. 2.4.14. Пульт контроля и управления (ПКУ)



2.4.15. Пульты выполнены в виде переносных чемоданов

режимов работы БЭВМ. В ПКУ осуществлен параллельный вывод на индикацию содержимого основных регистров и отдельных триггеров, а также триггеров тактирующих автоматов.

**Пульт ПРН** предназначен для плавного изменения трехфазного напряжения питания 200 В, 400 Гц при проверках работоспособности БЭВМ (рис. 2.4.15). На лицевой панели ПРН установлен стрелочный прибор, позволяющий измерять входные и выходные напряжения.

Пульты выполнены в виде переносных чемоданов.

Эти три пульта вместе образуют одиночный комплект КПА.

### **Групповой комплект специальной КПА ЭВМ «Гном-1-66»**

В состав КПА БЭВМ «Гном-1-66» входит еще групповой комплект. В состав группового комплекта специальной КПА входят: а) устройство контроля групповых модулей (УКМГ), б) устройство контроля ОЗУ (УКОЗУ), в) устройство контроля ПЗУ (УКПЗУ), г) пульт профилактического контроля (ППК), д) пульт преобразования напряжения (ППН), е) осциллограф четырехлучевой С1-17.

### **УКГМ**

Примерно в это время (1965–1966 г.) к нам в отдел перешли на работу из КБ-2 Ф.Г. Староса ведущие разработчики миниЭВМ



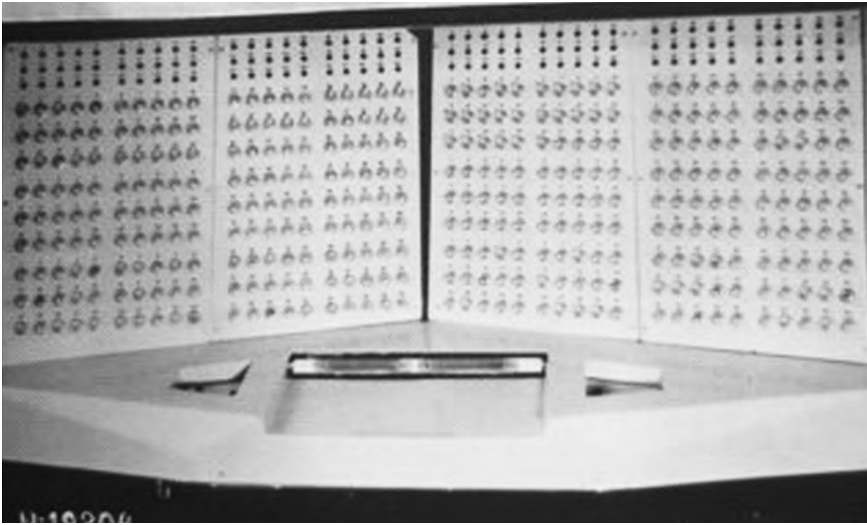


Рис. 2.4.16. Устройство контроля модулей групповых (УКМГ)

УМ-1НХ и УМ-2 Иван Шилин, Виктор Кукушкин, Борис Кондратенко, сразу возглавившие соответствующие лаборатории, и другие опытные специалисты, всего 30 человек во главе с начальником комплексного отдела, заместителем главного конструктора ЭВМ УМ2 к. т. н. Н.И.Бородиным, получившим за создание этих ЭВМ Государственную премию вместе с Ф.Г.Старосом. До перехода на работу к Ф.Г.Старосу Николай Иннокентьевич был профессором на кафедре радиотехники в Государственной морской академии имени адмирала Макарова. Он первым проложил дорогу из КБ Староса в отдел № 570 ВНИИРЭ. За ним, практически одновременно, перешли в мой отдел 30 подготовленных специалистов-профессионалов и немедленно подключались к работам и каждый по своему профилю. Наши ЭВМ, Ф.Г.Староса и моя, выполнены по однотипной архитектуре. Ф.Г.Старос опережал меня по разработке машин на полтора-два года. Но БЦВМ «Гном» была машиной нового поколения, машиной на интегральных схемах собственной разработки



Виктор Петрович  
Кукушкин

(автор изобретения инженер-физик отдела 570 НИИ-131 Л. И. Реймеров), а ЭВМ «УМ-2» собрана на миниатюрных навесных радиоэлементах и бескорпусных транзисторах с использованием микромонтажа электропроводных паст и применением магнитных кубов памяти собственной разработки (авторы изобретения Ф. Г. Старос и И. В. Берг). При переходе на работу в НИИ-131 Николай Иннокентьевич был зачислен в отдел 570 на должность начальника комплекса. Машиной «Гном» он не занимался, а как сотрудник отдела принимал активное участие в общественной жизни отдела. Николай Иннокентьевич пытался организовать разработку аналогов модулей «Квант» на кремниевых микросхемах совместно с Зеленоградом. Запустить такую программу не удалось. Время для таких «простых» интегральных микросхем уже прошло.

В. Л. Фрайштадт посвятил Николаю Иннокентьевичу стихотворение.



Николай Иннокентьевич  
Бородин

*Николаю Иннокентьевичу  
Бородину*

*Так бывает; под тяжкой ношей  
Неприглядных, нудных дел —  
Ни улыбки, ни рожки хорошей  
И плачевен, кажись, твой удел.*

*Ты идешь коридором длинным,  
Вдруг прозренье — ты не один;  
Встречным галсом, легко и чинно,  
Держит нужный курс Бородин.*

### **Устройство контроля оперативной памяти УКОЗУ**

Стенд контроля ОЗУ предназначен для автономной настройки и проверки оперативной памяти. Общий вид можно увидеть на фото (рис. 2.4.17). Устройство обеспечивало: а) проверку ОЗУ в двух режимах, автоматическом и однократном; б) работу со схемой сравнения и без нее; в) возможность визуального контроля информации в каждом разряде проверяемого ОЗУ; г) запись в ОЗУ статических

тестов: «все единицы», «все нули», «единица — нуль», «нуль — единица», «две единицы, два нуля», «два нуля, две единицы», «произвольный числовой код»; д) запись в ОЗУ динамических тестов: «дождь», «дождь с долблением», «адресный динамический» или «бегающая единица». Все разряды массива чисел разбиты на две группы. А именно, с 0-го по 9-й разряд и с 10-го по 17-й. В каждый из этих массивов можно было задавать любой из статических и динамических тестов. Интерфейс имитировал гальваническую связь с БЭВМ «Гном». Уровень «0» — 100 мВ, а уровень «1» — 300 мВ. Напряжение питания сети 200 В, 400 Гц, 3 фазы. Кроме стационарного варианта УКОЗУ, представленного на фото, был разработан переносимый вариант в виде чемодана, аналогичный стенду УКПЗУ (рис. 2.4.18).



Рис. 2.6.17. Устройство контроля оперативной памяти (УКОЗУ)

### **Вспоминает А. Верхолат**

*Передача БЦВМ «Гном» на серийный завод (по решению Министерства РП осенью 1968 года) в г. Жигулевск потребовала разработки аппаратуры автономного контроля узлов БЦВМ. Лаборатории ОЗУ, начальником которой осенью стал В. М. Иванов, была поставлена задача создания переносного устройства контроля ОЗУ (УКОЗУ), которое можно было бы использовать непосредственно на аэродроме для целей штатного и предполетного контроля ОЗУ. Задача состояла в том, чтобы все функциональные возможности устройства контроля оперативных накопителей (УКОН), которым в лаборатории ЗУ занимался инженер В. Я. Шнырин, были реализованы в переносном устройстве контроля, включая тяжелые динамические режимы проверки, такие как «долбление» и «дождь». В. Я. Шнырин летом 1968 года перешел на преподавательскую работу в Ленинградский инженерно-строительный институт, и разработка УКОЗУ новым начальником была возложена на меня.*

*Эта работа стала делом моей инженерной жизни в лаборатории в течение почти трех лет, вплоть до ухода в начале 1971 года в очную аспирантуру ленинградского механического института «Военмех».*

*По техническому заданию схемотехническая разработка УКОЗУ должна была быть проведена с использованием логических модулей «Квант», на которых была разработана БЦВМ «Гном». Устройство должно было обеспечивать проверку ОЗУ типа 2D в наиболее «тяжелых» динамических режимах, какими являлись такие тестовые проверки, как «долбление» и «дождь». В дополнение к этим тестам был предложен еще один, тяжелый с точки зрения информационной нагрузки, «динамический адресный тест» («бегающая единица»).*

*Алгоритм проверки ОЗУ на основе этого теста предполагает запись на начальной стадии в блок ОЗУ по каждому адресу двоичного слова, соответствующего адресу выбранной запоминающей ячейки. Затем по каждому адресу проводится считывание записанного числа, его сравнение с эталонным числом, увеличение на единицу и запись нового числа в запоминающую ячейку. «Динамический адресный тест» позволяет осуществлять по каждому адресу перебор числовой последовательности от нуля до максимально возможного кода. Разработанные для БЦВМ «Гном» типы модулей «Квант» позволили спроектировать различные логические устройства, основными из которых были регистры, счетчики, сумматоры. Кроме того, были разработаны модули, обеспечивающие связь различных по току и напряжению модулей, так называемые согласующие устройства. На момент начала разработки УКОЗУ уже имелись руководящие технические материалы по проектированию логических устройств на основе модулей «Квант». Это все позволило спроектировать логику проверки ОЗУ для трех тестов.*

*Передача в конструкторский отдел потребовала оформления всей схемной документации в соответствии с ГОСТом, согласования с нормоконтролем и другими отделами. Так я впервые оказался в технологической цепочке разработки радиоэлектронной аппаратуры.*

*Сразу же возникла задача оптимального размещения логических элементов на стандартных конструктивных платах с необходимостью минимизации связей между элементами и конструктивными платами. Конструктивные платы были типовыми, разработанными для БЦВМ «Гном». Все это потребовало существенной доработки принципиальных электрических схем логических блоков устройства.*

*Когда встал вопрос о конструкции самого УКОЗУ, то конструкторами было предложено использовать типовое решение в виде небольшого металлического чемоданчика с боковой крышкой. Боковая крышка была съемной, и после ее снятия имелась возможность доступа ко всем переключателям, органам управления и индикаторной панели, которые располагались на лицевой панели устройства.*

Я же считал, что конструктивно устройство должно было выглядеть несколько иначе. Отличие состояло в конструкции лицевой панели устройства. Лицевая панель должна была так же разбита на две части: индикаторную часть и часть с переключателями и органами управления. Но эти две части лицевой панели должны были быть расположены под небольшим углом друг к другу. Это обеспечивало удобство доступа пользователя к переключателям и органам управления, а также устранение засветки индикаторной панели. Такую конструкцию для переносного блока военной техники я подсмотрел в одном из журналов «Зарубежная радиоэлектроника». Понятно, что конструкция с плоской лицевой панелью существенно упрощала проектирование и изготовление конструкции устройства. Главный конструктор Голубева... настаивала на упрощенном варианте конструкции устройства и старалась убедить меня и начальника лаборатории Иванова В. М. в реализации этого варианта. Дело дошло до вынесения вопроса на совещание у Евгения Михайловича, который, заслушав обе стороны, сразу же остановился на конструкции, предложенной мною. Я, конечно, был горд, что приняли мой вариант, но по прошествии многих лет я теперь понимаю, что это было в определенной мере поощрение моей инициативы, желание предоставить возможность молодому специалисту проявить себя. За что я весьма признателен Евгению Михайловичу, а также за ту школу жизненного опыта, которую я прошел, работая в его отделе.

При этом вспоминается еще один случай. Как-то раз к нам в лабораторию зашел заместитель главного инженера в сопровождении Евгения Михайловича и парторга отдела. Начальник лаборатории Иванов В. М. представил каждого сотрудника и рассказал, чем тот занимается. Слушая В. М. Иванова, когда он представлял меня, заместитель главного инженера обратил внимание на тумбу, которая стояла у моего стола. Чтобы скрасить ее убогий вид, я клеил ее различными цветными фотографиями из зарубежных журналов, на которых были изображены мои любимые киноартисты, а также интересными рекламными проспектами. Заместитель главного инженера обратился ко мне и сделал замечание, что такой расклеенной фотографиями и рекламными материалами тумбе не место в лаборатории. Евгений Михайлович, в свойственной ему спокойной манере, заметил, что работой Александра Михайловича он доволен и что Александр Михайлович совсем недавно был награжден дипломом лучшего молодого специалиста отдела. Все это еще раз показало, с каким пониманием и вниманием Евгений Михайлович относился к своим сотрудникам.

### **Устройство контроля постоянной памяти УКПЗУ**

Стенд контроля ПЗУ предназначен для автономной настройки и проверки блоков постоянной памяти.



Александр  
Владимирович Суслов

### Вспоминает А. Суслов

*Стенд УКПЗУ был темой моего дипломного проекта, который дал мне Б. Н. Кондратенко в 1966 году, когда осенью я по распределению был направлен на преддипломную практику в НИИРЭ в отдел вычислительных машин № 570 в лабораторию ПЗУ. Когда я был в последипломном отпуске, мне неожиданно позвонил Борис Николаевич и «обрадовал». Мой стенд запускается в производство в четвертом квартале 1967 года. Почти весь сентябрь лаборатория ПЗУ работала в командировке у меня дома. Готовили документацию для передачи в производство. Через несколько месяцев мой стенд принесли в лабораторию. Включил. И мои волосы встали дыбом. Платы были собраны на модулях «Квант» с питанием 1,2 вольта, а наводки по земле превышали 0,8 вольта, поэтому, чтобы настроить УКПЗУ, пришлось полностью «содрать» монтаж и сделать его заново. Когда все заработало, я почувствовал, что могу работать. Вот оно — живое дело, которое станет серийным изделием. Начальник представил УКПЗУ на городской выставке работ молодых специалистов, где я получил за первое место грамоту и запись в трудовую книжку в разделе благодарности. Денежные поощрения в СССР за такие успехи не практиковались.*

Общий вид стенда представлен на фото (рис. 2.4.18). Устройство позволяло произвести: а) проверку электронной части ПЗУ; б) проверку накопителя; в) тренировку ПЗУ в режимах, имитирующих



Рис. 2.6.18. Устройство контроля постоянной памяти (УКПЗУ)

его работу в ЭВМ; г) выяснение предельных характеристик ПЗУ путем испытания его в тяжелых режимах. Стенд обеспечивал соответственно: а) контроль работоспособности ПЗУ емкостью до 4 096 18-разрядных чисел, б) контроль ПЗУ по всем 18 разрядам или по одному из 18 разрядов в режиме последовательного опроса ячеек памяти с заданной частотой от любого начального адреса (М) до любого конечного адреса (N), в) ин-

дикацию контрольной суммы программы, считанной из заданной зоны адресов, г) возможность визуального наблюдения (с помощью осциллографа) и измерения параметров сигналов, считываемых из ПЗУ, д) индикацию кода числа, считываемого из ПЗУ в режиме опроса одной, постоянно выбранной ячейки памяти, е) индикацию кода адреса, в котором имеется ошибка и останов по этому адресу при проверке кодов считываемых команд на «четкость», ж) автономную проверку УКПЗУ во всех режимах. УКПЗУ работало в следующих режимах: 1) циклического счета от начального до конечного адреса с контролем по всем адресам; 2) циклического счета от начального до конечного адреса с контролем по одному выбранному разряду; 3) останов на заданном адресе; 4) в циклическом режиме и 5) в режиме самоконтроля. В каждом из режимов можно было осуществить проверку на «четкость» команд, считываемых из ПЗУ. Работа УКПЗУ производилась либо в автоматическом режиме от внутреннего или внешнего генератора, либо в однократном режиме. УКПЗУ выполнено на модулях «Квант». Напряжение питания 115 В, 400 Гц. Потребляемая мощность не более 50 Вт. Внутри стенда расположены 4 групповых модуля, блоки питания стенда, а также блоки питания проверяемого ПЗУ.

**Пульт профилактического контроля (ППК)** необходим для обеспечения блоков БЭВМ постоянным стабилизированным напряжением во время профилактических работ. Напряжение всех источников ППК можно было плавно изменять, вращая ручки потенциометров на лицевой панели. Значения напряжений определяли по стрелочному прибору. Конструктивно ППК показан на фото (рис. 2.4.19).

**Пульт преобразования напряжения (ППН)** был разработан для питания БЭВМ и КПА от промышленной сети 220 В, 50 Гц. В ППН однофазное напряжение 220 В, 50 Гц. Преобразуется в трехфазное напряжение 200 В, 400 Гц. ППН имел конструкцию, как на фото (рис. 2.4.20).



Рис. 2.4.19. Пульт профилактического контроля (ППК)





Рис. 2.4.20. Пульт преобразователя напряжения (ППН)

В 1966 году было сделано 2 образца «Гном-1-66». В 5-м цехе в НИИРЭ была выпущена документация с литерой 0 к изготовлению модулей «Квант» и машины «Гном-1-66», которая была передана Гатчинскому радиозаводу, который в 1967 году изготовил 5 комплектов, из которых 2 пошли в «Купол», полунатурная модель которого с двумя работающими машинами была сделана в Пушкине. Эта модель существовала много лет. Кроме того, были изготовлены Гатчинским заводом 2 комплекта системы «Купол» и отправлены в Киев на завод О. К. Антонова для установки и отработки в составе самолета Ан-22.

### Вспоминает И. Н. Кириллов

*Очень хорошие воспоминания у меня остались о директоре Жигулевского радиозавода Георгии Георгиевиче Ильине. Он был чистый производитель и в наших делах разбирался слабо, но у него были высокие моральные человеческие качества, и он всегда нас не загонял в тупик, а подерживал, несмотря на то что из-за нас у завода не раз была угроза срыва плановой поставки и представитель «Новатора» постоянно «сидел над душой»*



Анатолий Владимирович Добоусов

*всего завода не где-нибудь в помещении администрации, а прямо в выпускном цехе. Он был зам Л. И. Зайкова по коммерческой части, то есть ему надо было сдать комплект «Купола», получить деньги, премию и т. д., а «Гном» все еще на испытаниях. Е. М. Ляхович никогда в тяжелых ситуациях не терялся. Нашим постоянным представителем в Жигулевске был Анатолий Добоусов. Он был по образованию конструктор, а как человек был разносторонней личностью с уравновешенным характером, которого за шикарную бороду все звали «Бородка». В Жигулевске были очень хорошие ребята в ОКБ, в частности Вальцев Валерий Александрович, ведущий конструктор от завода, или Гордиенко Анатолий Андреевич — начальник ОКБ, начальник*



схемотехнического отдела и др. А вот зам Гордиенко по фамилии Павлов нам гадил. Он не решал сложные вопросы, а прятался за ними, чтобы объяснить свои промахи в работе и ошибки. Например, чтобы спрятать «за нашей спиной» невыполнение плана по другим позициям и «свалить» это на главного конструктора «Гнома». Зарипов Рафес Кавеевич — главный инженер, был очень вредным человеком. Толя Добоусов даже назвал его именем свою собаку — Рафа. Комплекс «Купол» комплексовал завод «Новатор» в Ленинграде, поэтому «Гном» из Жигулевска привозили в Ленинград на «Новатор», где устанавливали систему «Купол», а затем отправляли в Ташкент, где устанавливали на конкретный самолет и доводили все до рабочего состояния. Поэтому, когда у Жигулевска что-то срывалось, страдал в первую очередь завод «Новатор», и зам Л. Н. Зайкова — директора «Новатора», Наумов Владимир Борисович, сидел в Жигулевске и выбивал своим присутствием вычислительную машину.

Были изготовлены отладочные стенды (рис. 2.4.21), на которых настраивались образцы БЭВМ перед установкой на самолет Ил-76 в Ташкенте.



Рис. 2.4.21. Контрольная аппаратура для обеспечения серийного выпуска БЭВМ «Гном-1-66»

### **Вспоминает Л. Кранкина**

*Надо сказать, что незнание цифровой техники было в то время всеобщим.*

*Летные испытания комплекса начались на аэродроме фирмы О. К. Антонова в Гостомеле в 1971 году. Пилот-ас — Герой Советского Союза Курлин Ю. В., впервые поднявший «Антей» в 1965 году. Штурман из ЛИИ Демаков Е. А., в войну летавший инструктором с полком В. С. Гризодубовой. Комплекс был еще не вполне готов. Когда наступили морозы, по утрам его не удавалось привести в рабочее состояние. Специалист по «Гному» Слава Тепляев предложил отвезти его на ночь в гостиницу, завернуть в одеяло. Предложение не прошло. Слава отвечал за предполетный контроль «Гнома» по тестам и сообщал нам о возможности работы с БЦВМ. Обычно после обеда, и когда его спрашивали: «Завтра с утра можно будет работать?», он глубокомысленно отвечал: «Вероятность осуществления ваших надежд минимальна!» Пришлось прервать летные испытания. В дальнейшем тоже было немало трудностей. Когда выявлялись ошибки в программах, приходилось перешивать память, что было организационно весьма сложно. Оперативно с технологического пульта можно было заменить лишь одну команду.*

*Следующий этап летных испытаний проводили военные: пилот — подполковник Юра Романов, штурман — полковник В. В. Крылов. Поскольку работа с вычислителем была еще непривычна, на борту рядом со штурманом на всех этапах испытаний всегда был наш специалист (Гена Евграфов или я).*

*Полеты военных в полках военно-транспортной авиации (ВТА) с вычислительным комплексом КП-1 начались только в 1973 году. К этому времени программы уже прошли проверку на полунатурной модели, на летных испытаниях, проведенных на заводе О. К. Антонова, в Чкаловском и ЛИИ.*

*Первым был полк в Иваново. Для освоения системы запросили бригаду компетентных специалистов. Р. Ю. Багдонас привез туда бригаду в составе: Мила Стайнова, Мара Сонкина, Вика Пузыревская, Нина Леонтьева и я. Наше появление вызвало, мягко говоря, недоумение. Чтобы как-то исправить положение, штурман — инспектор ВТА полковник Прокофьев М. П., который летал с комплексом в Чкаловской и должен был обучать местных штурманов, предложил мне прочесть им лекцию о возможностях вычислительного комплекса. Постепенно отношения наладились и недоумение сменилось даже уважением.*

*Следующим был полк в Сеци. Там было уже налажено обучение. К полетам допускали после сдачи нам зачета. Однако не обходилось без курьезов. Один из штурманов регулярно привозил из полета отказ системы после одного и того же пункта маршрута, после которого предполагалось возвращение на аэродром. Я проверяла после посадки введенные*

*координаты и обнаруживала, что они действительно стерты. После очередного «отказа» я на разборе полета потребовала у него планшет. Оказалось, что он ввел координаты — широта 0 град. и долгота 0 град., обозвав этот пункт маршрута ИПОМ (исходный пункт обратного маршрута). У меня волосы встали дыбом: «Вы понимаете, что это — точка пересечения Гринвичского меридиана с экватором, а у нас ограничение на длину отрезка маршрута 2 560 км» (программисты специально ввели «поправку на дурака»: при введении недопустимой информации система отключалась). Мое объяснение его не убедило. Из аудитории кто-то крикнул: «У тебя туда горючего не хватит». Вот этот довод подействовал. После разбора полетов меня утешали: «Вы не сердитесь, он же старейший — ему уже 35 лет». Надо сказать, что мне в ту пору было слегка за 40.*

## 2.5. Серийный «суперкомпьютер [11] “Гном”»

ЭВМ «Гном-1-66» успешно прошла государственные испытания, конструкторская документация передана серийному заводу.

И директор института со сворой наших недоброжелателей решил, что пора приступать к уничтожению отдела вычислительных машин. Они все еще считали, что главная задача института разработка радиолокаторов, а вычислительные машины должны разрабатывать специализированные институты. Это было формальное объяснение своих решений для коллектива института, а скорее, это была неприязнь к наследию Вениамина Ивановича Смирнова по транзисторизации ламповой аппаратуры, по микроэлектронике и вычислительной технике.

Без предупреждения и объяснений ликвидировали лабораторию физики твердых схем с экспериментальным участком.

Лаборатория, создавшая первую в СССР интегральную микросхему и первая в мире передавшая интегральную схему в серийное производство, продолжавшееся более 33 лет. Выведена из состава отдела лаборатория, разработавшая модули «Квант» и ряд НИР по микроминиатюризации. Ликвидировали лабораторию по тонким магнитным пленкам. Ликвидированы конструкторская группа и макетная мастерская. Выведена из состава отдела лаборатория КПА и автоматизированных средств контроля узлов и блоков ЭВМ.

В отделе были оставлены четыре лаборатории, необходимые, с точки зрения погромщиков, для сопровождения серийного произ-

водства и эксплуатации в воинских частях. На руководстве института всегда лежала высокая доля ответственности за возникающие проблемы в эксплуатации и серийном производстве. Оставшаяся от разгрома часть отдела 570 под номером 270 передана в СКБ-2 — головное СКБ по созданию ПНПК для самолетов Ан-22 и Ил-76. Начальником СКБ-2 в это время был главный конструктор комплекса «Купол» Владимир Леонидович Коблов. Мы перешли в СКБ-2 с полностью выполненным ОКР «Гном», успешно проведены государственные испытания, серийный завод начал выпуск БЦВМ «Гном-1-66» с приемкой заказчика для поставок на самолеты.

Но остается еще не реализованной моя мечта с первых лет моей трудовой деятельности, моей работы по поиску и устранению отказов в радиолокаторах «Кобальт». Да, пришло время, когда может быть решена задача автоматического поиска и устранения отказов. Такая БЦВМ уже проявилась у меня во всех деталях. Нужно увлечь этой идеей ведущих специалистов отдела и втихую от дирекции института разработать такую ЭВМ: безотказную, с высокой вероятностью в полетах и автоматическим поиском и устранением отказов. Я собрал ведущих сотрудников отдела и предложил начать разработку такой необыкновенной машины. Поддержки это предложение не получило: ОКР закончена, машина уже изготавливается серийным заводом, работает нормально. Да еще выполнять разработку вычислительной машины скрытно от руководства института! — Ну что же, пока начал работу один. Привлек для техниче-



Ирина Петровна  
Бойцова

ской работы инженера Ирину Бойцову. Начали с разработки устройства управления резервом для будущей реальной машины и макета-имитатора этой новой ЭВМ со всеми элементами управления и индикации. Этот комплекс заработал уже через месяц и вызвал большой интерес у сотрудников отдела, каждому захотелось убедиться, как устойчиво работает система поиска неисправности и обход «отказавшего» узла. Виктория Пузыревская сказала мне: «Евгений Михайлович, зачем вам еще делать машину? У вас так хорошо работает ваша модель!» За этот же текущий месяц провели ис-



Рис. 2.5.1. Групповой модуль (МГ)  
операционного блока «Гном-А»

следование схемы нестандартного включения твердых схем, требуемого для построения резервирования групповых модулей. За это же время сотрудники отдела осознали, что относительно небольшими затратами труда разработчиков получаем совершенную машину. Кроме того, что она первая в СССР ЭВМ нового поколения, она еще будет практически безотказной в полетах. Идея принята. Я решил дать ей название «Гном-А». Дело пошло. К работам по этой машине не подключился только В. Кошечкин. Он занимался своей диссертацией. Виктор приходил на работу, садился за свой стол и ни на кого не обращал внимания. Он как будто бы боялся принимать участие в не санкционированной дирекцией работе.

Началась дружная работа. Это всегда хорошо заметно. Когда каждый сотрудник хочет сделать свою работу и лучше, и быстрее, а не ждет конца работы и не спешит после окончания рабочего дня домой. Конструкторская документация разрабатывалась как первоочередная работа. Конструкторы поддержали нашу идею и прак-



Мара Афанасьевна Сонкина  
с МГ «Гном 1» 2018 г.

тически всю работу по машине выполняли вне плана. В плане был только один пункт: «корректировка документации по замечаниям завода». Изготовили один образец машины в пятом цехе экспериментального производства института. Начальник цеха Валентин Михайлович Трифонов, награжденный серебряной медалью ВДНХ за создание модулей «Квант», тоже знал о нашей затее и, как мог, ускорял сборку и монтаж машины. И вот БЦВМ «Гном-А» в отделе теперь уже с номером 270 в руках Мары Афанасьевны, самого прославленного специа-

листа по настройке и ремонту ЭВМ «Гном» и вообще любых других цифровых вычислительных устройств. Она проявила себя и на ЭВМ «Интеграция», и даже сейчас, в 2019 году, является незаменимым специалистом в разрешении проблем в цифровых устройствах и системах. Настройка машины много времени не заняла. Сотрудники с интересом наблюдали, как искусственно вводимые неисправности в узлы операционного блока «отказавшая» плата определялась и блокировалась, а машина продолжала нормально работать. Все прекрасно! Но что же делать дальше? Я как главный конструктор имею право конструкторским извещением внести изменения в конструкторскую документацию, но оно не должно приводить к дезорганизации производства, срыву планов и т. п. Кроме того, это извещение должно быть согласовано с представителем заказчика. А заказчик говорит: вы что, ребята, ОКР «Гном» закончен, государственные испытания успешно проведены. Пошло серийное изготовление машин для комплектации самолетов. А уж если вы уверены, что у вас такая хорошая, такая надежная машина, подтвердите это испытаниями машины на надежность. Шесть тысяч часов испытаний по «Морозу-2». Шесть тысяч часов? Да это же почти



год круглосуточной работы. Ничего подобного в институте еще не проводилось. Появилась еще одна проблема. Для проведения таких испытаний необходим приказ директора института по созданию комиссии, разрешение на круглосуточную работу и т.п. Требуется визит к директору. Пошел. Немного пришлось посидеть в приемной, а когда пригласили, вбежал в кабинет с радостным сообщением: «Закончили настройку новой машины “Гном”. Она сама находит и устраняет свои неисправности и в полетах будет практически безотказной. Сейчас все приготовлено для просмотра. Приглашаю вас». Я передохнул. «Да, это очень интересно, пойдете посмотрим». Я такого решения не ожидал и, уходя к директору, не предупредил, что, возможно, придет директор и что все должно быть в порядке. Но все обошлось. Я рассказал о новой машине, что заимствуется из предыдущей конструкции и что должно быть освоено в производстве новой. Рассказал, за счет чего обеспечиваются такие замечательные свойства. «Ну что же, молодцы, но действительно, надо подтвердить надежность новой машины специальными испытаниями».

С формированием комиссии проблем не возникло, каждый недоброжелатель с удовольствием включил в комиссию своего представителя. В комиссию также вошел представитель заказчика и представители главного конструктора БЦВМ «Гном». При испытаниях на надежность по нормали «Мороз-2» аппаратура подвергается жесточайшим испытаниям на тепло- и холодоустойчивость, термоциклы на  $\pm 60$  градусов, высокую влажность, туман, росу, механические испытания и т.д. На всех этих видах испытаний твердые схемы (модули «Квант») и другие элементы, размещенные в герметичном теплоизолированном прочном литом корпусе с отводом внутреннего тепла на внешний радиатор. Что нашим «Квантам» и твердым схемам испытания на повышенную влажность, туман, росу? А испытания на термоциклы? У нас совсем не то, что показывают приборы на стендах. Правда, до этого испытания пришлось достаточно много поработать с прочностью термокомпрессионного соединения. На испытаниях в рабочем (включенном) состоянии на холодоустойчивость и теплоустойчивость при температуре  $\pm 60$  градусов мы (твердые схемы) работаем при температуре 25–30 градусов, а что еще надо для устойчивой и надежной работы ЭВМ. Достижение высокой надежности БЦВМ «Гном-А» обусловлено в том

числе принятыми решениями по конструкции машины: прочный герметичный корпус, защита от влаги, защита от внешнего воздействия «температуры», эффективный вывод внутреннего тепла.

Испытания БЦВМ «Гном-А» на надежность по нормали «Мороз-2» (6000 часов) закончены без единого отказа. Условно это соответствует тридцати годам безотказных полетов самолета.

Да, мы создали прекрасную машину. Такие машины в СССР еще не разрабатывались (с узловым и поэлементным резервированием, с автоматическим поиском и устранением отказов). Подтвердили высокую надежность (безотказность) специальными испытаниями.

Я согласен с шутливым замечанием лётчиков ИЛ-76 по поводу БЭВМ «Гном-А» и считаю, что эта БЭВМ действительно оказалась «СУПЕРКОМПЬЮТЕРОМ» [11].

А что делать дальше, как произвести замену машины «Гном-1-66», успешно прошедшей государственные испытания и уже выпускаемой серийным заводом, на новую машину?

Дальше я делаю такую аферу: я выпускаю извещение главного конструктора о корректировке конструкторской документации, что является правом главного конструктора, а извещение обязательно для исполнения. На заводе, разобравшись в сути извещения, поняли, что им предлагают делать другую машину. А на заводе — план, сроки, деньги, премии и пр. Где договор на поставку БЭВМ «Гном-А» и какие сроки? Завод поднял скандал. Теперь следует отметить. После испытаний на надежность машины «Гном-А» и подтверждения ее высокой надежности (6 000 часов по «Морозу-2») мы получили поддержку заказчика на замену машины в ПНПК «Купол», поддержку Генерального директора завода «Новатор» Л. Н. Зайкова. Замминистра радиопромышленности В. Л. Коблов знал о моем желании разработать такую машину и впоследствии интересовался при встречах ходом разработки машины. Он знал, что работа ведется без ТЗ, договора и финансирования. Жигулевский радиозавод находился в подчинении В. Л. Коблова. Поднятый заводом скандал быстро перешел в конструктивную область отношений. Л. Н. Зайков с большой группой технологов и конструкторов своего завода и правами начальника ГУ МРП рассмотрели совместно со специалистами Жигулевского завода перечень необходимой оснастки и сроки ее изготовления и внедрения и сроки начала выпуска машин «Гном-А».





Рис. 2.5.2. «Гном-А» интерфейсная панель

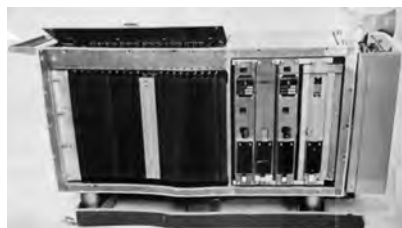


Рис. 2.5.3. «Гном-А» с УУР

Для меня итог этого совместного рассмотрения был большим успехом. Решение было однозначным: переходим на «незаконно-рожденную» машину, которую мы условно называли «ГНОМ-А» (рис. 2.5.2, рис. 2.5.3). Практически вся оснастка изготавливалась заводом «Новатор».

На переводе документации с литеры О на литеру О1 в Жигулевске работала бригада из 20 человек конструкторов, технологов, сотрудников отдела ОНС и наших Заказчиков.

Мы много работали, но и отдыхать не забывали. На заводской базе отдыха на речке Уса (приток Волги) красота необыкновенная. Погода хорошая, рыба ловилась сразу же, как только забросишь удочку. Я забрасывал и выдергивал на берег рыбку, а Кириллов, мой помощник, снимал ее, наживлял наживку и ждал следующую рыбку. Не надо было ждать, пока клюнет. Поплавок сразу же уходил под воду и надо было подсекать (это был 1974г.) Когда налавливали полведра, шли готовить уху. Однажды мы устроили там импровизированную свадьбу. Толя Добоусов, жених, а Валентина Толмачева из комплексного отдела — невеста. Устроили стол со всем, что к нему положено, кричали «горько», устроили конкурсы для новобрачных, сочинили пожелания, торжественно проводили их спать в палатку, а утром вытаскивали из нее (жених и невеста, конечно, уже были со стажем семейной жизни, поэтому было весело и просторно для шуток и юмора).

В 1974-м меня наградили за разработку БЭВМ «Гном» орденом Красного Знамени.

В 1975-м я получил, в составе разработчиков системы «Купол» Государственную премию.



На фотографии слева направо стоят: Иванов Анатолий Николаевич, Багдонас Ромулис Юстинович, Челпанов Сергей Сергеевич,  
сидят: Ляхович Евгений Михайлович, Янковский Леонид Иванович, Зайков Лев Николаевич, Малышев Виталий Александрович.

В 1976 году главный конструктор системы «Купол» для самолетов Ан-22 и Ил-76 Коблов Владимир Леонидович был награжден высшей наградой в СССР — Звездой Героя Социалистического труда.

В 1976 году мы передали подлинники (кальки) конструкторской документации Жигулевскому радиозаводу с литерой О1 и «забыли» о БЭВМ «Гном-А». В течение всех последующих лет не было ни одного вопроса ни с серийного завода, ни с эксплуатации.

### ***Вспоминает Л. Кранкина***

*Следующим самолётом после Ан-22, на который был поставлен «Купол», стал ИЛ-76. Здесь для программистов всё было гораздо легче. Курьёзы, конечно, тоже были. С момента включения питания и до нажатия клавиши «работа» выходные сигналы были в случайном состоянии. В ре-*

**ИЛ-76**

*зультате сформировалась случайно устойчивая команда по которой во время выруливания и до взлёта в кабине пилотов раздавался по громкой связи чрезвычайно противный голос: «Покидание на воду». Эта монотонно повторяющаяся команда чрезвычайно раздражала пилотов. Они во время рулёжки «читают молитву» и по этой памятке обязаны выполнить необходимые перед взлётом действия и ничего не забыть. Впрочем, это достаточно быстро устранили. Первый этап испытаний был в городе Витебск. Если в Иваново на АН-22 главной заботой была навигационная задача, то на ИЛ-76 с ней проблем уже не было, и основная работа была с задачами прицельного десантирования. Возможности самолёта по грузоподъёмности значительно меньше, полёты с максимальной загрузкой небезопасны, а штурманы, недостаточно подготовленные к работе с нашей системой, не хотели брать на себя ответственность за неудачный сброс груза. Приходилось брать на борт нашего специалиста. Следующие этапы лётных испытаний были в Чкаловской. Наша вычислительная система КП-1, ядром которой был «Гном» год от года набиралась опыта и заслужила в итоге полное доверие экипажей. Долгожительством её можно гордиться.*

Я чувствую большое удовлетворение от принятых в БЦВМ «Гном-А» технических решений по групповым модулям блоков АУ и УУ, по блокам памяти и уникальным блокам питания, по конструкции машины в целом. Это лучшая по надёжности БЦВМ из созданных в Советском Союзе. Это был достойный результат 10-летнего напряженного труда наших талантливых молодых специалистов. Мы сделали это! Поздравляя меня с очередным юбилеем в 1979 году, Владимир Леонидович Коблов сказал: «Женя, ты сделал хорошую машину».

## 2.6. Надежность — это долгая жизнь

Уже в 40–50-е годы, в связи с появлением сложных радиоэлектронных устройств РЭ систем (РЛС, ЭВМ, РЭК), надежность вышла на уровень государственной проблемы. Иногда поток отказов превышал возможности обслуживающего персонала, не хватало времени суток на поиск и устранение отказов и неисправностей. Так было, например, с самолетной РЛС «Кобальт», когда к решению подключились лично И. В. Сталин и Л. П. Берия. У нас в институте ЭВМ «Урал», на которой отрабатывалось ПО БЦВМ «Гном», на каждый рабочий день планировались два часа на ремонт. Космонавт Александр Лавейкин вспоминает через 30 лет: 30 % времени пребывания на станции уходило на ремонт (конференция по космонавтике — 2016).

Именно в эти годы я начал свою трудовую деятельность радиорегулировщиком и прошел сквозь поток отказов, как через пчелиный рой, в сложной радиоаппаратуре на заводе-изготовителе, на самолетных заводах при установке аппаратуры на самолеты и при эксплуатации в воинских частях. Основными причинами отказов были некачественные комплектующие элементы. У каждого комплектующего изделия были свои причины его низкого качества, но общим для всех обстоятельством была низкая культура производства радиотехнических изделий на первом этапе развития радиотехнической промышленности.

В дальнейшем такой опыт имел большое значение для меня — научного руководителя ряда НИР по микроминиатюризации бортовой аппаратуры и в течение 30 лет главного конструктора нескольких ОКР. Во всех своих разработках я всегда держал под контролем вопросы надежности и контролеспособности разрабатываемых систем, а приступая к разработке БЦВМ, мечтал сделать ее безотказной в полетах.

Пожалуй, самой интересной, рискованной и трудоемкой была разработка бортовой цифровой вычислительной машины «Гном», в составе этой НИОКР были созданы первые в СССР, а по мнению историков [11], первые в мире серийные интегральные (твердые) схемы и первые в мире модули на интегральных схемах. БЦВМ «Гном» также является первой в мире ЭВМ на интегральных схемах, переданной в производство серийному заводу. Проблемы отказов твердых

схем, возникшие в процессе последующего изготовления опытных и серийных образцов БЦВМ «Гном», возникли неожиданно для нас.

На создание первой ТС от идеи до изготовления на Ленинградском заводе «Светлана» первой экспериментальной партии работоспособных германиевых ТС потребовалась одна неделя. Решение проблемы надежности этих ТС, которая проявилась при изготовлении и испытании первых опытных образцов ЦВМ «Гном», в 1967 году потребовало три года напряженных целенаправленных усилий. Причиной отказов ТС было нарушение электрического контакта золотой 50-мкн проволоки вывода с кристаллом германия в точке термокомпрессии по причине нестабильности процессов и отсутствия контроля прочности присоединения вывода к кристаллу. Разработчики — авторы технологии создания электрического контакта золотого вывода с германием методом термокомпрессии — не предусмотрели никаких средств контроля качества (прочности) контакта. На жалобы в МЭП не было времени. Мы сами оперативно включились в решение проблем качества термокомпрессионного соединения.

Первым мероприятием в решении этой проявившей себя только в собранных машинах проблемы было введение контроля режимов термокомпрессии и прочности термокомпрессионного контакта на усилие обрыва (в граммах). На завод в Ригу из НИИРЭ были откомандированы сотрудники лаборатории физики полупроводников для разработки и внедрения на заводе методики контроля прочности присоединения выводов к кристаллу в процессе производства. На РПЗ этот дефект не проявлялся из-за малой выборки ТС на периодических и приемосдаточных испытаниях. По этой причине цеховые технологи не проявляли активности в решении этой проблемы, но нам не мешали.

Вторым важным мероприятием была разработка конструкторской документации и изготовление в НИИРЭ полуавтоматических устройств термокомпрессии для полного оснащения нашего участка твердых схем.

Третье мероприятие — замена эпоксидной смолы на эластичный герметик «эластосил». Это потребовало выпустить специальный ГОСТ в Минхимпроме, разрешающий применение эластосила в полупроводниковой промышленности.

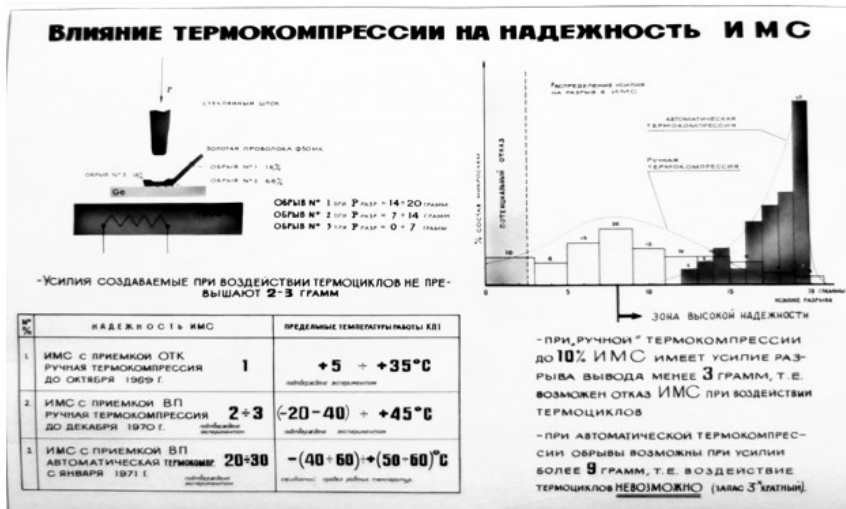


Рис. 2.6.1

Результат от этих мероприятий можно было ожидать через два-три года. А сейчас (1966 г.) сделан запуск машин «Гном» на опытном заводе НИИРЭ в Гатчине для летных испытаний и поставки в составе комплекса «Купол» на самолетостроительный завод в Ташкент. Первые две машины «Гном» с этого первого запуска были переданы на комплектование комплекса «Купол» для самолетов Ан-22. Эти два комплекта оказались укомплектованы твердыми схемами выпуска 1964–1965 годов, изготовленными еще до организации регулярного контроля режимов термокомпрессии и контроля прочности соединений выводов ТС с кристаллом германия. Мы хорошо прочувствовали остроту этой проблемы на летных испытаниях в Чкаловской и на авиазаводе в Ташкенте, работая почти полным своим составом сотрудников, круглосуточно не считаясь со временем, но довести до нормального функционирования вычислительный комплекс КП-1 на самолете не удалось по причинам незаконченной отладки программного обеспечения, в том числе и по причине отказов модулей «Квант», что приводило к вынужденной потере золотого для программистов времени.

### **Вспоминает Л. Кранкина**

*К моменту появления 1-го экземпляра вычислительного комплекса программы были еще весьма «сырыми». Однако сроки поджимали, необходимо было поставить комплекс в Ташкент. Начальство приняло решение отправить еще не вполне работающий комплекс вместе со специалистами. Это было безумной авантюрой. Выручило то, что на Ташкентском заводе не имели ни малейшего представления о цифровой технике. Днем сдавали комплекс на входном контроле, причем критерием исправности считалось остроумно кем-то придуманное «характерное мигание лампочек». Связи с другими самолетными системами проверялись с технологического пульта командами «ввод» и «вывод». Это происходило днем, а ночью, чтобы никто не обнаружил истинное положение дел, работала другая группа под руководством Багдонаса (Игорь Кириллов, Мара Сонкина, Марина Полякова и я). Мы пытались добиться выполнения хотя бы минимального круга задач. Вот таким образом нам удалось забраться на борт Ан-22, словно вскочить на подножку уходящего поезда. Впоследствии это решение себя оправдало, но военно-транспортную авиацию (ВТА) мы поначалу здорово подвели, так как на самолетах 3-й серии не было вообще никакого вычислителя — аналоговый вычислитель сняли, наш стоял, но не работал, а полеты предстояли серьезные — через океан.*



АН-22

Управляющие вычислительные комплексы (КП1) ПНПК «Купол» были демонтированы с первых двух самолетов и отправлены изготовителю на доработку. В документах на приемку самолетов появилось замечание: «Не установлен КП-1 — срок доработки один год». Это было не единственное замечание военных при приемке первых изготовленных самолетов. В книге [21] «История ивановского самолетного полка» штурман вспоминает: «При приемке самолетов на каждом самолете было по 1 200 замечаний и мероприятий со сроками их исполнения, согласованных с заказчиком и принятых



промышленностью». Нам был дан срок один год (1970 г.). Главный конструктор ПНПК «Купол» В. Л. Коблов и я — главный конструктор БЦВМ «Гном» специальным приказом по МРП получили по выговору. Этим же приказом нам выделялись пять миллионов рублей для повторного изготовления аппаратуры. Недоброжелатели торжествовали и, как могли, мешали нашей работе. Но министр поверил нам. Он понимал, что это локальная проблема и безусловно решаемая. Владимир Леонидович вскоре был назначен на должность заместителя министра радиопромышленности и за разработку ПНПК «Купол» удостоен звания Героя Социалистического Труда.

Но пока в Ивановском полку первые два самолета остались без управляющего вычислительного комплекса (КП-1). Штурман вспоминает [21]: «Только прилетели с Ташкента (февраль 1969 г.), получаем приказ вылететь на Кубу. На Кубу? Но на самолете нет навигационных систем дальней и ближней навигации (без УВК КП-1 они не работают). Приказ есть приказ. Летим через океан по звездам, а дальше по наземным ориентирам».

Причиной отказов ТС было нарушение контакта золотого вывода с германием при изменении внешней температуры. Это было частично связано с моим решением по конструкции твердой схемы. Дело в том, что при передаче изготовления ТС с нашего экспериментально-производственного участка твердых схем отдела 570 на полупроводниковый завод я посчитал необходимым придать ей товарный вид и создать удобную транспортную тару. Твердую схему я решил оформить в виде таблетки, в которой кристалл твердой схемы располагается между металлической чашечкой и слоем эпоксидной смолы. У такой структуры возникали силы натяжения на выводы.

Здесь следует напомнить, что в это время существовала еще «ручная» технология переноса сплавов эмиттера и базы в виде кусочков фольги размером 90 и 150 микрон на пластину германия. В процессе формирования эмиттера и базы образуются микрокапельки «припоая». При последующих операциях девушки-монтажницы под микроскопом микропаяльником расплавляют микрокаплю и вводят в нее кончик золотого провода (50 микрон). Паяльник отводят, и золотой вывод оказывается припаянным. При таком методе соединения вывода с кристаллом нарушение контакта



чрезвычайно мало и наша «таблетка» (твердая схема) нас бы не подвела, так как это получилось с термокомпрессией. На начальном этапе изготовления наших ТС на экспериментально-производственном участке отдела 570 НИИ-131 до передачи их изготовления на РПЗ ГКЭТ мы предполагали, что изготовление ТС должно будет в будущем производиться непосредственно на самом радиозаводе ГКРЭ, изготавливающим БЦВМ, и требование к конструктивному оформлению ТС упрощается (не требуется транспортирование ТС за пределы завода). На первых партиях (рис. 1.4.1) модулей «Квант» кристаллы твердых схем устанавливались непосредственно на текстолитовую планку без чашечек и эпоксидной смолы.

В конструкторской группе нашего отдела, возглавляемой опытным, высокой квалификации конструктором Иваном Яковлевичем Анисимовым, в короткие сроки разработали конструкторскую документацию на ТС и на технологическую оснастку для изготовления ТС на серийном заводе ГКЭТ. Всю оснастку, включая автомат для изготовления металлических чашечек, оригинальные контактные приспособления и транспортную тару, изготовили в НИИ-131. Всю оснастку опробовали на своем производственном участке германиевых твердых схем с изготовлением нескольких сотен штук ТС. Всю оснастку комплектно передали РПЗ и в короткие сроки на заводе освоили изготовление корпусированных (в виде таблеток) твердых схем уже с названием ТС-233. Договорились с заводом (РПЗ) об изготовлении партии 15 000 ТС-233. Это было время, когда материал эмиттера и базы переносились на германиевую пластину под микроскопом деревянными палочками-шипами от акации. Вот так и началось изготовление ТС-233 (рис. 1.3.2) в таблеточной конструкции. Но если в первой экспериментальной партии твердых схем мы брали из цеха все, что получалось — и годные по параметрам, и не годные, и забраковывали сами — сотрудники отдела 570 НИИ-131 (для этого на заводе нам была выделена небольшая комната), то теперь завод должен будет сам контролировать параметры ТС и поставлять нам ТС, только годные по параметрам.

На заводе при небольших выборках ТС на приемосдаточных и контрольных испытаниях этот дефект не проявлялся. В комплекте аппаратуры БЦВМ с УВВ РЭ комплекса «Купол» содержится около 20 000 штук ТС233 (Р12-2, Р12-5), т. е. больше ста тысяч соединений



Слава Тепляев

золотых выводов с германием. Нарушение любого из них приводит к нарушению работы УВК. Для нас же, разработчиков БЦВМ, это была катастрофа. Днем машина работает нормально, полет прошел без отказов, все довольны. А на следующее утро «Гном» требует ремонта.

При испытаниях Ан-22 в Чкаловске во время зимних холодов при изменениях температуры происходило нарушение контактов в твердых схемах. Требовался поиск неисправного модуля и его замена. Для исключения воздействия перепада температур на твердые схемы старший инженер С. Тепляев предложил уносить «Гном» на ночь с собой в гостиницу, ему сочувствовали. Люся Кранкина даже отметила эту «технологию» эпиграммой:

#### Славе Тепляеву

В «Гном» был нежно он влюблен,  
 Холил и лелеял «Гном».  
 Если холодно бывало,  
 Завернувшись в одеяло,  
 С милым «Гномом» хоть неделю  
 Спать готов в одной постели.  
 Если «Гномик» не здоров,  
 Лучше всяких докторов  
 Слава наш его лечил  
 (Только бы паяльник был).

Да, так было на первых образцах «Гном-1-66», изготовленных Гатчинским опытным заводом НИИРЭ. В первом запуске было пять машин. Первые две машины изготовлены во втором квартале 1968 года для системы «Купол» и установки на самолет. Третья машина изготовлена в 1968 году и направлена на летные испытания этапа главного конструктора. (Сколько радости доставили эти первые машины нашим недоброжелателям. Какую они проявили активность в «спасении» «Купола».) Четвертая машина первого запуска изготовлена в середине 1968 года и направлена на полунатурную мо-

дель комплекса. Эта машина уже не досаждала нам отказами, но она работала в нормальных условиях. Пятая машина изготовлена в третьем квартале 1969 года. На сборку модулей для этой машины должны были бы поступать твердые схемы, изготовленные под контролем наших представителей. Вероятно, так оно и получилось. Пятая машина прошла государственные испытания заказчика в Владимировке по нормали «Мороз-2» без замечаний и без единого отказа. Представителем главного конструктора на испытаниях был начальник комплексной лаборатории В. И. Кошечкин. От разработчиков в государственных испытаниях участвовали М. А. Сонкина, И. Н. Кириллов, Н. Л. Лифшиц.



Виктор Иванович  
Кошечкин

А теперь рассмотрим основные схмотехнические и конструктивные решения, заложенные в БЦВМ «Гном» для получения высоких показателей надежности.

Всего были разработаны и изготовлены для разных целей три типа машин: «Гном-1-66», «Гном-1», «Гном-А». Все машины имеют герметичные литые теплозащищенные корпуса, обеспечивающие защиту от влаги и внешнего тепла. Внутреннее тепло выводится по теплостокам с фреоном с температурой кипения 24 градуса, используя теплоту парообразования с конденсацией паров фреона на внешнем коллекторе с радиатором, охлаждаемым потоком воздуха с температурой 0–25 градусов. Тепловыделение от модулей «Квант» передается по медным шинам к теплостокам. Такой комплекс конструктивных решений обеспечивает разность температур между любыми твердыми схемами в операционном блоке (АУ УУ), не превышающую двух градусов, а разность потенциалов по земляной шине не превышает 10 мв. В свою очередь, это обеспечивает устойчивую работу твердых схем и всего операционного блока при изменении напряжения питания на плюс-минус 15 процентов и позволило снизить требование к блоку питания. И, как следствие принятых в ЦВМ «Гном» конструктивных и схемных решений, блоки питания, АУ и УУ стали рекордсменами по надежности в «Гноме», а возможно, и мировыми рекордсменами. Блок питания допускает

при сохранении требуемых выходных параметров обрыв любого провода в блоке или отказ любого диода из двенадцати диодов или отказ любого трансформатора из шести. Блок питания не содержит в себе элементов стабилизации и даже элементов фильтрации. Блок питания допускает неограниченное время короткого замыкания. При снятии короткого замыкания блок нормально функционирует.

За все время эксплуатации «БЦВМ Гном» (40 лет, почти 1000 самолетов) ни разу не слышал об отказе блока питания. Блоки памяти тоже не подводили.

В блоках оперативной и постоянной памяти для повышения надежности используется частично поэлементное резервирование. Применение двойного провода при прошивке программ, двойные сердечники в ОЗУ.



Рис. 2.6.2

В соответствии с инструкцией по эксплуатации БЦВМ «Гном» предусматривается контроль состояния резерва, для этого один раз в год или один раз за 200 летных часов (средний годовой налет самолетов ВТА) необходимо открыть крышку встроенного пульта и посмотреть, есть ли в составе машины платы с отказами, и заменить их. Произвести восстановление резерва.

В течение 6 000 часов испытания БЦВМ «Гном-А» на надежность по нормали «Мороз-2» закончены без единого отказа. Условно

это соответствует тридцати годам безотказных полетов самолета. И в реальной жизни результаты близки к этому. Мне представился случай получить такую информацию из «первых рук».

На одном юбилее в городе Королёве (Болшево) юбиляр познакомил меня со своим другом — подполковником в отставке, штурманом самолета Ил-76 Анатолием Ивановичем Нефедовым. Знакомство было взаимно приятным. Анатолий Иванович восторженно (или мне так показалось) смотрел на главного конструктора «Гнома-А», а я с огромным любопытством — на отлетавшего «всю жизнь» штурманом на Ил-76 с лейтенанта, сразу после училища, до подполковника.

Один вопрос висел у меня на языке: «Ну, как много донимал вас “Гном-А” отказами?» — «Отказы? Не помню. Нет, отказов за время службы не было. Пока я летал, “Гном-А” не отказывал. И у других штурманов я не слышал, чтобы были отказы вычислителя». Бальзам пролился по телу, я вспоминал, как это все доставалось.

## 2.7. «Прерванный полет» в будущее

В течении 1960–1966 годов организован коллектив специалистов, создавший первую в СССР интегральную твёрдую схему, на базе которой разработана высоконадежная практически безотказная в полетах БЭВМ. И твердая схема и БЭВМ прошли госиспытания и переданы в серийное производство и как оказалось они были первыми в мире переданными в серийное производство.

В 1970 году бездарный, технически безграмотный директор института, занявший эту должность, как бывший секретарь парткома института, приступил к ликвидации созданного бывшим Главным инженером института В.И.Смирновым направления работ в области микроэлектроники и разработки бортовых ЦВМ. Без предварительного предупреждения расформирован отдел № 570, были ликвидированы 6 лабораторий, в том числе лаборатория физики твердых схем с производственным участком исследования и изготовления твердых схем, уничтожено дорогостоящее оборудование для изготовления и исследования тонких магнитных пленок для

перспективных устройств памяти, лаборатория разработки типовых устройств и модулей цифровых устройств, лаборатория теплофизических исследований, лаборатория разработки средств контроля цифровых устройств, помещения лабораторий переданы другим СКБ, выведены 100 человек-специалистов из 150-и.

Разрушен коллектив специалистов, разработавших первую в СССР и первую в мире, переданную на изготовление серийному заводу (изготавливалась в течение 33 лет) ТС. Разрушен коллектив, разработавший первую в мире ГИС на интегральных микросхемах (модули «Квант». Разрушен коллектив, разработавший первую в СССР бортовую ЭВМ нового поколения, вычислительную машину на интегральных микросхемах. Эта же машина (БЦВМ «Гном») оказалась первой ЭВМ в мире на серийных интегральных микросхемах. В отделе (№ 270) осталось четыре лаборатории для сопровождения серийного производства и эксплуатации и по мнению директора не способных выполнять разработки новых машин. Но он ошибался! У меня было желание (мечта) последних лет создать высоконадежную ЭВМ с автоматическим поиском и устранением неисправностей. Я знал до деталей как это сделать. Пора начинать такую разработку. Как это начиналось описано в разделе 2.5.

В организационной структуре института отдел 570 находился в непосредственном подчинении Главного инженера института В. И. Смирнова. Вениамин Иванович доктор технических наук, профессор, лауреат Ленинской и Государственных премий в 1968 году перешел на работу в ЛЭТИ, организовав там кафедру микроэлектроники.

Но уже через пять лет, в апреле 1976 г. по инициативе Генерального директора ЦНПО «Ленинец» Л. Н. Зайкова во ВНИИРЭС создано научно-исследовательское отделение НИО-9 по разработке унифицированных БЦВМ для бортовых РЭК.

Этому событию предшествовала групповая поездка в Зеленоград руководства института, всех начальников СКБ, начальник лаборатории ПО системы «Купол» для самолета АН-124 Р. Ю. Багдонас, Главный конструктор БЦВМ «Гном-А». Эта встреча была инициирована оборонным отделом ЦК КПСС. Нужно было организовать «дружную работу» двух министерств МРП и МЭП. Существующая практика отношений институтов радио и электронной промыш-

ленностей приводила к заведомому отставанию разработок электронных компонентов на 3-5 и более лет, так как разработчики аппаратуры, используя американские и других стран интегральные СИС и БИС обязывают МЭП через постановления правительства создавать их копии.

На этой встрече специалистов-разработчиков аппаратуры, специалистов-разработчиков интегральных схем и руководителей министерств радиопромышленности и электронной промышленности было решено: «Будем жить дружно!» В Зеленограде выполняют разработку собственных БИС микропроцессорного комплекта без всякого иностранного копирования, а «Ленинец» разрабатывает на этих БИС Советскую бортовую вычислительную машину. Зеленоград имеет необходимую технологию и специалистов. «Ленинец» имеет опыт разработки бортовых ЦВМ, есть самолет Ан-124, для которого требуется разработка РЭК с одной или несколькими бортовыми ЭВМ. Необходимость разработки в институте БЦВМ теперь уже была понята руководством института, но отдел вычислительных машин расформирован бестолковым директором уже пять лет тому назад.

В подготовке приказа по организации нового отдела (НИО) разработки вычислительных машин принимал участие начальник комплексной лаборатории моего отдела В.И. Кошечкин. Приказ готовился тайно от меня. Этим приказом В.И. Кошечкин назначался начальником моего отдела с другим номером. Отдел № 570, создавший первую в мире серийную интегральную схему («ТС-233», получившую официальное название Р12-2), первые в мире ГИС «Квант» и первую в мире серийную ЭВМ нового поколения на ИС («Гном1-66», «Гном А») уходит в историю. Разработка БЦВМ в институте теперь дирекцией поддерживается, но содержание и организация работ будут иными. Уже начиналась «отверточная» технология. Виктор Иванович был наиболее приемлемым кандидатом на должность начальника отдела БЭВМ, он был единственным из сотрудников отдела, вступившим в партию, и не принимал участие в несанкционированной дирекцией института разработке высоконадежной БЭВМ с автоматическим поиском и устранением отказов. Этим приказом я был назначен начальником отдела управляющих вычислительных систем (УВС) и главным конструктором УВС для самолета АН124.

Начальный период разработки ЭВМ для различных РЭ систем управления, когда многие предприятия почти одновременно начали разработки своих первых вычислительных машин был периодом романтики, все компоненты проектов создавались впервые, приходилось принимать рискованные решения. Все начинали с выбора архитектуры, разработки собственных типовых элементов и модулей, ручная топология сложных печатных плат. Системы автоматического проектирования (САПР) еще только начали создаваться. Я полностью удовлетворен результатами моего труда на этом важном этапе моей трудовой биографии. Мне удалось создать высоконадежную вычислительную машину. В моем отделе были созданы первые в Советском Союзе интегральные схемы и они же оказались первыми в мире интегральными схемами, переданными в производство серийному заводу. БЦВМ «Гном» оказалась первой в мире ЭВМ на серийных интегральных микросхемах.

БЦВМ для УВС теперь должна поступить из вновь созданного НИО из оставшихся лабораторий бывшего отдела № 570. Это та самая БЭВМ «Интеграция», которая должна быть разработана на микропроцессорном комплекте, собственной разработки Зеленограда, подтверждающая тесные, деловые связи обоих министерств.

В состав отдела № 240 были переведены лаборатория по разработке ПО и лаборатория по разработке УВВ и самолетных пультов.

Разработка УВК началась в новом коллективе и под моим руководством в мае 1976 года. Данные по машине были предварительные. Системы команд не было. Работы в Зеленограде продвигались очень медленно. Разработка интегральных схем выполнялась вручную, САПР еще не было. На миллиметровке, расстеленной на полу размером 5×5 метров ползали инженеры высокой квалификации в подлокотниках и наколенниках, не считаясь с личным временем без выходных и без отпусков. Получили из Зеленограда предварительную систему команд. Поставили на ЭВМ БЭСМ-6 математическую модель разрабатываемой машины. Начали отработку рабочих программ УВС. Разработчики БЦВМ «Интеграция» «разрабатывают» ее в режиме ожидания работающего комплекта процессорных микросхем из Зеленограда. А годы бегут... На мой вопрос: «Когда же будет машина?» Отвечают: «Ждем, всё зависит от Зеленограда». Главный конструктор ЦВМ «Интеграция» за сроки разработки машины не



отвечает. Элементы для машины ему задали два Заместителя министров. Машины будут тогда, когда получим из Зеленограда микросхемы. Потом сборка, настройка, испытания. При моем отношении к заданной работе и при моем понимании ответственности за сроки разработки (планируемые сроки первого полета 1982 г.) я не могу сказать Главному конструктору самолета, «баня будет тогда, когда будут дрова».



*Мне 50 лет. «Гном-А» летает. Я полон надежд и планов*

Надо было найти решение. А решение очевидно, надо срочно делать подстраховочную машину! Но как? Мои инженеры-специалисты переданы в это новое НИО и уже четыре года ждут там микросхемы из Зеленограда. Решение есть. У меня сейчас есть несколько способных молодых специалистов, особенно один-талантливый инженер Саша Дискович. Я представил себе такой вариант этой подстраховочной машины: В операционном блоке ЭВМ СМ-4, микросхемы в пластмассовых корпусах заменить на микросхемы в металлокерамических корпусах, использовать конструкцию типовых узлов и корпуса машины, а также ОЗУ и ПЗУ от «Интеграции». Все должно получиться! Я рассказал директору института о сложив-

СОГЛАСОВАНО  
 ГЛАВНЫМ ИНЖЕНЕРОМ ИНСТИТУТА  
*В.В. Артемьев*  
 № 29 от 05.1980 г.

УТВЕРЖДАЮ  
 ДИРЕКТОР ИНСТИТУТА  
*В.А. Потехин*  
 № 29 от 05.1980 г.

## РЕШЕНИЕ

6.21

о мерах по ускорению отработки вопросов  
 контролеоспособности и программного обе-  
 спечения управлений вычислительных сис-  
 тем комплексов АБЭ1, АБЭ0 (по результатам  
 защиты тех.проекта комплексов АБЭ0).

С целью отработки вопросов контролеоспособности управляемых  
 вычислительных систем АБЭ1, АБЭ0 и ускорения отработки их програм-  
 много обеспечения, а также учитывая необходимость для систем ото-  
 бражения информации (в комплексах типа АБЭ0) специализированного  
 процессора, решили:

1. Отделу 222 разработать специализированный процессор в необходи-  
 мые запоминающие устройства по техническому заданию, утвержденному  
 начальником ИМО-220.
2. Разработку процессора и запоминающих устройств выполнять в со-  
 ставе ОКР АБЭ1 по утвержденным мной графикам.

Начальник ИМО-220

*А.В. Дюбанов*  
 А.В. Дюбанов

№ 29 от 05.1980 г.

Начальник отдела 222

*В.А. Потехин*  
 В.А. Потехин

№ 29 от 05.1980 г.

шейся ситуации с изготовлением ЦВМ «Интеграция». В это время директором ВНИИРЭС был прекрасный специалист В.А.Потехин. Доктор технических наук, профессор. Он поддержал мое предложение и мы оформили решение, дающее мне право выполнить эту работу. Решение директор утвердил в мае 1980 г., но попросил ни кому не рассказывать, что мы делаем такую машину, особенно не говорить разработчикам «Интеграции». Прошло полных пять лет от начала «дружной совместной» работы МРП и МЭП, а конца

разработки «своего» микропроцессорного комплекта пока нет. Самолет АН-124 успешно строится. Первый полет планируется на 1982 год, передача в эксплуатацию в 1986 году. Осталось пять лет. Надо срочно делать резервную машину. В мае 1980 года мы приступили к разработке БЦВМ-аналога ЭВМ «СМ-4». За полтора года мы разработали схемы и конструкторскую документацию, изготовили и настроили первый образец машины. В своем кабинете я установил ЭВМ СМ-4. Установщики машины от завода-изготовителя машины одновременно за 500 рублей настроили все платы нашего аналога ЭВМ СМ4, выполненного по тем же схемам, но на микросхемах в металлокерамических корпусах. В марте месяце 1982 года образец машины с обоснованием замены в УВК А821 БЦВМ «Интеграция» на бортовой аналог ЭВМ «СМ4» представлены руководству института и НИО-9. Это был шок, эти ребята совсем не были осведомлены о нашей разработке резервной машины. В тот же день они вылетели к Заместителю министра В. Л. Коблову и на следующий день вместе с Владимиром Леонидовичем вернулись в Ленинград. Прямо с утра Коблов пригласил к себе в кабинет Главного инженера меня и начальника лаборатории ПО С. С. Челпанова. Он внимательно посмотрел материал по обоснованию машины, которую мы предложили заменить на другую. Попросил дать краткую информацию о предлагаемой к замене машине. Было видно, что слушает с интересом, а посмотреть образец машины не захотел. Владимир Леонидович сказал, что я действовал в правильном направлении, но делать её нельзя. Это может разрушить совместную МРП и МЭП программу по созданию собственных Советских БИС микропроцессорного комплекта. Эта совместная работа двух отраслей промышленности находится под постоянным контролем оборонного отдела ЦК КПСС.

В материалах обоснования замены машины в УВК большое внимание уделено возникающим проблемам разработки программ (постоянные изменения в системе команд, большая потеря времени, отсутствуют средства программирования и др.). В. Л. Коблов спросил С. С. Челпанова, сможет он при таких условиях завершить разработку программ комплекса А820 на будущей ЭВМ «Интеграция». Да, сказал С. С. Челпанов, но при условии повышения зарплаты и, так сложились обстоятельства, что мне нужна квартира. Вопрос зарплаты был решён без промедления, квартира осталась обещанием.

Решился и мой вопрос. Владимир Леонидович попросил меня дать ему честное слово, что я не буду продолжать разработку этой машины (аналог СМ-4). Слово я дал. Вот так, Владимир Леонидович приехал и за час решил важный для себя вопрос. Когда совещание было закончено, Владимир Леонидович попросил меня задержаться. Он как бы извиняясь, еще раз сказал: «Сейчас важно не нарушить совместную работу с Зеленоградом, сейчас «Интеграцию» трогать нельзя». Неожиданно Владимир Леонидович предложил мне перейти на другую работу с повышением должности и оклада и добавил: «В Пушкин, рядом с домом, кругом парки». «Засомневался в моем честном слове»: подумал я. Переходим в другой кабинет, к Генеральному директору НПО «Ленинец» Л. Т. Михееву. С Леонидом Тихоновичем мы вместе начинали работу на заводе № 283 в одном цехе радиорегулировщиками радиолокаторов «Кобальт», в одной дружеской молодежной компании отмечали праздники. В последствие он стал начальником цеха, главным контролером завода, директором завода «Новатор» и вот теперь Генеральный директор ЦНПО «Ленинец». Встреча была приветливой. Он сказал, что в Пушкине уже давно подготовлено предложение о создании научно исследовательского отделения по тренажерной тематике. Вот так неожиданно и быстро решилась моя судьба в 1982 году — так завершился мой полёт по просторам новых цифровых технологий. Я был среди первых у истоков нового цифрового века.

Закончился очередной этап моей работы. Первые десять лет в радиолокации, двадцать лет-микроэлектроника и вычислительная техника. Вскоре, приказом Заместителя министра радиопромышленности В. Л. Коблова я, без конкурса, был назначен начальником научно исследовательского отделения и Главным конструктором всех разрабатываемых и ранее разработанных имитаторов для авиационных тренажеров. В течении 1982–1992 гт. под моим руководством и при участии были разработаны, переданы в производство и эксплуатацию ряд имитаторов. В том числе родной мне имитатор комплекса “Купол”.

Я возглавлял отделение до 1992 года, когда в связи с распадом СССР прекратилось финансирование работ ВПК.

## Глава 3

# ОТ «ГНОМА» К ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЕ «АЯКС»

### 3.1. Мой друг Фрай

Мы с Володей Фрайштадтом учились со второго класса. Вместе были в эвакуации и все школьные годы были близкими друзьями с детских лет. У нас были одинаковые увлечения. В начальных классах большим увлечением было коллекционирование почтовых марок. Это было практически повальным увлечением всех мальчиков класса. Происходил непрерывный обмен марками. Всегда интересно у нас проходили банные дни. Лев Григорьевич, Володин папа, всегда старался взять меня вместе с Володей в баню. В баню в то советское время ходили со своими тазиками и выстаивали в очереди часами. Два часа в очереди — это значит повезло. Как правило, две нитки очередей — мужская и женская — параллельно тянулись по лестничным пролетам каждая к своему этажу. Мужчины и женщины стояли рядом и каждый (каждая) с своим тазиком. Во время продвижения очереди Лев Григорьевич всегда рассказывал что-либо интересное, увлекательное. Я думаю, что Лев Григорьевич всегда готовил к каждому «банному дню» какую-то тему для нас. Однажды Анна Ивановна, Володина мама, дала Володе деньги подстричься в парикмахерской. Я Володе предложил: давай я тебя подстригу, а на эти деньги купим мороженое. Его только недавно начали продавать в Ленинграде. Между двух вафельных круглых пластинок укладывались две столовые ложки мороженого. Такое мороженое надо держать двумя пальцами, сжимая их и выдавливая мороженое — облизывать его.



Володя Фрай

Такое мороженое было недорогое, и мы съели по несколько штук. После сладкого мороженого, с хорошим настроением пошли ко мне домой подстригаться. Я старался, делал все лучше и лучше, пока местами не закончились волосы. Володя посмотрел на себя в зеркало и остался очень недовольным. И это еще он не видел себя сзади!? По времени пора было возвращаться из парикмахерской домой. Мы пошли вместе. Дома Анна Ивановна ахнула от изумления. С мороженым пришлось сознаться и выслушать большой воспитательно-назидательный монолог. Мы со всем соглашались: да мы все поняли, такое больше не повторится.

Война. Уже через неделю началась массовая эвакуация детей из Ленинграда. Наш состав 30 июня из пассажирских вагонов со школьниками 1–4-х классов направился в Костромскую область. Нашей школе достались деревни на разных берегах реки Костромы, притока Волги, рядом с городом Буй. В каждой деревне была начальная школа, в которых мы, эвакуированные, были размещены. Мы жили, как в хорошем пионерском лагере. Экскурсии, походы, теребили лен. К началу учебного года пятиклассников поместили в отдельно стоящий дом (дом назывался «Овинций», а это место «Карега») на берегу реки Костромы с одной большой комнатой, в которой вдоль одной стены были кровати девочек, с другой — мальчиков. Столов и стульев не было. До школы в Буй дорога — почти тропа, пять километров проходила вдоль берега реки. До столовой около двух километров в противоположном направлении и тоже по берегу Костромы. Письменные домашние задания не делали из-за отсутствия у нас столов, а устные готовили каждый на своей кровати. За порядком в доме и за нами наблюдала мама одной из наших одноклассниц Зоси Ракитской. Зося была лидером в нашей группе. Вскоре после войны она стала первым чемпионом Европы по какому-то виду гребли, впервые введенному в европейские соревнования для женщин. Так мы проучились первую четверть. Средний балл оценок за первую четверть не превышал трех.

К учебе во второй четверти не приступали. Предстояла дополнительная эвакуация за Урал, в Курганскую область, село Половинное. Выехали в ноябре и приехали в Челябинск в декабре. В пути двадцать дней в товарных вагонах-«теплушках». В центре каждого вагона размещалась круглосуточно горящая железная печка с за-

пасом дров. С одной стороны вагона на двух этажах вповалку лежали (сидели) девочки, с другой стороны — мальчики. Спали также не раздеваясь, простыней не было. Через двадцать дней доехали. В Челябинске наш состав уже ждали грузовые машины (полуприцепы). Прямо у вагонов все построились со своими мешочками. Нас пересчитали, все на месте, около 200 человек. Мороз был небольшой, но ни у кого не было зимней одежды. Местный мужчина-распорядитель повел «178-ю школу» к своим машинам. Нам досталось село Половинное в 100 км от Челябинска и 100 км от Кургана.

В этот же день по зимнему бездорожью проехали 75 км до большого поселка Новый Кочердык. Остановились в большом детском доме. Здесь, очевидно, нас ждали. Спали в кроватях с чистым постельным бельем. Через два дня мы все были доставлены в поселок Половинное и разместились в трех кирпичных корпусах, ранее принадлежавших церкви. Церковь была рядом, очень красивая, но не работала и была заполнена колхозным зерном. Других каменных домов в поселке не было. Не было в наших домах электричества и водопровода. Удобства во дворе. Еще некоторое время в Половинном работал магазин, пока не распродали все товары. Мы с Володей успели купить одну последнюю пару лыж на двоих. В школе сидели за одной партой. Учеба давалась легко. В Половинном не было ни радио, ни газет и практически все ребята в интернате увлекались чтением книг. Фрай выделялся эрудицией и хорошей памятью на стихи, он был стройный и симпатичный, всегда аккуратный и острый на язык. В конце войны мы вернулись в Ленинград.

После возвращения в Ленинград из эвакуации увлеклись велосипедами и объехали весь город вдоль и поперек и «гоняли» на скорость по пустым от машин проспектам и площадям города. Был у нас с Володей еще один довоенный школьный друг, наш одноклассник, будущий композитор Боря Кравченко. Ребята звали его «Кравча». Он отличался от других ребят в классе тем, что его приводила в школу и уводила домой бабушка, а после уроков он оставался еще заниматься музыкой — игрой на фортепьяно. Он был как бы чужой в «стае» и его всегда пытались побить по любому поводу или без повода. Мы с Володей всегда были на его стороне и всегда его защищали. Эта наша дружба стала тоже пожизненной. Мы встретились весной 1945 года. Я уже поступил в техникум и стал убеж-

дать его также поступить в авиационный техникум. Борис с сожалением говорил: я уже не могу идти в авиацию, так как уже купил бушлат, тельняшку, бескозырку. Он и сейчас был в этой форме. Я ему рассказал про радиолокацию, и Боря сдался. Он поступил в авиационный техникум, закончил, три года отработал на авиационном приборном заводе. Там сейчас банк и ресторан. В конце концов он поступил в консерваторию, окончил композиторское отделение и стал сочинять музыку. Стал заниматься любимым делом. Он стал известным в СССР композитором, который оставил обширное наследие в разных жанрах музыкального искусства, но рано умер. В предисловии к книге о нем [23] автор пишет: *«Музыка Бориса Петровича Кравченко вошла в жизнь. Его произведения исполняются профессиональными и самодеятельными коллективами. Его хоровые сочинения пользуются широкой популярностью. Поются песни. В театрах разных городов идут его оперы и оперетта. Книга знакомит с биографией композитора, с его творческим путем, со многими его сочинениями. Ее цель заинтересовать тех, кто не знает музыки Б. П. Кравченко, привлечь к ней внимание. Ибо она того стоит».*

Он мне запомнился тем, что он играл с детских лет, с тех пор, как его научили родители, у него было желание играть. Храню за-

писи его песен. Когда Кравча поступил в консерваторию, наши интересы кардинально разошлись, но мы продолжали дружить семьями.

Приведу титульный лист книги о нем с дарственной надписью его жены, Фаины.

Володя оказался в Горном институте и стал геофизиком. Профессия оказалась несовместимой с его отношением к алкоголю. Лев Григорьевич попросил меня взять Володю на работу в наш институт и держать его под постоянным контролем. Поступив на работу

Л. Михеева

## БОРИС КРАВЧЕНКО

Портрет композитора

*Дорогой Женя -  
близкому другу  
детства и юности  
Боречки на добрую  
память*

*С любовью уважающей  
Фаина Кравченко  
12.05 96г.*



в институт в 1961 году на должность старшего инженера, в 1962-м стал начальником лаборатории. Уже на начальном этапе своей работы сделал оригинальные технические предложения, позволившие принять решение о возможности начать разработку БЦВМ «Гном» и ПНПК «Купол» до окончания отработки параметров нашей твердой схемы.

### **Вспоминает В. Фрайштадт [25]**

*Я поступил в университет на физический факультет. Но проучился там не долго. Пришел человек с Литейного, 4 («Большого дома»), начал вызывать, как помню, в 100-ю аудиторию студентов и отбирать в «спец-группу». Принципов отбора я не знаю, хотя и оказался отобранным. «Вы переводитесь на учебу в Горный институт», все. Стране нужен был уран. После окончания института мы начали искать урановую руду. В геологических экспедициях я побывал в Забайкалье, на Ямале, в Средней Азии. Странствовал по тундре, тайге, пескам. Знаю, что такое оставаться без еды пять суток и пр. Когда порой наша группа натыкалась где-нибудь в глухомани на воинскую часть, имевшую кинопередвижку, это казалось вершиной цивилизации. Я видел, как заключенные копают руду, жил в «закрытых» городах, куда приходила почта, но писать ответ из которых было нельзя, а потом вдруг понял, что это — «не мое». В 1962 году школьный приятель Женя Ляхович перетащил меня в «Ленинец» (НИИ-131).*

Когда у нас назрел вопрос отвода тепла из-за температурной зависимости микросхем, я сделал под В. Л. Фрайштадта лабораторию теплофизики. С ним работали Игорь Михайлов, Арвид Потрекий, Виктор Исаков. В последующие годы лабораторией В. Л. Фрайштадта были предложены оригинальные научно-технические решения важнейших проблем в радиолокационной и ракетной технике.

Мой друг Фрай оставил в истории авиастроения заметный след и занял достойное место в списке выдающихся генеральных конструкторов самолетов XX века, работавших в интересах Советского Союза [24].

## Конструкторы летательных аппаратов СССР

Антонов Олег Константинович (1906–1983)  
Архангельский Александр Александрович (1892–1978)  
Балабуев Петр Васильевич  
Беляков Ростислав Аполлосович  
Голубков Александр Петрович  
Егер Сергей Михайлович  
Лавочкин Семен Алексеевич (1900–1960)  
Левинских Александр Александрович  
Марков Дмитрий Сергеевич (1905–1992)  
Мосолов Иван Петрович  
Незваль Иосиф Фомич (1893–1987)  
Поликарпов Николай Николаевич (1892–1944)  
Сенькое Анатолий Александрович (1899–1962)  
Симонов Михаил Петрович  
Туполев Алексей Андреевич  
Фрайштадт Владимир Львович (1929–2005)  
Яковлев Александр Сергеевич (1906–1989)  
Цыбин Павел Владимирович (1905–1992)  
Туполев Андрей Николаевич (1888–1972)  
Сухой Павел Осипович  
Путилов Александр Иванович (1893–1979)  
Озеров Георгий Александрович (1889–1977)  
Надашкевич Александр Васильевич (1897–1967)  
Мясищев Владимир Михайлович (1902–1978)  
Микоян Артем Иванович (1905–1970)  
Писунов Борис Павлович (1898–1946)  
Леванович Борис Евдокимович  
Константинов Алексей Кириллович  
Кирсанов Николай Васильевич  
Иванов Евгений Алексеевич (1911–1983)  
Ильюшин Сергей Владимирович (1894–1977)  
Ермолаев Владимир Григорьевич (1909–1944)  
Гуревич Михаил Иосифович (1892/1893–1976)  
Близнюк Валентин Иванович  
Бериев (Бериашвили) Георгий Михайлович (1903–1979)  
Роберто Орос ди Бартини — Бартини Роберт Людвигович (1897–1974)  
Базенков Николай Ильич (1901–1973)  
Антонов Дмитрий Александрович

### 3.2. Когда не нужно то, что успешно

В шестидесятые годы в НИИРЭ для самолетов ТУ-95 разрабатывали обзорный радиолокатор большой дальности обзора земной поверхности. Для получения необходимой дальности обзора передатчик должен иметь мощность в импульсе 600 кВт. Такой мощный передатчик разрабатывался специализированным отделом передатчиков впервые. На разработку ушло несколько лет, но создать надежно работающий передатчик такой мощности специализированному отделу не удалось. Передатчик выходил из строя через несколько часов работы. Возникали электрические пробой в блоке из-за сильной ионизации от источника питания 24 кВ и локальных перегревов. И это несмотря на огромные габариты блока и вес 150 кг. Директором института в эти годы был д. т. н. профессор В. А. Потехин. У Владимира Львовича с директором института сложились взаимно уважительные отношения. Во время одной из бесед директор говорит: «Володя, сделай передатчик. Они (разработчики) никогда не доведут его до работоспособного состояния». В. Л. Фрайштадт никогда не видел в глаза передатчика и пошел в отдел передатчиков посмотреть на это «чудо». Ну что же, разработка передатчика для института важна и интересна. Проблемы разработанного передатчика, пробой и локальные перегревы могут быть решены, используя фреон с нужными свойствами. Электрическая прочность фреона по отношению к воздуху в 10 раз выше и обладает эффективным отводом тепла от локальных источников. Фреон позволит выполнить более плотную компоновку блока.

В. Л. Фрайштадт сказал директору, что ответственно и с большим желанием возьмется за эту разработку и уверен в положительном результате. Он поставил условие: «Мне нужен один ведущий инженер из отдела передатчиков, 20 литров спирта (не для питья, конечно, а чтобы ускорить все работы на всех этапах в производстве) и одного конструктора». В работу сразу включились специалисты теплофизической лаборатории, в частности Арвид Владимирович Потрекий — профессиональный химик, специалист по фреону, Виктор Николаевич Исаков — мастер «золотые руки» и А. А. Кузьмин, специалист по передатчикам (начальник лаборатории передатчиков).

В течение 1972–1974 годов группой В. Л. Фрайштадта был разработан передатчик большой мощности (600 кВт), изготовлен и прошел без отказов все виды климатических и механических испытаний. Этот передатчик выполнен в принципиально новой конструкции, ранее не применявшейся в бортовых авиационных системах. При этом практически в два раза уменьшены вес и габариты передатчика. Решены технические проблемы создания передатчиков самолетных РЛС высокой мощности. Специализированный отдел в течение нескольких лет пытался создать передатчик высокой мощности в импульсе, но не справился с поставленной задачей, и в комплектацию РЛС устанавливался ранее разработанный передатчик меньшей мощности. А здесь небольшая группа специалистов, никогда ранее не разрабатывающая передатчиков РЛС, в течение двух лет разработала, изготовила и успешно (без отказов) провела испытание в полном объеме, предложив новый принцип построения энергоемких самолетных устройств. Группе В. Л. Фрайштадта при разработке нового передатчика с погружением высоковольтных и теплонагруженных элементов во фреон очень пригодились результаты многолетних исследований Арвида Поттрекия по устойчивости конструкционных материалов к фреону, которые он проводил уже в течение десяти лет и не прервал их даже после того, как отпала необходимость погружения твердых схем во фреон (1963). Большое значение имел опыт разработки конструкции операционного блока экспериментального образца БЦВМ «Гном», предусматривающий погружение твердых схем во фреон и обеспечивающий отвод тепла за счет теплоты парообразования при температуре кипения фреона. При этом разброс температуры по всему объему блока не превышал одного градуса Цельсия.

### **Вспоминает В. Н. Исаков**

*Передатчик от отдела Е. М. Ляховича мы делали до 1972 года. Нас откомандировали в лабораторию Кузьмина, в отдел передатчиков. Они уже разработали передатчик в традиционной конструкции на воздухе. Он был огромным «корытом» в 150 кг весом и его «прошивало» статическим электричеством. Директор института В. А. Потехин попросил Фрайштадта, как инженера-специалиста, способного принимать нестандартные решения. (В. Л. Фрайштадт в основном кидал идеи. У него*

из пяти одна была хорошая. В итоге в дальнейшем он дофантазировался до того, что стал летать на самолете в атмосфере со скоростью 14 махов). Передатчик мы сделали и в 1972 году испытывали его в бункере. Бункер был сделан из железобетона на глубине трех метров для защиты от возможного излучения «секретной частоты». Нас закрывали бетонной дверью, как в сейфе. В бункере провели все испытания. Мы сделали из большого передатчика много меньший и залили его дибутилфталатом (реагент из семейства фреоновых). Он кипит при температуре 100 градусов и имеет удельный вес 1,8 грамма на кубический сантиметр. На 1 мм толщины выдерживает напряжение 10 киловольт. Мы даже просили конструкторов компоновать передатчик как можно плотнее. В передатчике тепло выводили тепловыми трубками моей конструкции, которую применили для этой задачи впервые.



Виктор Николаевич  
Исаков

Никаких электрических искажений, с которыми боролись разработчики «воздушного» передатчика, у нас не было. В конструкторском отделе С. Т. Дубатовко, в который нас перевели из отдела Е. М. Ляховича, до нас ничего не могли сделать, а тут такой прорыв. Мы все сделали. Выполнили все требования технического задания на систему охлаждения, результаты были великолепны, но наш передатчик и вся документация на него были втихую уничтожены по указанию нового директора института Зуева В. М. Кузьмин А. А. откровенно матерился на весь институт. Заявок на авторские свидетельства и патенты в то время мы не писали, ограничились отчетом (1972).

Несмотря на то что были проведены все испытания, у заказчика уже было подписано решение комплектовать РЛС ранее разработанным передатчиком меньшей мощности, а передатчик, который сделала лаборатория В. Л. Фрайштадта, так и не пошел на внедрение. Наш отдел к работам по этому передатчику формально уже отношения не имел.

Ну и как же была оценена эта работа руководством института? Как же отметили в институте этот феноменальный результат работы группы В. Л. Фрайштадта?

Результаты работы не были использованы, а образец был уничтожен Г. М. Месроповым по распоряжению нового директора института В. М. Зуева, включая всю конструкторскую документацию. Это было прямое предательство интересов страны. Я не хочу сказать,

что директор преступник, он был просто «чином от ума избавлен» (А. С. Пушкин). В. Л. Фрайштадт впал в депрессию. Три месяца он не приходил на работу. Его новый начальник конструкторского отдела Дубатовко С. Т. оформлял ему очередные отпуска за счет ранее неиспользуемых (три месяца). Далее увольнение. Виктор Николаевич поступил в Ленинградский университет на физико-математический факультет.

### **Вспоминает В. Фрайштадт [25]**

*Жизнь в «оборонке» протекает по разному. Иногда интересно, иногда тоскливо. Не складывались отношения с директором института. Вообще я заметил, что пусть и редко, но встречаются индивиды, у которых я без всяких видимых причин вызываю просто патологическую неприязнь. Да и самому стало казаться, что какой-то дурью занимаюсь. Поскольку я не один был такой, то в институте образовалась «группа веселых и находчивых». Входил в нее человек, в лаборатории которого стояла столь сверхсекретная радиостанция, что вход посторонним туда был категорически запрещен. Мы использовали это обстоятельство, собирались в лаборатории с утра и начинали обсуждать проблемы с помощью плохо разведенного казенного спирта. А вечером начальник 1-го отдела, старый чекист, воевавший в годы войны за линией фронта, добрая душа, грузил нас на ГАЗ-67 и в качестве «специзделий» вывозил за территорию фирмы. Долго так, естественно, продолжаться не могло. И пришлось мне, к чертовой матери, сматывать удочки. Уволили.*

#### **3.2.1. ФАР будет летать!**

В процессе разработки конструкции БЦВМ с фреоном Виктор Николаевич Исаков сделал потрясающее изобретение. Он предложил и изготовил «тепловую трубку» с теплопроводностью, в 700 раз большей теплопроводности меди. Зарубежный патент на подобную тепловую трубку мы увидели только через два года. Такая тепловая трубка оказалась востребованной при создании нового поколения цифровых РЛС с фазированной антенной решеткой. В НИИРЭ разработкой такой антенны на диодах Ганна занималась начальник лаборатории Вера Петровна Бибинова. Умная, добрая, хорошая женщина. Блоки на диодах Ганна в рабочем состоянии требовали стабильной температуры с разбросом по площади один квадратный метр не более одного градуса. Решить такую задачу оказа-

лось возможным только с использованием тепловых трубок. Между лабораториями В. П. Бибиновой и В. Л. Фрайштадта установились хорошие деловые отношения. Работали без официальных планов и указаний. Работы по антенне выполнялись одновременно с работами по передатчику.

Владимир Львович посвятил Вере Петровне стихотворение, написанное во время совместной работы по созданию ФАР.

#### **В. П. Бибиновой**

Забудь на время о диоде Ганна,  
Прошу, оставь на время СДЦ,  
Облагородь порывы хулигана,  
Расправь морщины на его лице.

Мгновения борьбы, а тленья — вечность.  
Что мы оставили, к чему идем?  
Что нужно нам? Простая человечность  
Иль смерть, что мы с тобою создаем.

### **3.3. Температурная проблема крылатых ракет Х-90**

Несмотря на депрессию, Владимир Львович не терял связей со специалистами института. Его интересовали проблемы, где можно было бы приложить свои знания и опыт. Главный конструктор радиолокаторов для крылатых ракет обсуждал с Владимиром Львовичем проблемы перегрева антенны локатора. При повышении скорости движения ракеты антенна и обтекатель перегревались сверх допустимого уровня и радиолокатор терял работоспособность. Таким образом, радиолокатор ограничивал возможности ракеты лететь с большей скоростью и на большее расстояние. Было принято компромиссное решение: при достижении предельно допустимой температуры головки РЛ маршевый двигатель отключался, скорость падала, температура головки падала до определенного предела и двигатель включался повторно. Такой режим полета повторялся не один раз. Да, проблема и важная, и интересная. Надо возвращаться в институт. Принципиальное техническое решение проблемы уже созрело в голове. Я не знаю, какие медицинские или другие меры предпринял Володя (это его интимный вопрос), но в последующие

почти двадцать лет никаких контактов с алкоголем не было. К этому времени институт НИИРЭ объединился со своими заводами, создав научно-производственное объединение «Ленинец». Генеральным директором назначен директор завода «Новатор», выпускающего ПНПК «Купол», Лев Николаевич Зайков (впоследствии член политбюро ЦК КПСС, Первый секретарь МГКП (после Б. Н. Ельцина), секретарь ЦК КПСС).

В. Л. Фрайштадт написал на имя Л. Н. Зайкова заявление о приеме на работу в институт на должность ведущего инженера. На четырех страницах листа из школьной тетради кроме заявления была изложена предполагаемая программа работ и ожидаемые результаты. Заявление я принес Л. Н. Зайкову, подробно рассказал о результатах его работ в предшествующий период и причинах его депрессии. Резолюция Л. Н. Зайкова на заявлении была такой: «Нач. отдела кадров. Оформить. При первом нарушении дисциплины уволить. Л. Н. Зайков». Отдел кадров института задерживал оформление. Пришлось снова обращаться к Л. Н. Зайкову. Он при мне вызвал начальника ОК института. «Почему не оформляете Фрайштадта?» — спросил Зайков. «Директор института В. М. Зуев выражает на прием Фрайштадта в институт. Он говорит: “Или я, или В. Л. Фрайштадт”». Л. Н. Зайков дал указание: «Немедленно оформить». На следующий день Владимир Львович был на работе. Делать в конструкторском отделе уже было нечего, но была свобода действия в любом направлении. Сейчас Владимир Львович был озадачен проблемой перегрева радиолокационной антенны и режимами полета гиперзвуковой крылатой ракеты главного конструктора И. С. Селезнева (МКБ «Радуга», Дубна). Почти одновременно с В. Л. Фрайштадтом после окончания университета вернулся на работу в институт Виктор Николаевич Исаков. Решили продолжить работать вместе. Обсудили проблемы с тепловым перегревом РЛС на ракете Х-90. Для уменьшения температуры зеркала антенны рассмотреть возможности, в том числе конструктивные, уменьшения температуры внутренней поверхности радиопрозрачного обтекателя. Целесообразно также рассмотреть эффективность внутренней теплоизоляции зеркала антенны.



### **Вспоминает В. Н. Исаков**

В 1976 году В. Л. Фрайштадт и я вернулись на работу в НИИРЭ (ВНИИРЭС). Меня сначала направили в конструкторский отдел, в теплофизическую лабораторию отдела института. В. Л. Фрайштадт пришел работать к Анатолию Николаевичу Степанову.

Владимир Львович уже был озадачен тепловыми проблемами нашего радиолокатора («радиолокационной головки») при полетах в составе гиперзвуковой крылатой ракеты Х-90, которая разрабатывалась в Дубне (главный конструктор И. С. Селезнев). В. Л. Фрайштадт, используя личные связи, получил от МКБ «Радуга» просьбу командировать специалистов для консультаций В. Л. Фрайштадта, В. Н. Исакова, А. В. Потреки. В Дубну выехали сразу. Один вопрос не покидал нас: сможем ли мы улучшить ситуацию с температурой радиолокационной головки? Это проблема ракетной техники, и, безусловно, в Дубне работают опытные специалисты, а здесь явились «консультанты» с радиотехнического института?! В Дубне, куда мы приехали в командировку по просьбе И. С. Селезнева, нам рассказали, как в головной части ракеты установлен обтекатель из радиопрозрачного материала толщиной 10 мм, далее положен слой в 25 мм стекловаты, и затем слой стеклоткани. Ракета должна была развивать скорость до 6 махов. Мах — это отношение скорости полета летательного аппарата к скорости звука в среде полета, то есть функция от высоты. В ракете после 2 минут полета разогрев был настолько большим, что скорость сбрасывалась до 3 махов, чтобы остудить зеркало антенны, рабочая температура которой должна быть не более 110 градусов. Если выше, то зеркало начинает коробиться и ракета «слепнет». Ракета летит 1 800 м/сек, или 6 460 км/час. При этом теплозащита антенны недостаточна. Но разработчики считали, что через 12 минут полета до цели антенна не успеет «ослепнуть». Перед нами поставили задачу: «Как устранить перегрев антенны радиолокатора и сохранить его работоспособность во всем диапазоне скоростей ракеты».

Теплофизические расчеты в МКБ делал Борис Иванович Маков. Он рассказал мне, что антенну «ведет», и прочее. Я попросил сообщить мне такие параметры теплозащиты, как теплопроводность, теплоемкость и плотность. Кроме того, зеркало антенны было прикрыто термоизоляционным колпаком толщиной 5 мм и мне еще понадобилось знать, какие они используют термостойкие клеи и на какой основе. В Ленинграде я первым делом поехал в Технологический институт (ЛТИ) и выяснил, что они занимаются клеями, которые держат температуру до 250 градусов. Такой же клей исполь-



Рис. 3.3.1. Головная часть ракеты Х-90

зовали в ракете. Выше этой температуры эти клеи обладали для меня важным отрицательным свойством: они «газят». В ЛТИ мне даже дали кривую зависимости интенсивности потока газов от температуры. Я посчитал и получил температуру на поверхности колпака 440 градусов. При этом лучистая теплопроводность, конвекция и тепломассоперенос, из-за того что клей «газил», приводили к тому, что средняя температура поверхности антенны получилась 250 градусов вместо 110, которая требовалась. Я подумал, что ошибся. «Неужели за 12 минут может образоваться при такой качественной пассивной теплозащите такая температура? Этого не может быть», — думал я. Я расстроился, и вдруг звонит Б. М. Маков В. Л. Фрайштадту и мне предлагает срочно приехать, так как они сегодня вечером проводят испытания, а завтра можно будет посмотреть результаты. Будет получено все тепловое температурное поле.

Эксперимент в Дубне выглядел интересно. Они теоретически посчитали, какие тепловые потоки будут воздействовать на обтекатель

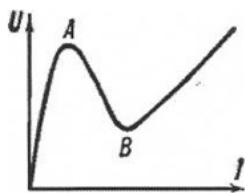


Рис. 3.3.2. График полёта ракеты X-90

и воспроизвели в натурном эксперименте условия полета. Поставили на рельсах работающий реактивный двигатель, который можно было подводить и отводить от головки ракеты, закрепленной неподвижно. В результате получили значение температуры в нужных точках (A и B) в соответствии с графиком полета ракеты. На рисунке 3.3.2 значение  $U$  — скорость ракеты,  $t$  — время, A — точка выключения двигателя из-за перегрева, B — точка повторного включения двигателя ракеты.

Когда мы приехали, они как раз снимали обтекатель. Сняли теплозащитный колпак, и я увидел светло-коричневое зеркало антенны. Зеркало уже восстановилось от коробления. Я понял, что клей «газил» немного, а на самом деле эта «пыль» оказалась достаточно плотной и не только разогревала зеркало антенны, а и покрывала его поверхность пленкой. При этом средняя температура поверхности была 250 градусов, то есть совпала с моими расчетами «один в один». Я показал Б. М. Макову свои распечатки  $250 \pm 0,3$ . Они не поверили своим глазам. Б. М. Маков сказал, что если бы я ошибся на 30 % — это был бы очень хороший результат, а такое совпадение — это невероятно. Такие эпизоды остаются в памяти на всю жизнь. Б. М. Маков меня после этого стал очень уважать.

Мы сделали следующие выводы и рекомендации: «Если убрать теплоизоляционный колпак, температура зеркала будет меньше, так как колпак «газит» начиная с 250 градусов, тем более при 440. Температура поверхности все равно будет больше 110 градусов, поэтому надо охладить сам обтекатель (внутреннюю поверхность обтекателя)».

Мы предложили для дополнительного снижения температуры зеркала антенны на внутреннюю поверхность обтекателя изнутри «поливать» фреоном, когда обтекатель нагревается на большой скорости.

*Мы выяснили, что топливо, которое использовалось в ракетах, можно было использовать как хладагент для охлаждения термотрубки, в которую заливали фреон марки МДЗФ. В 1977 году мы занимались этими процессами и получили авторское свидетельство № 2224699/11, 02.09.1977 «Система тепловой защиты радиоэлектронной аппаратуры летательного аппарата».*

Договорились с главным конструктором И. С. Селезевым провести специальный полномасштабный эксперимент с нагревом обтекателя РЛС реактивным двигателем.

В. Л. Фрайштадт сделал в экспериментальном производстве макет устройства для впрыска фреона и прочие приспособления. Вскоре мы втроем приехали в Дубну. Все собрали и установили на рельсы конструкцию. Стали подводить работающий двигатель к головке, температуру которой довели до 1 200 градусов (когда обтекатель перестает быть радиопрозрачным), открыли «крантики», «приснули», и температура упала на 400 градусов, при которой обтекатель уже радиопрозрачен. Температура упала с такой скоростью, что физики из Дубны никак не могли объяснить это явление известными им законами. Как можно такое количество тепла так мгновенно убрать (за миллисекунды)? Было непонятно, как такое возможно, но эффект явный! Написали заявку на открытие физического явления (коллективную). Получили какое-то количество положительных отзывов, но, когда эта заявка попала к металлургам, которые выплавляют чугун в коксовых печах, они сказали, что они всю жизнь с этим живут и мучаются.

Они жгут кокса во много раз больше, чем надо для расплавления чугуна, так как это явление у них съедает тепловую энергию. Это следствие конверсии углеводов из угля. В том случае выделяется водород, который там есть. То есть открытие не получилось.

### **Вспоминает В. Н. Исаков**

*В 1978 году в МКБ при нас провели испытания, и мы с МКБ заключили договор на разработку системы охлаждения. В 1979-м они согласовали с нами техническое задание, и мы начали изучать процесс термического разложения. Промежуточные испытания мы провели. Мне пришлось поехать в Москву, где у И. С. Селезнева я какое-то время работал в конструкторском отделе. Там я спроектировал трубку в виде конуса между*

корпусом ракеты и обтекателем. На конусе я сделал направляющие по спирали, чтобы парогазовая смесь шла между корпусом обтекателя и конусом. Конус изнутри прижимался к обтекателю, чтобы его охладить, так как фреон испарится и будет проходить процесс с поглощением тепла. Это благотворно влияет на систему обтекания, так как меняются свойства обтекателя и улучшается обтекание. Сначала я спроектировал конус по обтекателю, далее сделали мою конструкцию в производстве и после этого мы приехали с В. Л. Фрайштадтом на испытания, которые закончились успешно. Он, кроме всего прочего, еще в 1977-м в Дубне заметил, что топливо при охлаждении головки пиролизуется, т. е. происходит термическое разложение его молекул. Тепло идет на то, чтобы разорвать межмолекулярные связи, при этом идет процесс поглощения тепла. В августе 1977 года, после командировки в Дубну, у В. Л. Фрайштадта «родилась» в голове концепция, которая в дальнейшем получила имя «Аякс», когда мы на скамейке в садике на площади искусств фантазировали о дальнейших перспективах пиролиза топлива. Уточняющие расчеты процессов, которые я выполнил после наших разговоров, подтвердили состоятельность идей Владимира Львовича. По результатам работы мы оформили патент «На разложение керосина на катализаторе и его использование в двигателе летательного аппарата». Патент РФ № 20462 от 03.08.1981.

### 3.4. Полет с гиперзвуковой скоростью в «пятом океане»

В КБ «Радуга» (Дубна) проводятся специальные тепловые испытания гиперзвуковой крылатой ракеты с экспериментальным устройством системы охлаждения обтекателя антенны РЛС, предложенным В. Л. Фрайштадтом.

Горячий поток выходных газов работающего двигателя реактивного самолета направлен на обтекатель РЛС и разогревает его до 1200 градусов. При включении системы охлаждения, температура упала на 400! градусов с необъяснимой для теплофизиков КБ скоростью. Это было для всех участвующих в эксперименте открытием и даже начали оформлять заявку на «открытие». С механизмом такой высокой скорости отбора тепла разобрались, помогли металлурги. Разобрались и прошли мимо. Владимир Львович мимо не прошел. Он подумал об американских челноках «Шатлах». «Это какое же количество энергии мы не используем, когда она сама к нам идет, и мы от нее защищаемся. Надо эту энергию использовать внутри само-

лета». В эти годы «холодной войны» шло соперничество ведущих конструкторов СССР и США и они активно работали над созданием самолета, преодолевающего скорость звука, и благодаря технологическому прогрессу подобных характеристик удалось достигнуть достаточно быстро. Начались исследования и разработки летательных аппаратов с большими скоростями. Одной из более прорывных разработок в этой области стал проект гиперзвукового самолета «Аякс», способного развивать скорость свыше 14 тысяч кмч. Отечественная концепция принципиально нового гиперзвукового самолета была выдвинута в конце 80-х годов Владимиром Львовичем. Главной изюминкой «Аякса» стало то, что основным инициатор проекта — Владимир Фрайштадт предложил не защищать гиперзвуковой аппарат, перемещающийся с огромной скоростью от тепла, а наоборот впустить тепло внутрь для увеличения энергоресурса аппарата. Согласно предложению Фрайштадта гиперзвуковой летательный аппарат «Аякс» должен был стать открытой неизолированной аэротермодинамической системой, в которой во время всего атмосферного полета часть кинетической энергии обтекающего ГЛА гиперзвукового воздушного потока аккумулировалась бы его бортовыми подсистемами, преобразуясь в электрическую и химическую энергию повышая тем самым общий ресурс аппарата. Такой подход решал одну из глобальных проблем охлаждения гиперзвукового самолета. Концепция предложения в проекте «Аякс» была революционной. Она обладала большим коэффициентом новизны, а значит и большим техническим риском. В качестве маршевого двигателя планировалось использовать магнито-пламохимический двигатель, который включал в себя МГД-ускоритель и магнитогазодинамический генератор. За счет торможения магнитным полем гиперзвукового потока создавались оптимальные условия для сгорания топлива в сверхзвуковой камере сгорания. Параллельно с этим должна была генерироваться электроэнергия мощностью до 50 МВт. В случае необходимости увеличить скорость полета МГД-ускоритель мог еще больше разогнать продукты сгорания, что позволило бы аппарату развить скорость на уровне 25 махов, а также обеспечить ему выход на околоземную орбиту. Предполагалось, что дальность действия «Аякса» будет составлять до 20 тыс. км, при скорости выше 10 тыс. км/ч, а «потолком» самолета станет высота 30–60 км. Предполагалась

возможность использования «Аякса» для оказания помощи космическим кораблям на около земных орбитах. Долгое время инженера Владимира Фрайштадта обвиняли в том, что он работает над созданием вечного двигателя и то, что у него не научный подход к работе и лишь в 1987 году, комиссия, которой руководил вице-президент Академии Наук Е. П. Велихов, вынесла вердикт-Концепция «Аякс» не является вечным двигателем и не нарушает физических законов.

По предложению Генерального Конструктора гиперзвуковых ракет Селезнева и указанию МРП группа Фрайштадта получила статус самостоятельной лаборатории № 615 и право самостоятельной внешней переписки. При дальнейшем развитии работ лаборатория № 615 была преобразована в отдел № 615, СКБ «Нева», Государственное Научно Исследовательское Предприятие Гиперзвуковых Систем «НИПГС». Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР Государственному предприятию «НИПГС» задана разработка предварительного (эскизного) проекта гиперзвукового самолета по концепции «Аякс». Генеральным конструктором самолета назначен В. Л. Фрайштадт. Проект был рассмотрен в ЦАГИ и получил положительную оценку: «Проект может быть реализован, но разработка самолета должна быть передана в министерство авиационной промышленности (МАП)».

Далее в данном и следующем разделах представлены технические материалы по ГЛА «Аякс», копии и ксерокопии оперативных и распорядительных документов, копии рабочих материалов американской и французской разведок с полученными ими информации по НИПГС и о состоянии разработки ГЛА «Аякс». В этом разделе представлены так же воспоминания Виктора Николаевича Исакова, талантливого инженера и соратника Владимира Львовича, проработавшего совместно с ним более 40 лет и «воспоминания» других важных участников программы «Аякс» и принимавших важные решения в продвижении этой работы.

### ***Вспоминает В. Фрайштадт [24]***

*В беседах с Аяксом (так звали любимую собаку Фрайштадта (рис. 3.4.1)) мне приходилось рассуждать и о своей работе, о положении дел в авиации и космонавтике. Умнейший, интеллигентнейший был пес. Все понимал. Если бы собрать воедино все беседы, которые мы с ним вели, получилось*



Рис. 3.4.1. «Фрай» с другом Аяксом

*бы многотомное издание. Были в этих беседах свои находки и потери, радости и огорчения, открытия и провалы, вся гамма чувств. Мы шли методом последовательных приближений. Я не берусь передать ход моих мыслей, нередко противоречивых. Обрисую лишь общее направление. Во-первых, я узнал, что можно реально использовать углеводородное топливо для охлаждения. Во-вторых, топливо при нагреве разрушается, разваливается с выделением радикалов, которые, рекомбинируя, дают много водорода.*

Отсюда естественное продолжение: нельзя ли использовать тепло, от которого всегда стремились защититься, и заставить его выполнять полезную работу по получению водорода? А сам водород в смеси с основным топливом использовать в двигателе?

Ниже приведено популярное изложение концепции В. Л. Фрайштадта «Аякс», опубликованное на официальном сайте ОАО «НИПГС» в 2018 году [41].

### Концепция «Аякс»

Концепция принципиально нового гиперзвукового аппарата была выдвинута в конце 80-х годов Владимиром Львовичем Фрайштадтом. Он предложил не защищать аппарат, летящий с огромной скоростью, от тепла, а, напротив, впускать его внутрь для повышения энергоресурса. Согласно



концепции «Аякс», гиперзвуковой летательный аппарат (ГЛА) является открытой неизолированной аэротермодинамической системой, в которой на всех этапах атмосферного полета часть кинетической энергии обтекающего ГЛА гиперзвукового воздушного потока ассимилируется бортовыми подсистемами, повышая общий ресурс аппарата и преобразуясь в химическую и электрическую энергии. Это решало глобальный вопрос охлаждения планера и много других проблем.

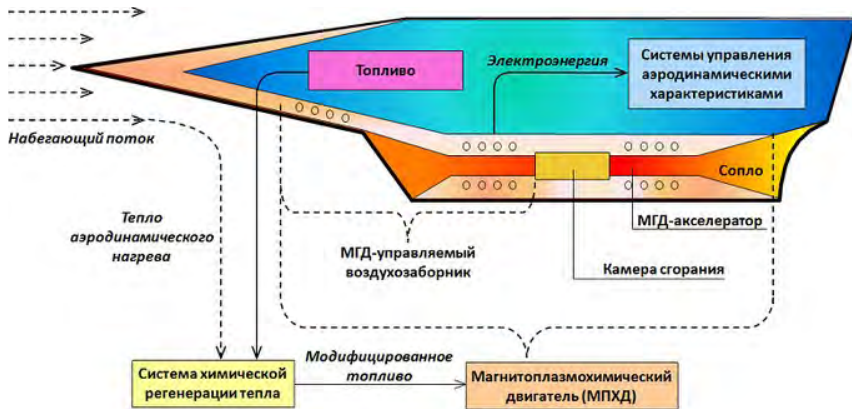


Рис. 3.4.2

Гиперзвуковой ЛА использует в качестве топлива углеводороды (керосин или более перспективное топливо — сжиженный метан) и воду. Для утилизации тепла в двойной обшивке «Аякса» размещается термохимический реактор, в который после разгона и аэродинамического нагрева обшивки подают углеводородное топливо. Оно используется как «эндотермическое» топливо — поглощает тепло. Под действием температуры, давления и с помощью катализатора смесь топлива с водой разлагается на олефин и свободный водород. Эта водородосодержащая смесь поступает в магнитоплазмохимический двигатель, представляющий собой МГД-генератор, гиперзвуковой ПВРД и находящийся за камерой сгорания МГД-ускоритель. МГД-генератор, тормозящий поток до оптимальной скорости, выступает в роли компрессора. Заторможенный и предварительно ионизированный поток воздуха поступает в камеру сгорания, куда подается обогащенное водородом топливо (керосин или метан). Истекающие продукты сгорания попадают в сопло, дополнительно разгоняются МГД-ускорителем и, расширяясь, выходят наружу. Для ускорения потока и для ионизации воздуха — создания «холодной плазмы» используется электроэнергия, выработанная МГД-генератором. Это позволяет повысить скорость ЛА на 10-30 % и получить еще целый ряд преимуществ. Плазменная воронка вокруг воздухозаборника ГПВРД увеличивает его эффективный диаметр, возрастает чуть



ли не до сотни метров, плазменные пятна-облака впереди ЛА существенно снижают сопротивление воздуха, а около крыльев — увеличивают их эффективную площадь и регулирует подъемную силу. Для ионизации воздуха возможно и применение лазерного излучения или источника нейтронов.

Таким образом, летящий в атмосфере аппарат сможет преобразовывать кинетическую энергию набегающего воздушного потока в широкий спектр различных видов энергии и использовать бортовой энергетический комплекс мощностью 100 МВт для самых различных задач планетарного характера.

Отличительной особенностью концепции «Аякс» является ее целостность с энергетической точки зрения. В ней органически соединены различные научные и технологические подходы:

- Система активной тепловой защиты, утилизирующая тепловые потери от аэродинамического нагрева и работы силовой установки с одновременной конверсией углеводородного топлива в водородосодержащую смесь для камеры сгорания ГПВРД;
- МГД-управление ионизированным потоком воздуха в двигателе для улучшения его характеристик и превращения части кинетической энергии воздуха в электрическую;
- Локальное энергетическое воздействие на набегающий поток воздуха для управления аэродинамикой аппарата.

Подстраницы (3): МГД-управление ионизированным потоком в двигателе; Плазменное управление аэродинамикой; Система активной тепловой защиты.

### *Система активной тепловой защиты*

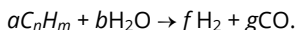
Активная тепловая защита гиперзвукового летательного аппарата по концепции «Аякс» основывается на химическом эндотермическом преобразовании исходного углеводородного топлива за счет утилизации тепловых потерь, связанных с аэродинамическим нагревом планера и работой силовой установки. Это преобразование осуществляется в каталитических реакторах, размещаемых в теплонапряженных частях аппарата, и позволяет:

- увеличить хладоресурс топлива посредством физико-химических превращений исходных компонентов;
- обеспечить охлаждение конструкции не только за счет отвода тепла конвекцией и излучением, но и поглощая его в процессе химической реакции непосредственно на защищаемой поверхности;
- получить водородосодержащую топливную смесь, направляемую в камеру сгорания и улучшающую энергетические и экологические характеристики процесса горения.

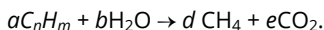
Основная идея использования химической регенерации тепла для охлаждения и преобразования топлива ГЛА базируется на том, что газо-

образные энергоносители, нагревание которых сопровождается протеканием в них эндотермических химических реакций, оптимально решают обе поставленные задачи. Привлекательность химически реагирующего газа как охладителя определяется двумя основными факторами. Во-первых, вследствие теплового эффекта эндотермической реакции существенно увеличивается суммарная теплоемкость газа, поэтому при том же температурном подогреве газа можно значительно увеличить теплосъем с охлаждаемой поверхности. Во-вторых, процесс теплообмена в химически реагирующем газе, наряду с обычным конвективным переносом тепла, включает в себя диффузионный перенос скрытой теплоты реакции, который в отличие от конвективного теплопереноса не создает значительных перепадов температуры. Таким образом, при параллельном действии обоих видов теплопереноса в пограничном слое на охлаждаемой стенке наблюдается существенное увеличение суммарной теплоотдачи.

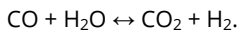
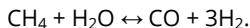
Среди множества существующих эндотермических реакций нами рассматривается реакция паровой конверсии углеводородов. Конкретный вид реакции паровой конверсии зависит от условий проведения процесса (температура, давление, отношение вода/углеводород и др.). Так, при высоких температурах ( $t > 1000$  °C) реакции практически идут до образования только  $H_2$  и  $CO$  (высокотемпературная конверсия):



При низких температурах ( $t < 400$  °C) выход продуктов сильно смещен в сторону образования  $CH_4$  и  $CO_2$  и результирующую реакцию газификации можно представить в виде (низкотемпературная конверсия):



В общем случае реакции сопровождаются еще двумя независимыми обратимыми реакциями, которые и определяют равновесный состав конвертированного газа:



К сожалению, процесс разложения углеводородов осложнен и нежелательными реакциями образования свободного углерода (кокса). Одним из путей уменьшения коксообразования является применение двухступенчатой схемы разложения. Дело в том, что скорость отложения кокса на поверхности никельсодержащих катализаторов уменьшается в ряду: этилен > бензол > гептан > гексан > бутан > метан. Кроме того, отношение C/H в молекуле метана минимально. Поэтому, если сырьем служит метан, образование углеродных отложений не является сложной проблемой в целом.

Поступающее из системы подготовки топлива углеводородное топливо направляется по двум каналам. Основная часть идет в камеру сгорания.



Рис. 3.4.3. Пример камеры сгорания с активным тепловым охлаждением

Меньшая часть направляется в термохимический реактор, одной из стенок которого является внутренняя стенка цилиндрической камеры сгорания. В термохимический реактор поступают также пары воды. Полученный в результате паровой конверсии водород смешивается с исходным топливом. Таким образом, в камеру сгорания попадает метан, обогащенный водородом, что значительно улучшает качество топливной смеси (в частности, повышается теплотворная способность топлива). Часть выделившейся энергии создает тепловой поток на стенку реактора, который и используется для проведения реакции паровой конверсии. При этом происходит снижение температуры стенки камеры сгорания.

### *МГД-управление ионизированным потоком в двигателе*

В настоящее время наиболее перспективным для освоения гиперзвуковых скоростей полета считается прямоточный воздушно-реактивный двигатель (ПВРД) со сверхзвуковым горением (СГ), в котором для предварительного сжатия набегающего воздушного потока используется поверхность летательного аппарата. Однако сложная структура течения в его тракте повышает вероятность отрыва потока и затрудняет организацию эффективного сжигания топлива в камере сгорания. При скорости полета меньше расчетной для воздухозаборника ПВРД СГ снижается коэффициент расхода воздуха и степень поджатия потока. Кроме того, при изменении скорости полета существенно перестраивается структура течения в ПВРД СГ, который, таким образом, оказывается эффективен только в небольшом диапазоне скоростей. В связи с этим нами исследуется комплекс проблем, относящихся к разработке в рамках концепции «Аякс» двигателя нового типа — ПВРД с МГД-взаимодействием (в нашей терминологии — магнитоплазмохимический двигатель (МПХД)).

Данная упрощенная схема МПХД, является, по сути, гиперзвуковым прямоточным воздушно-реактивным двигателем с введенными в его тракт МГД-системами. Во внешней части воздухозаборника реализуется сжатие

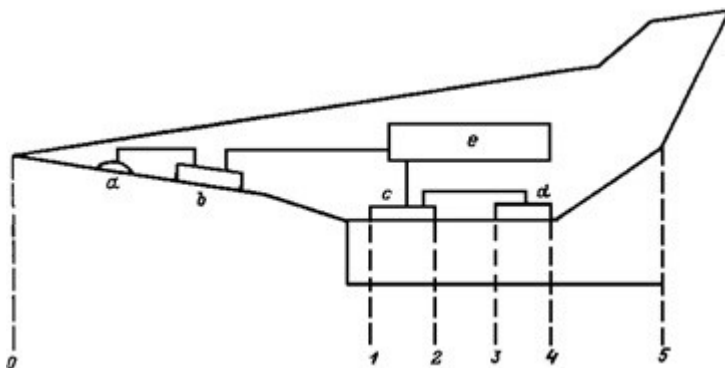


Рис. 3.4.4. Схема МПХД: 0–1 — воздухозаборник, 1–2, c — внутренний МГД-генератор, 2–3 — камера сгорания, 3–4, d — МГД-ускоритель, 4–5 — сопло; a — ионизатор, b — внешний МГД-генератор, e — бортовые системы

набегающего потока в системе  $N$  скачков уплотнения и его разворот на суммарный угол  $\theta_N$ , а во внутренней — обеспечивается обратный разворот потока на угол  $\theta_N$  и его дополнительное сжатие. Ионизатор используется для создания необходимой проводимости потока в том случае, когда естественная проводимость не обеспечивает требуемой степени МГД-взаимодействия. Внешний МГД-генератор используется для управления профилем потока, регулирования расхода воздуха в тракте МПХД и повышения давления. Внутренний МГД-генератор используется для повышения давления и предотвращения развития отрывных течений. Электроэнергия, которую вырабатывают МГД-генераторы, расходуется на обеспечение энергетических потребностей ионизатора, бортового оборудования, а также на дополнительное ускорение продуктов сгорания в МГД-ускорителе.

При МГД-торможении воздушного потока его кинетическая энергия преобразуется в электрическую, направляемую на:

- реализацию функций регулируемого воздухозаборника, оптимизирующего параметры состояния МПХД;
- уменьшение лобового сопротивления за счет взаимодействия плазменно-воздушного гиперзвукового потока с поверхностью планера;
- функционирование мощных бортовых систем направленной передачи энергии, преобразующих электрическую энергию в управляемое излучение, используемое для решения большого круга нетрадиционных прикладных и оборонных задач и обеспечение работы бортового радиоэлектронного комплекса.

Объемное торможение магнитным полем позволяет создать регулируемый воздухозаборник, оптимизировать параметры состояния воздушного потока в тракте МПХД (в том числе и в камере сгорания) и тем самым обе-

спечить создание прямоточного двигателя, работоспособного в широком диапазоне гиперзвуковых скоростей. При этом отпадает необходимость использовать трудно осуществимые методы механического управления геометрическими параметрами двигателя. Современные достижения в области электротехники и магнитотехники позволяют считать, что МГД-системы МПХД будут иметь вполне приемлемые массогабаритные характеристики.

### *Плазменное управление аэродинамикой*

Для осуществления крейсерского полета ГЛА в атмосфере необходимо обеспечить величину аэродинамического качества  $K > 5$ . Существует необходимость в практической реализации идей, с помощью которых можно было бы оптимизировать обтекание ГЛА с целью увеличения аэродинамического качества. Энергетическое воздействие на поток предлагается использовать как основу создания систем управления обтеканием (СУО). В число функций СУО должны входить:

- снижение лобового сопротивления аэродинамических элементов ГЛА;
- повышение аэродинамического качества;
- снижение тепловых нагрузок и управление аэродинамическими характеристиками ГЛА.

Энергетические методы управления обтеканием ГЛА могут использоваться для ослабления или разрушения фронта ударной волны тепловые эффекты, возникающие при внесении энергии в воздушный поток. Возможно также создание искусственных плазменных образований вблизи поверхности, для того чтобы изменять аэродинамические характеристики ГЛА с использованием плазменных эффектов, связанных с нелинейностью характеристик распространения ударных волн в плазме.

Существенное влияние на распространение и структуру ударных волн оказывают искусственно создаваемые пространственные неоднородности (в нашем случае неоднородность при прохождении потока в пространстве около аэродинамического элемента образуется под воздействием специальным образом создаваемой плазменной оболочки). Предварительные оценки и эксперименты на малых аэродинамических трубах позволяют сделать вывод, что влияние таких неоднородностей не очень существенно зависит от пространственных размеров области воздействия, что позволяет с уверенностью считать, что предлагаемый механизм будет работоспособен в достаточно широком (с точки зрения низкотемпературной плазмы) диапазоне давлений от единиц до сотен Торр. Одновременно с этим важную роль при прохождении ударной волной искусственного плазменного образования играют и дисперсионные свойства низкотемпературной плазмы газового разряда. Отдельные полезные для нас результаты в этой области получены российскими и американскими исследователями. Оценки показывают,

что при определенных критических значениях параметров плазмы ударная волна изменяет свою форму и ее ударный фронт начинает «расплываться», что влечет за собой снижение лобового сопротивления аэродинамического элемента (или летательного аппарата как целого), создающего эту ударную волну.

Разработка системы управления аэродинамическими характеристиками базируется на следующих результатах:

1. Разработана физическая модель метода снижения лобового сопротивления ЛА за счет термодинамического разогрева газа перед фронтом ударной волны.
2. Предложен механизм такого нагрева за счет создания перед обтекаемым телом разряда постоянного тока.
3. Проведены исследования такого разряда, которые показали, что он имеет ряд особенностей, кардинально отличающих его от разряда постоянного тока с диэлектрическими стенками. Эти особенности необходимо учитывать при конструировании реальных устройств ионизации потока перед ГЛА.
4. Разработана модель ионизатора гиперзвукового воздушного потока, которая может быть использована при создании реального устройства ионизации потока.
5. С использованием этой модели проведены измерения влияния наличия плазмы на лобовое сопротивление модельного объекта. Результаты эксперимента при статических давлениях, соответствующих высотам около 40 км, показали правильность основных положений разработанной методики. Получено снижение лобового сопротивления на  $(22 \pm 1) \%$  при мощности, вкладываемой в разряд, порядка 4–5 Вт/см<sup>3</sup>.

### **Вспоминает В. Н. Исаков**

*До 1983 года, когда мы проводили испытания ракеты и вышли на пиролиз, мы сообразили: «А нельзя ли в самолетах, где есть керосин, охладить и пиролизировать только его?» При этом получать радикалы: водород, метан, ацетилен? Все это горит, а гиперзвук начинается с момента, когда внутри самолета появилось то, что может гореть, в частности водород. Водородные двигатели уже пытались делать для самолетов, но водород занимал очень большой объем, что не позволяло сделать самолет. Делали водородную шугу — замораживали водород в лед, чтобы уплотнить его и тогда стало возможно делать такие самолеты. В. Л. Фрайштадт предложил получать водород за счет энергии нагрева топлива. Надо было использовать керосин, который пропускается через реакторы, забирает тепло с передних кромок самолета, которые обкладывали раньше термплитками. Он увидел возможность забирать*

*это тепло и использовать его для получения водорода, который подавался прямо в сопла двигателей для обеспечения горения. В 1983 году мы встретились со специалистом по пиролизу кандидатом технических наук А. Н. Тимофеевым, который сказал, что пиролиз не пойдет, так как 1) он более высокотемпературный, 2) водорода там всего 2 %, 3) какое же количество тепла нужно, чтобы разложить молекулы, так как все топливо уйдет на то, чтобы их разложить. А лететь за счет чего? Чтобы убедить В. Л. Фрайштадта, что все разложить нельзя, я рассчитал, какое количество уйдет на полезную работу, а какое на потери. Какие потери в точке уплотнения, когда температура растет и параметры меняются. При этом весь этот разогретый воздух уходит на потери. Это тепло мы теряем и не используем на полезную работу. У меня получилось, что это потери на волновое сопротивление, дольное сопротивление и сопротивление трения. Если бы температура на выходе была, как на входе, — все было бы нормально. Но на входе температура меньше, чем на выходе. И у меня получилось, что мы теряем 40 %, и только 60 % идет на полезную работу. Мы не можем взять тепло, которое идет за скачком, мы можем взять тепло только с пограничного слоя. Пограничный слой — это слой по кромкам крыльев и вдоль фюзеляжа, который тоже нагревается «со страшной силой». Там в точке торможения температура в среднем 1 750 градусов Кельвина. На кромках крыла — ниже, а вдоль фюзеляжа еще ниже, но все равно температура в реакторе каталитической поверхности, где идет пиролиз, должна быть порядка 800 градусов Кельвина. На кромках температура высокая, на фюзеляже гораздо ниже — порядка 600 градусов.*

Как-то Виктор Николаевич сказал мне: «Иногда думаю, Фрайштадт Аяксом называл меня. Но я не обижаюсь, так как он считает Аякса своим другом».

Для продолжения исследований В. Л. Фрайштадту нужна была независимость от руководства института, так как тематика работ совершенно не соответствовала направлению работ института. Была необходима поддержка на высоком государственном уровне. Надо было пробиться на самый высокий уровень руководства страны. По моему совету он начал с В. Л. Коблова — заместителя министра радиопромышленности. Владимир Леонидович хорошо знал о его предшествующих работах и в деталях знал о разрабатываемой В. Л. Фрайштадтом страховочного варианта конструкции бортовой ЭВМ для комплекса «Купол». Владимир Леонидович для начала порекомендовал ему сделать доклад в оборонном отделе ЦК КПСС. Но как туда пробиться, дирекция института не помощник.

Опять помог случай. У нашего сотрудника Цыганова Анатолия Николаевича, работавшего несколько лет тому назад секретарем парткома института, сложились хорошие доверительные отношения с инструктором райкома партии, который курировал наш институт. В это время он работал в оборонном отделе ЦК КПСС. С этим сотрудником состоялась встреча на Старой площади в здании ЦК. В. Л. Фрайштадт подробно рассказал о концепции построения принципиально нового гиперзвукового самолета и его ожидаемых параметрах. Собеседник пытался все понять, задавал вопросы. В конце беседы сказал: надо доложить в отделе. Перешлите демонстрационный материал. Через две недели я вам позвоню о дате и времени вашего выступления. Попрощались, как старые знакомые. Ну вот, это то, что надо. В. Л. Фрайштадт в оборонном отделе ЦК партии сделал доклад по возможности построения гиперзвукового самолета, способного взлетать с любого наземного аэродрома, выходить в ближний космос и при возвращении осуществлять посадку на любой аэродром. Владимир Львович показал также на возможность применения такого самолета для решения других задач обороны в ближнем космосе. Доклад выслушали внимательно. Вопросов не задали, но поблагодарили за сделанное сообщение.

Вскоре была назначена экспертная комиссия в составе трех академиков РАН. Старшим в группе был Е. П. Велихов. Дело было так.

Капитан гозбезопасности, курирующий уже несколько лет В. Л. Фрайштадта, позвонил ему и спросил: «Ты можешь завтра взять местную командировку?» — «Могу». — «Встречаемся около института в такое-то время». Капитан зашел в первый отдел, взял отчеты В. Л. Фрайштадта и повез его на машине непосредственно к самолету. Самолетом в Москву. Далее — на машине из Москвы к зданию Академии наук. Приехали. Там уже ждали три академика. Пожали руки, В. Л. Фрайштадт отдал им материалы, и они пошли читать. А он сидел и ждал, когда они закончат. Полдня они читали материалы, вышли и пожали руку В. Л. Фрайштадту. Написали заключение, что предложение не противоречит законам природы, и, в принципе, может быть реализовано. В. Л. Фрайштадт сделал доклад на военно-промышленной комиссии (ВПК). Сразу организовали ему отдел, и в 1988 году В. Л. Фрайштадт стал начальником отдела № 615. В этом же году постановлением Правительства ЦНПО «Ленинец» задана



разработка эскизного проекта гиперзвукового самолета (шифр «Нева») по концепции «Аякс». Защита проекта должна была быть проведена в соответствии с постановлением в ЦАГИ МАП с привлечением специалистов КБ, генеральных конструкторов самолетов. Разработка новейшего гиперзвукового самолета в радиотехническом институте, в Ленинграде, а не в Москве, где сосредоточена вся авиакосмическая наука. Bravo, Владимир Львович, bravo! Вспоминаю, как технически необразованный директор уничтожил отдел, разрабатывающий бортовые вычислительные машины, полагая, что разработку вычислительных машин для всех должен разрабатывать специализированный институт (ВНИЭМ). Ликвидирована лаборатория физики твердых схем с экспериментально-производственным участком твердых схем, работающий с полным технологическим циклом изготовления твердых схем и транзисторов П401 — П403. Как доказал последующий мировой опыт бурного развития микроэлектроники, мы были на правильном пути. Лаборатория физиков с подобным технологическим оборудованием в последующие годы не возродилась. Разработка бортовых ЭВМ возобновилась через пять лет. Было создано новое НИО для разработки ЭВМ на микросхемах из Зеленограда.

С материалами, расчетами, отчетами В. Л. Фрайштадт со всеми своими специалистами поехал в ЦАГИ на защиту проекта. Три дня шла защита. В комиссии были только представители Министерства авиационной промышленности (МАП). А проект самолета сделали специалисты радиопромышленности, небольшая группа людей. Прошел месяц, а решения по результатам защиты проекта самолета задерживается. Пошла жалоба в ВПК. Оттуда «надавили» и вышло решение: «Проект может быть реализован, но работы должны быть переданы в МАП!» В. Л. Фрайштадту с людьми предложили перейти в МАП. Он отказался. Этот НТС был в 1990 году, перед развалом страны. Сохранилась его докладная записка президенту компании «Ленинец», которая показывает, в каких условиях выполнялась эта работа.

## ДОКЛАДНАЯ ЗАПИСКА

от 01.10.90 г. № 71-615-Збдсп

Для служебного пользования

Экз. № 4

Президенту концерна "Ленинец"

тов. Турчаку А.А.

## Уважаемый Анатолий Александрович!

Мои многочисленные обращения в Ваш адрес о крайней необходимости комплексного и незамедлительного обеспечения должного развития работ по концепции "Аякс" (программа "Нева"), к сожалению, оказались безрезультатными. Это, несколько необычное по стилю, обращение к Вам продиктовано все с большей скоростью развивающейся кризисной ситуацией, сложившейся в начальной стадии реализации программы "Нева".

## Основные причины и слагаемые кризиса

1. Концепция "Аякс", что признается сегодня всеми сопредельными Управлениями МО и даже самыми оголтелыми в недавнем прошлом оппонентами (ЦАГИ, Туполев и т.п.), вышла на уровень генерального направления освоения гиперзвуковых скоростей атмосферного полета. Это обстоятельство нашло свое отражение в известном решении председателя ВПК от 5 июля и приказе Министра от 13 июля сего года, названные документы содержат развернутую программу работ, в том числе и в части конверсии на период III квартал 1990 г. - 1995 г. Казалось бы все всем ясно: в обусловленный срок необходим разворот работ по этой программе. К сожалению, это совсем не ясно многочисленным деятелям "местного значения", которые умудрились до сего дня никак не отреагировать ни на решение ВПК, ни на вышедший через неделю после этого решения приказ Министра.

Коллектив отдела 615, в условиях 3-летней коломажской ссылки развивший концепцию "Аякс" до всеобщего признания, больше не может и не хочет понимать этого.

2. Одной из основных особенностей избранной стратегии разработок авиационных систем следующего поколения является доминирующее значение фундаментальных исследований, где основные подсистемы не задаются, а выявляются в процессе проведения комплексных научных исследований, где перспективные типы авиационных систем

## 2.

не задается, а "получается" в процессе корректно обоснованного синтеза ранее выявленных подсистем в единое целое, что предопределяет их максимальную эффективность.

Уже сегодня программа "Нева" представляет собой спектр НИЭР, состоящий из десятков направлений, существенно перекрывающий сложившуюся в "Ленинце" совокупность традиционных направлений, исследований в области создания спецтехники. Как известно, любое творчество гибнет в условиях застоя, научное творчество сопровождается минимальными потерями только в условиях режима максимального благоприятствования, в нашем случае - динамического внешнего обеспечения. Деятельность ученых и разработчиков в nepотpeбных условиях НК-1, в сортирах и на подоконниках института далее невозможна. Образовавшийся диссонанс формы и содержания достиг максимума и стал разрушителен, он неприемлем для творческого коллектива отдела и абсолютно непонимаем многочисленными внешними соисполнителями, более месяца тому назад получившими из Совмина решение о развороте работ по программе "Нева". Внутренний неуют начинает сказываться на качестве диалога с внешними соисполнителями. В сложившихся условиях весьма вероятно потеря головной роли "Ленинца" - создателя концепции "Аякс" и головного исполнителя программы "Нева" в ряду многочисленных авторитетных соисполнителей, предусмотренных программой, что может проявляться в неуправляемости, извращениях стратегии, утечках и т.п.

#### Спецтехника и конверсия в программе "Нева"

Одной из симптоматических черт концепции "Аякс" (от фундамента - к надстройке) является органическое (методическое) единство разработок макросистем спецтехники и широкого спектра устройств различного масштаба для народного хозяйства. Концепция освоения гиперзвуковых атмосферных скоростей полета оперирует экстремальными рабочими режимами, начальными и граничными условиями параметров состояния, физических полей, энергетических превращений, нетривиальными методами диагностики, характерными для спецтехники следующего поколения, что открывает широкие возможности выявления

## 3.

локальных концепций создания оригинальных современных приборов, устройств, программного обеспечения разработок для народного хозяйства, а также широкого ассортимента товаров народного потребления.

Фундаментальный заказ, получаемый в процессе разработки спеттехники, постоянно питает многочисленные ОКРы в области конверсии. Потеря темпа развития первого с необходимостью предопределяет деградацию второго.

В связи с вышесказанным прошу Вашего указания о немедленном (в первой декаде октября) решении основных проблем обеспечения реализации программы "Нева".

В противном случае я буду вынужден предпринять усилия по выводу отдела 615 из состава концерна.

С уважением  
Главный конструктор направления

  
В.Л. Фрайштадт

В 1990 году на базе СКБ «Нева» было создано «Малое государственное предприятие гиперзвуковых систем». В 1992 году оно приватизировано в составе научно-производственного и внешнеэкономического концерна «Ленинец» СКБ «НЕВА». В 1993 году СКБ стало полноценным предприятием, которое получило название Научно-исследовательского предприятия гиперзвуковых систем (НИПГС), которому выделили помещение в Коломьягах. В. Л. Фрайштадт стал генеральным конструктором, и мы продолжали работать над теплоэлементами. Для проведения работ, связанных с потреблением большого количества энергии и высокими температурами, мы заключили договор с ГИПХом на проведение энергетических экспериментов в посёлке Кузьмолово.



концерн "Ленинец" (196066 г. Санкт-Петербург, ул. Комсомола, 1/3)  
В. Л. Фрайштадт

"УТВЕРЖДАЮ"

Заместитель Председателя  
Правительства Российской  
Федерации

*Хижин* (Г. С. Хижин)  
"05" июня 1992 г.

#### РЕШЕНИЕ

совещания в Минпроме Российской Федерации по вопросу "О новых подходах к проблеме создания гиперзвуковых летательных аппаратов, использующих принцип активного энергетического взаимодействия с внешней средой, и возможном использовании некоторых промежуточных разработок в интересах народного хозяйства"

На совещании, состоявшемся 28 мая 1992 года, присутствовали: В. К. Глухих, В. Л. Коблов, Ю. А. Глыбин, А. Г. Вратухин, В. А. Степанов, В. А. Денисов (Минпром РФ), В. З. Тушков (ОБС СНГ), А. А. Турчак, В. Л. Фрайштадт, В. В. Кучинский, Е. М. Ляхович (концерн "Ленинец", г. Санкт-Петербург), Б. И. Полетаев (ПО "Арсенал", г. Санкт-Петербург), Г. И. Мишин (Физико-технический институт РАН), Зейгарник В. А. (Институт высоких температур РАН), И. И. Липатов (ЦАГИ им. Жуковского).

Заслушав сообщение по указанному вопросу Научно-исследовательского предприятия гиперзвуковых систем (НИПС) концерна "Ленинец", совещание отмечает:

1. Реализация принципа активного энергетического взаимодействия с внешней средой может способствовать решению некоторых проблем создания в перспективе гиперзвуковых летательных аппаратов военного и гражданского назначения, способных совершать длительный полет в атмосфере с возможностью баллистического выхода в околоземное космическое пространство.

2. Выполнение в последние годы НИПС концерна "Ленинец" научные разработки могут быть использованы при решении ряда народно-хозяйственных задач, в том числе задач создания экологически более чистого автомобильного транспорта и систем направленной передачи энергии.

*№ 81  
от 24.06.92*

*Фрайштадт*

*29641  
2-230692*

2.

Совещание считает целесообразным:

1. Признать перспективными ведущиеся НИПГС концерна "Ленинец" работы в области исследования путей создания компонентов и подсистем гиперзвуковых летательных аппаратов, предназначенных для использования в качестве транспортных средств в будущем столетии, а также параллельные работы в некоторых других направлениях (в том числе в области экологии и систем передачи энергии).
2. Поручить концерну "Ленинец" (А.А.Турчаку, В.Л.Фрайштадту) представить в Минпром Российской Федерации проработанный с ЦАГИ, ЦИАМ, ЦНИИМаш, Минобороны Российской Федерации, другими заинтересованными организациями и согласованный с соисполнителями проект плана-графика работ на 1992-1993 и последующие годы (до 30 июня 1992 г.).
3. Минпрому Российской Федерации совместно с Миннауки и Минобороны Российской Федерации с участием Минэкономики и Минфина Российской Федерации рассмотреть в III квартале с.г. этот проект, определить объемы и порядок финансирования указанных работ, а также необходимость придания им статуса национальной научно-технической программы, и в случае необходимости внести в Правительство Российской Федерации соответствующие предложения.



В.К. Глухих

Владимир  
0206/86



3. 06. 92



### **Вспоминает В. Фрайштадт [24]**

*Представление о «пределе» скорости как таковой предельно обывательское. Скорости непременно будут расти — это непреложный закон развития человечества. Люди уже ближайших поколений будут летать не только со сверхзвуковой, но и с гиперзвуковой скоростью. Важно только, когда и как это произойдет. В ряде стран есть, разумеется, хорошо засекреченные программы по созданию гиперзвуковых летательных аппаратов — в США, Англии, Германии, Японии и даже в Китае. Программы являются ключевыми, поскольку в случае успеха будут определять направление развития исследований, технологий во всех областях индустрии. И я, возясь с топливом, охлаждением, водородом, тоже начинал свой путь к «гиперзвуку», осознав сначала его интуитивно, а затем уже сформулировал концепцию. Понятно, что мало создать концепцию, надо подкрепить ее теоретически, выработать модели, все обчислить. Вначале эта разработка была чистой самодеятельностью небольшой группы людей в «Ленинце». Нами руководили мать Природа и госпожа Наука. Когда у нас с моим товарищем Виктором Николаевичем Исаковым кое-что завязалось уже по-настоящему, мы стали разговаривать об этом на разных встречах — в оборонном отделе ЦК КПСС, в «Можайке», в ЦАГИ. Вначале к нам относились как к «шизофреникам», но, когда нам удалось создать основные компоненты реактора химической регенерации тепла с «мочалками из никеля», доказать, что при гиперзвуковых скоростях полета самолета в атмосфере его температура не превысит 800–850 градусов, и нормально пошел водород — концепция заинтересовала очень крупных ученых и стала предметом для рассмотрения компетентнейших комиссий. Я не могу рассказать, как базовая концепция «Аякс» обрела права гражданства, — тут Шекспир нужен! Тем не менее сейчас мой институт (НИПГС) работает более чем с пятьюдесятью крупнейшими научно-техническими центрами, академическими отраслевыми институтами, гражданскими и военными, авиастроительными и космическими, полигонами и т. д.*

## **3.5. Программа создания гиперзвукового самолета**

### **Вспоминает В. Фрайштадт [24]**

*На сегодняшний день самым главным, самым важным направлением работ по моей базовой концепции является постройка аэрокосмического самолета. В связи с тем, что в составе «Ленинца» мое СКБ «Нева» преобразовано в Государственное предприятие гиперзвуковых систем, разработана программа «Аякс», которая, по общему мнению, должна стать национальной. С самого начала наша программа стала чрезвычайно на-*

укоемкой. Например — физика плазмы. При гиперзвуковом полете самолета нет воздушного слоя, который создает подъемную силу. Он смыт. Самолет летит в «плазменном чулке», и частицы атмосферы начинают взаимодействовать с плоскостью на атомном, молекулярном уровне. Представим плоскость в плазме. Будем охлаждать верхнюю ее сторону, что мы умеем делать. В результате часть энергии будет поглощаться в виде тепла и подъемная сила резко возрастет. Подобный метод ее регулирования представляется мне весьма перспективным.



Аякс

Другой пример. Представьте себе гиперзвуковой самолет, заправленный авиационным керосином и водой. Он стартует и врзается в атмосферу (именно в атмосфере «собака зарыта»). Образующееся тепло мы не оттапливаем, а используем внутри самолета, увеличивая общий энергоресурс системы. Оболочка летательного аппарата представляет собой подсистему активного охлаждения с реакторами химической регенерации тепла. В них поступает энергоноситель — керосин и вода. Реакция идет с сильным поглощением тепла и выделением водорода, который направляется для обогащения жидкого керосина, поступающего в камеру сгорания прямоточного двигателя.

Сохранились для истории В. Л. Фрайштадта и моя визитные карточки, которые были для нас в то время необычным свидетельством наступивших перемен. Наша организация была инициатором работы, а как ее делать, В. Л. Фрайштадт по телефону договорился с генеральным конструктором КБ В. М. Мясищева. В. Л. Фрайштадт ему позвонил, а он уже все знал. В. Л. Фрайштадт спрашивает: «Беретесь?», а он ему отвечает: «Да, берусь». И наше НИПГС включилось в эту работу. Мне пришлось, по моей должности, ездить с коллегами по всем инстанциям, представлять проект, доказывать важность для страны нашей работы и пытаться подписать эту Государственную программу. Тогда был вице-президентом у Б. Н. Ельцина генерал А. В. Рудской, который был летчиком и горячо поддержал про-





грамму. Мы к нему ездили, и он, ознакомившись с нашим предложением, вдохновился и помогал нам входить в различные кабинеты. А потом, к сожалению, его сняли. Получилось так, что эту национальную программу, подготовленную в СССР, в России не удалось утвердить, потому что в стране на грандиозные прорывные работы уже не было необходимых ресурсов в падающей экономике страны (1993). Программа создания гиперзвуковых самолетов называлась «Аякс», по имени собаки В. Л. Фрайштадта, с которой он наедине обсуждал свои идеи. Привожу точную копию рабочего проекта этой исторической программы (без приложения), которую руководители НИПГС (директор и генеральный конструктор В. Л. Фрайштадт, заместитель директора по научной работе В. В. Кучинский и главный инженер Е. М. Ляхович) представляли на подпись руководителям отраслей промышленности, задействованных в программе страны в соответствии с правилами подготовки такого рода документов, добиваясь в итоге принятия решения о ее государственном финан-



Евгений Михайлович  
Ляхович,  
Главный инженер НИПГС,  
лауреат Государственной  
премии



Владимир Львович  
Фрайштадт, Генеральный  
директор НИПГС, автор  
концепции гиперзвукового  
самолета «Аякс».  
Заслуженный деятель  
науки и техники



Виктор Владимирович  
Кучинский, Заместитель  
Генерального Директора  
по науке д-р физ.-мат.  
наук, профессор

сировании. Программа предусматривала создание первого летнего образца в начале XXI века.

Хочу привести здесь трогательные стихи, которые посвятила нам талантливый инженер — разработчик БЭВМ «Гном» поэтесса Виктория Пузыревская [17].

**Ляховичу Е.М.**

Ему б родиться надо одесситом —  
Смекалист, темпераментен, умен,  
Мог стать авантюристом знаменитым.  
Но в Севастополе родился он.  
А вырос в Ленинграде. В полной мере  
Соединила в нем судьба сама  
Отчаянную лихость флибустьера  
С пытливостью и ясностью ума,  
Энергию и смелость пионера,  
Способность убеждать и увлекать,  
Талант и прозорливость инженера  
С умением для Дела блефовать.  
В ремесленном недолго проучился.  
Столяр-краснодеревщик? Нет! Есть факт,  
Что он в радиотехнику стремился,  
Сбегая из ремесленного в ЛАПТ.  
Из ЛАПТ-а прямо в ЯЩИК угодил он  
Регулировщиком. Работник был лихой:  
В сложнейших ситуациях один он  
Мог вытянуть и сдать заказ любой.  
Как многообещающего, ЯЩИК  
Его послал в ускоренный ЛИАП.  
ЛИАП окончив быстро и блестяще,  
Он начал новый жизненный этап.  
В аспирантуру, хоть и не стремился,  
Уговорили. Дальше было так:  
Он вместо диссертации влюбился  
В студентку и вступил с ней вскоре в брак.  
Потом опять работа в ОКБ.  
И избежав аспирантуры бед,  
Из инженера первой категории  
Он стал начальником лаборатории.

Но тут им овладело беспокойство,  
Охота к разработке новых тем.  
Он понял несомненные достоинства  
Полупроводниковых твердых схем.  
И началась работа по созданиюю.  
Отпочковался молодой отдел,  
Умом, гореньем, творческим дерзаньем  
Начальник многих вдохновить сумел.  
Сплотилось множество специалистов,  
Они своим настойчивым трудом  
Добились вскоре, что (почти по Свифту)  
Средь великанов появился ГНОМ.  
Сначала ему долго не везло:  
Ни службу не терпел он, ни тепло,  
То занкался, то наоборот  
Не закрывал часами глупый рот.  
Потом он поуменел и возмужал,  
Здоровым стал, фреона в рот набрал,  
И, как предсказывал В.И. Смирнов,  
Завоевал всеобщую любовь.  
А позже сам лечиться научился,  
Сменил халат, с фреоном распростился  
И странствуя под КУПОЛОМ по свету,  
Всю голубую облетел планету...  
А нынче и сам черт ему не брат!  
Ремесленник же наш — лауреат!

Верстовыми столбами летят дни рожденья,  
С нарастающей скоростью мчится экспресс.  
Пусть уносятся прочь суета и сомненья —  
СМ-3, ИНТЕГРАЦИЯ или ЕС.  
С Вами вместе пусть едут здоровье и сила,  
Убежденность, задор, твердость, вера в успех.  
Как бы жизнь ни ломала, ни гнула, ни била,  
Юмор и оптимизм, жизнерадостный смех!

**Фрайштадту В.Л.**

Ортодокс, оригинал,  
Скромник, умница, нахал,  
Осуждаемый — любимый,  
Грубый — нежный и ранимый,  
Воплощение русской лени,  
Неосознанных стремлений,  
Демагог, чужак, позер,  
Стихоплет, Поэт, фрондер.  
Он — клубок противоречий,  
Как клинком владеет речью,  
Средь витиеватых фраз  
Мысли вдруг блеснет алмаз.  
Как набоб владеет домом,  
В долг беря у всех знакомых.  
Но, заметим, что притом  
Он отнюдь не скопидом.  
Любит он собак и кошек.  
Это значит, он хороший.  
Но животных возлюбя,  
Нежно любит и себя.  
Он мужчина интересный,  
И волнуются невесты.  
Но, увы, жених несносен  
И пуглив как Подколесин.  
Он талантлив, в нем идеи  
Как колосья в поле зреют.  
Было б в нем побольше прыти,  
Больше было бы открытий.  
Но сильней Обломов Штольца...  
И не хочется, и скользко  
Двигаться ему карьером  
К сногшибательным карьерам.  
Мы таким его и любим,  
Чем его отчасти губим.  
Знают все друзья отлично,  
Что Фрайштадт, конечно, Личность!

Ортодокс, оригинал,  
Скромник, умница, нахал,  
Осуждаемый, любимый,  
Грубый, нежный и ранимый...  
Если этого вам мало,  
Можно все начать сначала.

Средь бесконечных разговоров,  
Вопросов, шума, суеты  
Хотелось бы, чтоб помнил ты  
О тех из нас, кому ты дорог  
Не как влиятельный патрон,  
А просто как товарищ давний,  
Непостоянный, своенравный,  
Но дружбы знающий закон.  
Ты был всегда помочь готов  
Тому, над кем судьба смеется.  
И если вдруг тебе придется  
Однажды туго, мы без слов  
Тебе поможем, как сумеем,  
Пусть поредел наш прежний круг.  
Когда с тобою рядом друг,  
Мы вместе все преодолеем!

#### **Собаке**

Здоровый, сильный иль убогий,  
Нам верен друг четвероногий.  
Пока и мы ему верны,  
Нам огорченья не страшны.  
Расстроишься, а он оближет,  
Прижмется ласково поближе,  
Хвостом приветливо взмахнет,  
Глядишь, обида и пройдет.

**Кучинскому В.В.**

Жил-был ученый. Он многим знаком.  
Тщательно плазму исследовал он,  
Ей посвящая все силы свои,  
Книги, отчеты, доклады, статьи.  
Он изучал и другие вопросы:  
Оптику лазеров, масс-переносы,  
Мощные дуги, для них плазмотрон...  
Видно, от Бога стал физиком он.  
Кроме того, мастер он рисовать,  
Трубку курить, петь, стихи сочинять,  
А на компьютере — как пианист,  
Что там Рахманинов, Горовиц, Лист!  
Дни протекали спокойно и чинно,  
Новые мысли рождались лавинно,  
Ученики подрастали. Но вдруг  
Вихрем его подхватил гиперзвук.  
Тут не поспоришь! На это нет сил:  
Главный конструктор его пригласил.  
Вот так оказался и он среди нас,  
Став преданным рыцарем темы АЯКС.  
Вмиг разобравшись в отчетных бумагах,  
В дело входить начал он в Коломягах.  
Прочно вошел. И пути назад нет.  
Ездит теперь на Московский проспект.  
Скоро пять лет, как не ведая страха,  
Манипулирует числами Маха.  
Плазма — его неугасшая страсть —  
Над обтекаемь сулит ему власть.  
В нашем бедламе, спокойствия символ,  
Дело он делает невозмутимо.  
Если соперники в споре зашлись,  
Мягко, тактично найдет компромисс.



Много проблем есть в большом гиперзвуке.  
— Их мы решим, — верит зам. по науке, —  
Долго к шестнадцати Махам идти,  
Мы только в самом начале пути.  
Но, несомненно, наступит момент,  
Уж не теория, эксперимент,  
И полетим с дельтавидным крылом,  
Видно, мы в веке двадцать втором!  
Пусть будет ученый любим и здоров!  
Пусть он пореже зовет докторов!  
А впереди столько творческих лет.  
Надо дожить! И пути назад нет!  
Эта идея тем хороша,  
Что от нее молодеет душа.  
Годы обратно бегут чередой,  
Смытые словно живую водой.  
Что пятьдесят! Ведь это так мало,  
Если планов много осталось,  
Если день уплотнен до вечера,  
Если без Дела делать нечего,  
Пятьдесят — это только расцвет!  
Счастья! Здоровья! Удачи! Побед!

\* \* \*

Нам, в сущности, немного надо:  
Чтоб верный друг всегда был рядом,  
Чтоб близко были дети, внуки,  
Чтоб встречи — чаще, чем разлуки,  
Чтоб мирным было наше небо,  
Чтоб в доме всем хватало хлеба,  
Чтоб не оставило здоровье,  
И жить по-доброму, с любовью.



**ПРОЕКТ**

**УТВЕРЖДЕНА**  
постановлением Совета Министров –  
Правительства Российской Федерации  
от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1993 г. N \_\_\_

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОГРАММА**  
создания авиационных и аэрокосмических систем,  
основанных на принципе активного энергетического  
взаимодействия летательных аппаратов  
с гиперзвуковым воздушным потоком

**Шифр "Аякс"**

- 3 -

Созданные в результате выполнения Программы ГЛА обеспечат решение следующих задач:

Типы ГЛА и решаемые задачи	Модификации ГЛА
<p>1. Многоцелевые ГЛА, оборудованные системами направленной передачи энергии:</p> <p>Геофизические исследования атмосферы и литосферы Земли</p> <p>Сверхглубокая и масштабная разведка земной коры</p> <p>Экологический контроль атмосферы и поверхности Земли</p> <p>Генерация озона в верхних слоях атмосферы</p> <p>Локальное энергетическое воздействие на атмосферу и литосферу (например, на зародки ураганов в акватории Мирового океана и на очаги лесных пожаров) с целью предотвращения стихийных бедствий</p> <p>Пробивание грозовых фронтов, в частности, для обеспечения регулярности полетов обычной авиации</p> <p>Контроль и уничтожение космического мусора</p> <p>Специальные задачи, перечень которых приведен в приложении 2</p>	<p>Гражданские ГЛА</p> <p>ГЛА специального назначения</p>
<p>2. Транспортные ГЛА:</p> <p>Трансконтинентальные пассажирские перевозки на дальность до 20 000 км со скоростью до 15000 км/ч на высотах 30 - 70 км</p> <p>Трансконтинентальные перевозки приоритетных грузов массой до 10 тонн на дальность до 20 000 км со скоростью до 15 000 км/ч</p> <p>Оперативный сброс грузов терпящим бедствие судам в любой точке Мирового океана</p>	<p>Пассажирские ГЛА</p> <p>Грузовые ГЛА</p>

- 4 -

Типы ГЛА и решаемые задачи	Модификации ГЛА
<p><b>3. Аэрокосмические ГЛА</b>  Вывод на орбиту высотой до 300 км с произвольным наклоном космических аппаратов (КА) массой до 3 тонн, оперативный вывод на орбиту КА-спасателей для оказания помощи пилотируемым КА, быстрое восполнение космических станций и искусственных спутников на орбитах, их оперативное обслуживание, периодическая доставка сменных экипажей на орбитальные станции и транспортировка модулей для наращивания многоцелевых орбитальных станций, доставка экипажей и грузов на Землю</p>	<p>Одноступенчатый ГЛА</p>
<p>Астрофизические наблюдения<sup>4</sup> за пределами атмосферы  Вывод на орбиту высотой до 300 км с произвольным наклоном космических аппаратов и конструкций массой до 12 тонн, доставка экипажей и грузов на Землю</p>	<p>Двухступенчатый ГЛА</p>

Создаваемые системы включают:

- гиперзвуковые летательные аппараты;
- систему наземного управления, эксплуатации, планирования летных работ и обработки получаемых результатов;
- средства наземной системы технической эксплуатации ГЛА;
- систему подготовки и тренажа летного и технического персонала.

Предусматривается максимальное использование технических средств сложившейся авиатранспортной инфраструктуры, космического управления и контроля и межсистемная унификация бортовых средств управления, что должно обеспечить высокую степень надежности и снижение стоимости разработки и эксплуатации ГЛА.

- 5 -

Концепция построения ГЛА как высокоинтегрированных энергетических комплексов реализуется следующим образом:

- тепло от аэродинамического нагрева планера на гиперзвуковых скоростях полета используется для паровой конверсии авиационного керосина во встроенных в обшивку термохимических реакторах (ТХР). При этом ассимилируется до 10 МДж тепловой энергии на килограмм топлива, эффективно охлаждаются теплонапряженные части ГЛА и достигаются оптимальные параметры состояния топливной смеси;

- продукты химической конверсии улучшают горение исходного углеводородного топлива в прямоточном воздушно-реактивном двигателе, в конструкции которого предусмотрены ионизаторы набегающего воздушного потока и системы магнитогазодинамического (МГД) торможения и ускорения (такой двигатель в дальнейшем называется магнитоплазмохимическим - МПХД);

- при МГД-торможении воздушного потока его кинетическая энергия преобразуется в электрическую, направляемую на:

  - реализацию функций регулируемого воздухозаборника, оптимизирующего параметры состояния МПХД, обеспечивающего его работоспособность во всем диапазоне гиперзвуковых скоростей, и существенное снижение потерь полного давления в тракте МПХД;

  - уменьшение лобового сопротивления организацией целенаправленного взаимодействия плазменно-воздушного гиперзвукового потока с поверхностью планера;

  - увеличение подъемной силы ГЛА за счет аккомодации молекул воздуха на специальных покрытиях;

  - управление движением ГЛА вокруг центра масс воздействием на обтекание планера изменением температуры несущих плоскостей;

  - функционационирование мощных бортовых систем направленной передачи энергии;

- МГД-ускорение потока продуктов сгорания на выходе МПХД обеспечивает разгон ГЛА до первой космической скорости;

- системы направленной передачи энергии обеспечивают преобразование имеющегося в крейсерском гиперзвуковом полета

- 6 -

ресурса порядка 100 МВт электрической мощности в управляемое излучение, используемое для решения большого круга нетрадиционных прикладных задач.

Выполнение Программы организуется в следующие сроки по направлениям:

– Научно-техническое сопровождение Программы.

Разработка и развитие теории конструирования ГЛА, технико-экономические исследования и выбор наиболее эффективных областей и методов применения новых авиационных и аэрокосмических систем, разработка методов применения ГЛА по назначению, разработка систем технической эксплуатации ГЛА, подготовки и тренажа летного и технического персонала.

Научно-техническое сопровождение распространяется на весь период действия Программы.

– Бросковые испытания летных моделей 1993 – 1998 гг.

Экспериментальные исследования конструкторско-технологических решений по основным компонентам энергетического комплекса ГЛА в летных испытаниях малоразмерных моделей на серийных ракетах-носителях.

Для испытаний используется инфраструктура и трасса "Капустин Яр – Балхаш", отработанная по Программе испытаний "Бор".

Бросковые испытания проводятся в два этапа:

1 – проверка работоспособности термохимических реакторов и элементов МПХД при гиперзвуковых режимах полета;

2 – проверка работоспособности гиперзвуковых магнитогазодинамических генераторов, основных элементов МПХД, снятие аэродинамических и летно-тактических характеристик малоразмерных моделей.

– Создание и летная отработка многоразовой крупномасштабной модели 1993 – 2002 гг.

Синтез основных подсистем ГЛА в многоразовой крупномасштабной модели, ее конструирование, комплексная доводка при наземных и летных испытаниях, разработка и испытания опытных об-



- 7 -

разцов систем направленной передачи энергии.

Определение приоритетов в порядке конструирования типов и модификаций ГЛА.

Разработка технических предложений по летно-техническим характеристикам, порядку и организации создания полномасштабных авиационных и аэрокосмических систем на основе ГЛА.

Разработка и внедрение в эксплуатацию авиационных систем различных модификаций 1999 - 2006 гг.

Организация необходимой кооперации самолетостроительных КБ и заводов, разработка рабочей документации, изготовление опытного образца авиационной гиперзвуковой системы, в том числе систем наземного управления, эксплуатации, планирования летных работ и обработки получаемых народно-хозяйственных результатов, наземные и летно-конструкторские испытания системы.

Развертывание работ по запуску серийного производства ГЛА, в том числе средств направленной передачи энергии, внедрении системы в эксплуатацию и создании следующих типов и модификаций авиационных систем.

Разработка и внедрение в эксплуатацию аэрокосмических систем различных модификаций 2007 - 2015 гг.

Разработка рабочей документации, изготовление головного опытного образца аэрокосмической гиперзвуковой системы, совершенствование систем наземного управления, эксплуатации, планирования летных работ и обработки получаемых народно-хозяйственных результатов, наземные и летно-конструкторские испытания системы.

Развертывание работ по внедрении системы в эксплуатацию и созданию следующих типов и модификаций аэрокосмических систем.

Объем финансирования работ по Программе на 1994-2002 гг. в ценах IV кв. 1993 г. составляет 70 2 0млрд. руб., в т.ч. по годам:

± 8 -

Год	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Объем финансирования, млрд.руб.	3,0	4,4	5,5	5,9	7,2	8,6	10,8	11,8	12,9

Определение затрат на последующие годы будет произведено по результатам выполнения первых этапов.

Источником финансирования работ по Программе является республиканский бюджет Российской Федерации.

По мере выполнения работ к финансированию Программы могут быть привлечены внебюджетные средства и коммерческие структуры для внедрения результатов отдельных научно-технических разработок.

После завершения работ, закрепляющих приоритет России в области разработки ГЛА нового поколения, к финансированию возможно привлечение иностранных инвесторов.

#### Организация работ по Программе и контроля за ходом ее выполнения

Заказчиками программы являются:

- Комитет Российской Федерации по оборонным отраслям промышленности
- Министерство транспорта
- Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов
- Министерство обороны РФ
- Генеральный заказчик систем, решающих транспортные задачи;
- Технический заказчик систем, решающих геофизических и экологических задачи;
- Технический заказчик систем, решающих специальные задачи.

Работы по Программе возглавляет Государственное научно-исследовательское предприятие гиперзвуковых систем



- 9 -

(ГНИПГС), Санкт-Петербург – генеральный подрядчик.

Головные исполнители по направлениям работ приведены в приложении 6.

Работы, выполняемые по Программе в 1993–2002 гг., приведены в приложении 7, техническое задание на работы 1993–1994 г. – в приложении 9.1.

Выполнение головными исполнителями работ по Программе проводится в соответствии с хозяйственными договорами, заключаемыми с генеральным подрядчиком.

Для координации работ по Программе Комитетом Российской Федерации по оборонным отраслям промышленности создается межведомственный координационный совет (МВКС), который оперативно контролирует проведение работ и их финансирование и обеспечивает согласование необходимых мер по реализации Программы на федеральном уровне.

Для проведения летных испытаний бросковых моделей ГЛА на трассе "Капустин Яр – Балхаш" на базе в/ч 15644 создается испытательно-исследовательский технический комплекс. Перечень мероприятий по обеспечению его функционирования приведен в приложении 10.

#### Приложения.

1. Пояснительная записка к национальной программе создания авиационных и аэрокосмических систем следующего поколения

2. Основные направления использования ГЛА следующего поколения, разрабатываемых по концепции "Аякс", в народном хозяйстве

3. Основные направления использования ГЛА следующего поколения, разрабатываемых по концепции "Аякс", в области обороны

4. Основные положения концепции освоения гиперзвуковых скоростей полета в атмосфере, основные особенности гиперзвукового летательного аппарата, его моделей, ориентировочные технические характеристики ГЛА и состояние работ по его созданию

5. Кооперация разработчиков программы и перечень головных исполнителей по направлениям.

- 10 -

6. Рабочий план-график работ по созданию авиационных и аэрокосмических гиперзвуковых летательных аппаратов следующего поколения и по использовании научно-технических результатов этих работ в народном хозяйстве на 1992–2002 гг.

7. Техническое задание на выполнение научно-исследовательской и экспериментальной работы "Комплекс фундаментальных, экспериментальных исследований, опытно-конструкторских работ и организационных мероприятий, обеспечивающих развертывание программы создания авиационных и аэрокосмических систем следующего поколения "Аякс" на 1993–1994 г.

8. Приложения к техническому заданию

8.1. Содержание и результаты работ 1993–1994 гг.

8.2. Список соисполнителей.

8.3. Требования по обеспечению коммерческой тайны и по ее защите.

9. Приоритетность работы, ее кадровое обеспечение и основные документы, посвященные проекту "Аякс"

10. Современное состояние разработок аэрокосмических систем и основные недостатки криогенного топлива

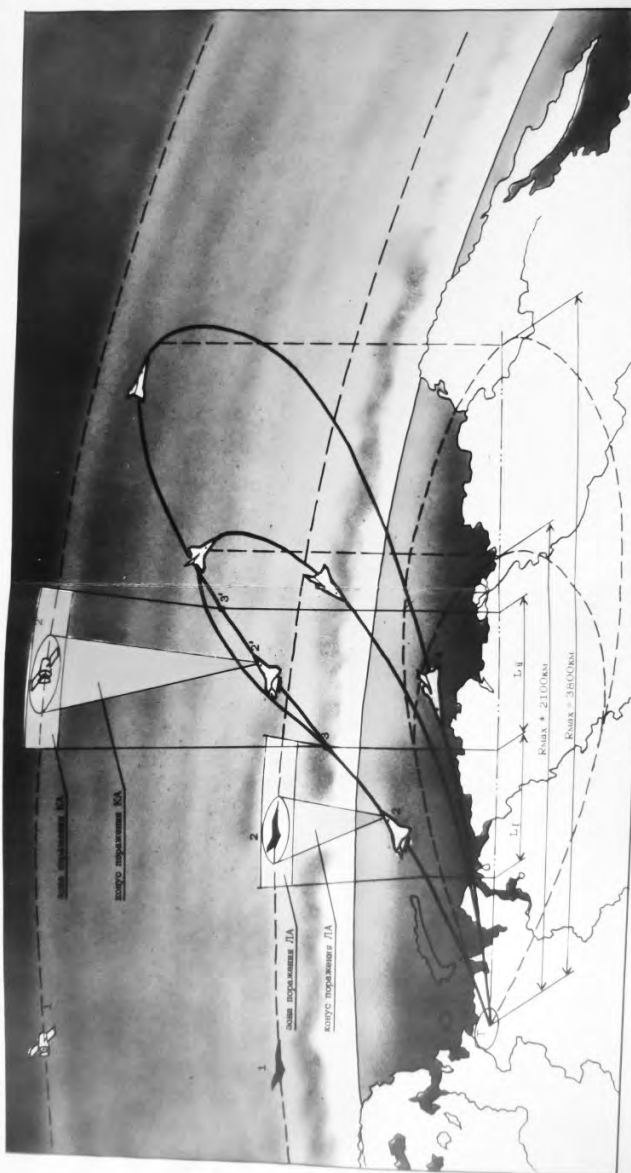
11. Перечень мероприятий по обеспечению функционирования испытательно-исследовательского комплекса, обслуживающего трассу "Жалустин Яр – Балхаш"

Директор-главный конструктор ГНИПГС

В. Л. Фрайштадт

В приложение к проекту программы у меня сохранился краткий альбом иллюстраций, на которых можно увидеть возможности использования гиперзвукового самолета. Из большого объема материалов были выбраны, помимо самолета «Аякс», следующие плакатные изображения, с которыми В. Л. Фрайштадт представлял свою концепцию в докладах на всех уровнях. Осталось только эту программу выполнить, и Россия будет «впереди планеты всей». В поддержку программы была развернута кампания в прессе. Рассекреченные иллюстрации журналисты охотно вставляли в свои репортажи, сопровождая их оптимистическими текстами, насыщенными патриотическими акцентами.

### СХЕМА МАНЕВРОВ ГИПЕРЗВУКОВОГО ПЕРЕХВАТЧИКА ВОЗДУШНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

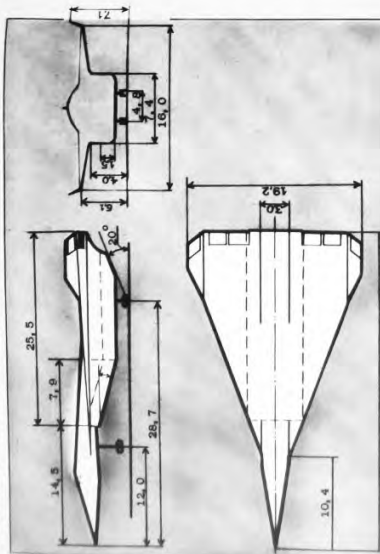


- 1 - Позиция ГЛА в момент залета ГЛА
- 2 - Позиция КА в момент залета ГЛА
- 3 - Позиция ГЛА в момент поражения КА
- 4 - Позиция ГЛА в момент поражения КА
- 5 - Выпущенные МГХД
- 6 - Зарядка ВРД для атаки

СХЕМА - П П 3

	ЛАЗЕРНОЕ ОРУЖИЕ			ПУШКОЕ ОРУЖИЕ			ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ОРУЖИЕ		
	высота эффективности прицеливания	дальность поражения цели км	мощность излучения Р МВт	высота эффективности прицеливания	дальность поражения цели км	мощность излучения Р МВт	высота эффективности прицеливания	дальность поражения цели км	мощность излучения Р МВт
Космические	от 150 км выше	≥ 1000	-	-	-	-	до 100 км	> 10000	не определено
Воздушная	выше 30	≥ 100	4	выше 30	≥ 10	10 <sup>6</sup>	-	-	-

**МНОГОЦЕЛЕВОЙ ГИПЕРЗВУКОВОЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ / КОНЦЕПЦИЯ «АЯКС» //**



- Площадь в плане, м<sup>2</sup> 2016
  - Длина, м 24
  - Средняя вес обшивки с эластомером, СТР и СУО, кг/м<sup>2</sup> 36
  - Скорость отрыва от ВТ (автоматический полет), м/с 190
  - Положительная скорость, м/с 68
  - Экипаж, чел. 2
  - Стерговое масло, т 240
  - Вес жидкого топлива, т 1493
  - Вес жидкости СУО, т 11
  - Вес сухой конструкции, т в том числе:
    - обшивка с эластомером, СТР и СУО, т 2,4
    - двигатели 1, 2 ТРД (P=30т), т 36
    - обшивка с эластомером, СТР и СУО, т 4,2
    - двигатели 2 МПД (P=30т), т 2,4
  - Бортовые системы, т 8
  - Шкала лобового сопротивления, т 1,3
  - Вес укреплений (1, 2 РДТ с тваром 72т) 16
- ПАРАМЕТРЫ ПОЛЕТА НА МАКСИМАЛЬНУЮ ДАЛЬНОСТЬ**
- Время полета, с 7222 (6142x1580)
  - Дальность, км 2400 (2024+1800)
  - Скорость, км/ч 2400 (M=8)
  - Длина полета, км 14,3
  - Площадь ТРД, т 1,2

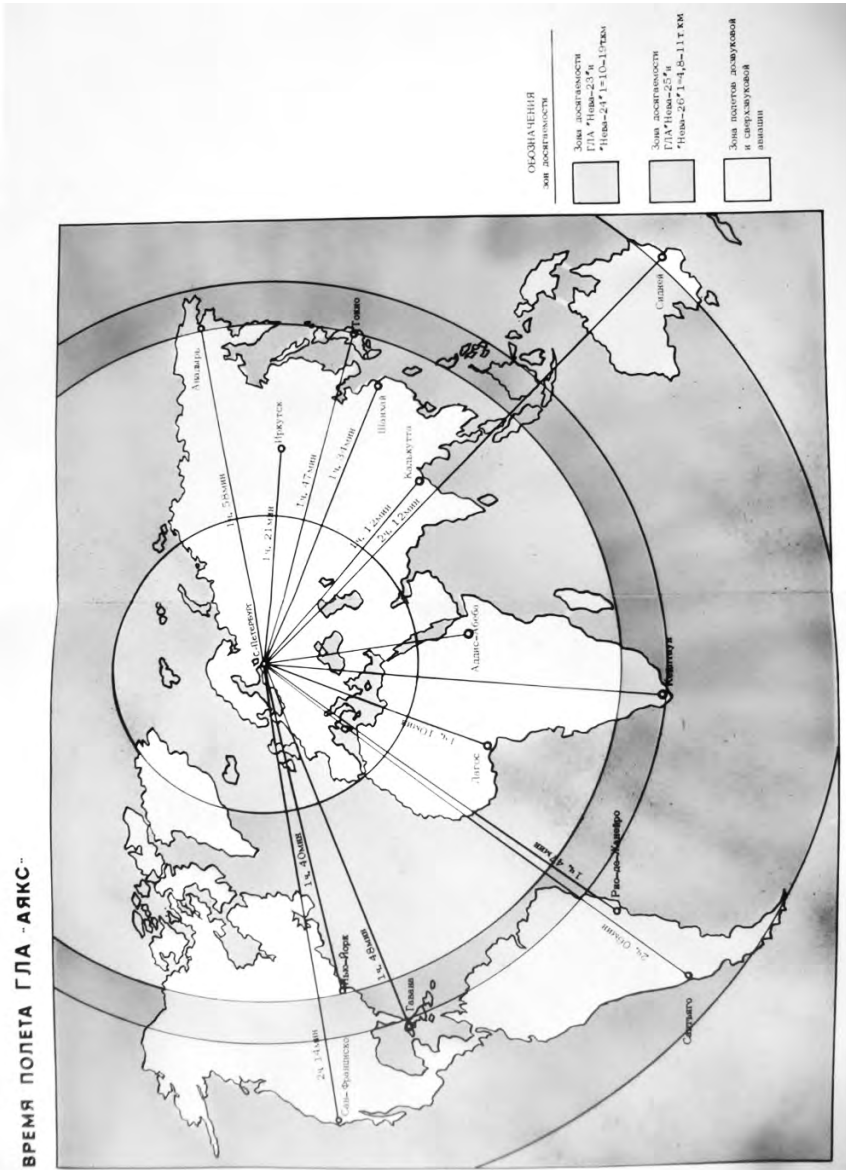
**ГИПЕРЗВУКОВОЙ ПАССАЖИРСКИЙ САМОЛЁТ «НЕВА 7А»**



- Взлётная вес, т 190
- вес топлива (керосин), т 21
- вес полезной нагрузки, т 21
- подъемная сила, т 77
- полоса-марше, чел. 16
- экипаж, чел. 4
- весого с баллоном, т 10
- 2 КДУ (с тваром 30т), т 6
- 2 ПИВР (с тваром по 30 т), т 8
- вес конструкции планера, т 52
- Длина самолета, м 4
- Вес бортового оборудования, т 39
- Длина самолета, м 19
- Высота при стоянке при эволю, м 9,5
- Площадь в плане, м<sup>2</sup> 1500
- Максимальная дальность полета, км 15000
- Максимальная дальность полета, км 15000
- Максимальная дальность полета, км 15000
- Высота при стоянке, м 9,5
- Время полета на максимальной дальности, ч 1,5
- Максимальное аэродинамическое качество при M=12 320
- Скорость отрыва от ВПП при взлёте, км/ч 205
- Длина разбега (с бортовыми ДР), км 1000
- Длина пробега, км 1,5
- Резерв (число полетов до капитального ремонта) 9
- Время подготовки к полетному вылету, ч (300 т), мин, руб. 200
- Стоимость серийного самолета (в том числе, руб.) 320
- Коммерческая стоимость одного рейса, тыс. руб.

Высокое аэродинамическое качество достигается за счет использования выхлопного эжектора (керосинного) и существующего эжектора лобового сопротивления. Этот эжектор является самобалансируемой структурой.





Эту государственную программу рассматривал в 1993 году в Ленинграде научно-технический совет. Тогда Министерства авиационной промышленности (МАП) уже не было, все министерства были объединены и министром стал В. К. Глухих. В. К. Глухих специальным самолетом в составе 36 человек, ведущих ученых и руководителей московских КБ и институтов, прилетел в Ленинград на исторический НТС, который проходил в зале заседаний холдинга «Ленинец». Все стены кабинета были увешаны плакатами и рисунками. Мне было поручено разместить всех (так как мероприятие проходило три дня), и кормить и поить представительных членов совета. Сохранился список пассажиров самолета — участников НТС.

## Список пассажиров

- 1 Глухих Виктор Константинович ✓  
 2 Мануйлов Геннадий Митрофанович  
 3 Чибор Елена Вячеславовна  
 4 Новиков Сергей Константинович ✓  
 5 Плетнев Владимир Николаевич  
 6 Патрика Юрий Феофанович ✓  
 7 Фадеев Владислав Викторович  
 8 Давыдов Александр Николаевич  
 9 Метальников Вячеслав Михайлович  
 10 Неймарк Эдуард Семенович  
 11 Воскобойников Валерий Иванович  
 12 Бабкин Владимир Иванович  
 13 Нестеров Вячеслав Алексеевич  
 14 Яковлев Александр Васильевич  
 15 Муравьев Сергей Алексеевич  
 16 Григорьев Владимир Петрович  
 17 Новиков Валерий Константинович  
 18 Врук Александр Ариадьевич  
 19 Загайнов Герман Иванович +  
 20 Липатов Игорь Иванович  
 21 Нейланд Владимир Яковлевич +  
 22 Шкадов Леонид Михайлович  
 23 Грдецкий Борис Сергеевич  
 24 Огородников Донат Алексеевич  
 25 Селезнев Игорь Сергеевич  
 26 Савчук Виктор Дмитриевич  
 27 Шейндлин Александр Ефимович  
 28 Зейгарник Юрий Альбертович  
 29 Дементьев Валерий Александрович ✓  
 30 Кутахов Владимир Павлович  
 31 Попов Леонид Иванович  
 32 Винокуров Николай Сергеевич  
 33 Клименко Валерий Иванович

Банн ✓  
 Юлиан ✓

Помощник Председателя Госкомиссии по программе

15.12.93



Ю.Ф. Патрика

### **Вспоминает В. К. Глухих [42]**

*Мы сочли необходимым на представительном научно-техническом совете еще раз подвергнуть концепцию «Аякс» достаточно профессиональному и детальному обсуждению. Тем более среди наших ученых, генеральных и главных конструкторов немало людей достаточно темпераментных. Если суммировать все, что известно к данному моменту, можно сказать, что «прорыва в гиперзвук» пока не получилось. Никому не удалось добиться успеха. В разных странах многие проекты, связанные с «гиперзвуком», были либо прекращены, либо трансформируются. У нас удалось создать аппараты, способные длительно осуществлять горизонтальный полет в атмосфере со скоростью 4,5–6 «махов», но не более того. Сегодня ученые и конструкторы оперируют числами 12–18 «махов». Именно такие скорости нужны, но об опытно-конструкторских разработках (ОКР) в этой области оставалось лишь мечтать. Для них не было основы. Нужна была принципиально новая техническая идеология авиации и космонавтики. Концепция «Аякс» представляет собой цельную концепцию, идеологию. Она уникальна, а уникальность предопределяет довольно критическое, настороженное отношение к ней. Перед нынешним НТС работала большая экспертная комиссия из представителей научных учреждений и различных ведомств. Приведу главный вывод: «Концепция “Аякс” и ее основные направления не противоречат данным современной науки, а это внушает наибольший оптимизм». Однако гиперзвуковое горение и скорость в земных условиях можно исследовать лишь теоретическими методами. Натурные испытания, которые дают окончательные объективные результаты, тут невозможны. Маститый конструктор Игорь Сергеевич Селезнев назвал концепцию «могучим детонатором». Здесь огромное поле деятельности для конструкторов планера, двигателей, аэродинамиков и людей многих других профессий. Перечень организаций, которые сотрудничают с «Аяксом», и их работ составляет 12 машинописных страниц.*

*Сейчас страна переживает глобальный экономический и политический кризис. Хуже, чем в промышленности, дело обстоит в науке. Ее сотрудники вынуждены уходить с 1 января 1994 года в длительный отпуск. Мое глубочайшее убеждение состоит в том, что без поддержки науки, без ее достижений и помощи из кризиса нам не выйти.*

Приехали директора предприятий, генеральные конструктора, доктора наук. Участники НТС были размещены в одном отеле в пригороде Ленинграда (дворец Кочубея в Пушкин). На ужинах за общим столом продолжалось обсуждение проблем гиперзвука, иногда прерываемое тостами. В. К. Глухих сказал, что доклад был сделан плохо. То же самое сказал А. А. Турчак. В. Л. Фрайштадт абсолютно не гото-



вился и рассказывал все экспромтом, хотя я его предупреждал, что нужно иметь текст доклада.

После исторического НТС по решению Госкомоборонпрома при холдинговой компании «Ленинец» был создан Совет директоров по этой проблеме, возглавить который было поручено ее президенту Анатолию Александровичу Турчаку.

### **Вспоминает А. А. Турчак [43]**

*10 марта 1994 года состоялось первое заседание Совета. Думаю, необходимо сообщить о конкретных решениях, которые были приняты в Госкомоборонпроме после декабрьского НТС.*

*Первое — создание Совета директоров («Директории»). В его состав вошли крупные специалисты, руководители ведущих КБ и ОКБ России, проектных, научно-исследовательских и других организаций, различных ведомств. Хотя наступающего «прорыва» в гиперзвук еще не произошло, но накопленный опыт имеет огромное значение и, как отметил НТС, является «нашим национальным достоянием». Создание Совета директоров — путь к объединению научного и технического потенциала разных организаций для решения одной и чрезвычайно важной задачи. Необходимость новых подходов к решению проблемы создания гиперзвуковых летательных аппаратов выдвигает на первый план концепцию «Аякс». Второе — Госкомоборонпром поручил нам подготовить федеральную программу по гиперзвуку. Проект ее мы и обсуждали на прошедшем заседании. Вообще, может представиться, что создание подобной программы невозможно за два месяца. Но дело в том, что мы уже имели национальную программу, предусматривающую взаимодействие с десятками научных центров, институтов, КБ и предприятий. Потребовалось лишь преобразовать ее, с тем чтобы учесть полноценное сотрудничество организаций, руководители которых вошли в Совет директоров. Далее проект федеральной программы должен будет обсуждаться непосредственно в тех организациях, где начнет выполняться. После внесения необходимых поправок мы передадим программу для утверждения в правительство. Концепция «Аякс» вызывает большой интерес за рубежом. Не думаю, что мы полностью готовы сотрудничать с зарубежными партнерами, потому что разработка содержит в себе немало элементов экономической и военной тайны, а также потому, что мы должны сохранять свои приоритеты. Однако мы готовимся к возможному сотрудничеству.*

В 1994 году в состав дирекции по проблеме «Новые гиперзвуковые технологии» вошли ведущие предприятия и организации России, работающие в области аэрокосмических исследований:

ЦАГИ, ЦИАМ, МКБ «Радуга», КБ «Арсенал», ЦНИИМ, ЭМЗ им. В. М. Мясищева, Сибирское отделение РАН, ИВТ РАН и др.

### **Решение**

#### *Коллегии Гокомоборонпрома РФ от 9.08.1995 по вопросу «О развертывании работ по проблеме «Новые гиперзвуковые технологии»*

Заслушав и обсудив доклады президента холдинговой компании «Ленинец», генерального директора дирекции по проблеме «Новые гиперзвуковые технологии» А. А. Турчака, заместителя директора ЦАГИ им. Н. В. Жуковского Л. М. Шкадова, заместителя директора ЦИАМ им. П. И. Баранова В. А. Сосунова, генерального конструктора МКБ «Радуга» И. С. Селезнева, Коллегия отмечает:

Проблема осуществления крейсерского гиперзвукового атмосферного полета с возможностью выхода на опорную орбиту в околоземном космическом пространстве будет одной из главных задач науки и технологии XXI века. Во многих странах мира, таких как США, Великобритания, Франция, Германия, Япония, проводятся фундаментальные исследования и предпринятельные предпроектные комплексные проработки для оценки перспектив создания и синтеза возможного облика будущих гиперзвуковых летательных аппаратов.

В Российской Федерации работы по созданию гиперзвуковых технологий проводятся в рамках нескольких, курируемых различными федеральными органами, исследовательских программ. По программам «Перевес-2», «Самара» и др. (Госзаказчик — Министерство обороны) ведутся исследования возможности военного использования аэрокосмических систем и гиперзвуковых самолетов. ЦАГИ, ЦИАМ, ЦНИИМАШ, АНТК им. А. Н. Туполева, АО НПО «Молния», АНПК «МиГ» и др. организации в рамках НИР «Орел» (Госзаказчик — Российское космическое агентство) разрабатывают технологии для многофазовых авиационно-космических систем, имеющих возможность осуществлять кратковременный полет с гиперзвуковой скоростью в верхних слоях атмосферы. Фундаментальные аспекты перспективных гражданских сверхзвуковых и гиперзвуковых самолетов исследуются в рамках НИР, проводимых по федеральной «Программе развития гражданской авиационной техники России до 2000 года» (Госзаказчик — Госкомитет).

В целях проведения комплекса исследовательских и организационных мероприятий разработки федеральной программы по созданию гиперзвуковых систем следующего поколения Президиум НТС Госкомоборонпрома принял решение «О проведении работ по созданию авиационных и аэрокосмических систем следующего поколения «Аякс» (Решение № 3 от 31 января 1994 г.). Для организации эффективного взаимодействия предприятий, участвующих в исследованиях и разработке новых гиперзвуковых технологий,

и реализации решения Президиума НТС Госкомитета создана дирекция по проблеме «Новые гиперзвуковые технологии».

В соответствии с техническим заданием, утвержденным председателем Госкомоборонпрома 03.01.95, выполняются работы по созданию научного и технического заделов, проведению стендовых испытаний элементов конструкции, направленные на исследование проблемы создания гиперзвуковых авиационных и аэрокосмических систем следующего поколения, в том числе с учетом новых принципов реализации гиперзвукового полета концепции «Аякс».

Для сохранения престижа российских авиационных и космических разработок, учитываемая необходимость развития аэрокосмических исследований и важность создания гиперзвуковой авиационной и аэрокосмической техники для народного хозяйства и обороны страны, **Коллегия постановляет:**

1. Принять к сведению информацию о ходе работ по исследованию возможностей создания гиперзвуковых авиационных и аэрокосмических систем будущего поколения по концепции «Аякс», выполняемых дирекцией по проблеме «Новые гиперзвуковые технологии».

2. Обратить внимание дирекции на недостаточную координацию работ организаций — соисполнителей по созданию гиперзвуковых авиационных аэрокосмических систем следующего поколения.

3. Поручить дирекции по проблеме «Новые гиперзвуковые технологии» в 3-месячный срок подготовить проект единой «Федеральной программы создания гиперзвуковых авиационных и аэрокосмических систем следующего поколения с учетом технических решений, заложенных в концепцию «Аякс», и технического задела, полученного в рамках НИР «Орел». Подготовленный проект рассмотреть на расширенном заседании дирекции с участием представителей МО, РКА и аэрокосмических фирм (НПО «Молния», НПО «МиГ-МАПО», АНТК им. А. Н. Туполева) для дальнейшего представления его в Правительство Российской Федерации и рекомендовать включить его в число важнейших научно-технических работ.

4. Дирекции по проблеме «Новые гиперзвуковые технологии» рассмотреть ход работ по ТЗ, утвержденному Председателем Госкомитета 20.04.94, подготовить план работ на 1995–1997 годы с учетом реального финансирования.

Срок — III квартал 1995 г.

5. Первому заместителю Председателя Госкомитета А. Ю. Глыбину, начальнику Главного управления науки, техники и конверсии В. И. Везирову, начальнику Главного управления радиопромышленности А. В. Яковлеву, начальнику Главного управления авиационной промышленности Э. С. Неймарку, начальнику *Главного* управления ракетно-космической техники В. А. Степанову, начальнику Главного финансового управления Б. П. Шкатову рассмотреть предложения дирекции по корректировке сроков выполне-

НИЭР по утвержденному ТЗ. Считать необходимым заключение единого финансового договора, между Госкомоборонпромом и дирекцией по проблеме «Новые гиперзвуковые технологии» и обеспечение своевременного и полного финансирования этого договора.

Срок — III квартал 1995 г.

6. Первому заместителю Председателя Госкомитета Ю. А. Глыбину, начальнику Главного управления науки, техники и конверсии В. И. Везирову, начальнику Главного управления радиопромышленности А. В. Яковлеву, начальнику Главного управления авиационной промышленности Э. С. Неймарку,

начальнику Главного управления ракетно-космической техники В. А. Степанову, руководителю системно-аналитической группы по созданию федеральной программы «Национальная технологическая база» Е. А. Федосову, генеральному директору дирекции А. А. Турчаку включить в Федеральную целевую программу «Национальная технологическая база» раздел «Новые гиперзвуковые технологии».

Срок — III квартал 1995 г.

7. Начальнику Главного управления науки, техники и конверсии В. И. Везирову, начальнику Главного управления радиопромышленности Яковлеву, начальнику Главного управления авиационной промышленности Э. С. Неймарку, начальнику Главного ракетно-космической техники В. А. Степанову, начальнику Главного управления электронной промышленности А. С. Андрееву, генеральному директору дирекции А. А. Турчаку подготовить приказ по Госкомитету с согласованием в Министерстве обороны Российской Федерации, Российском космическом агентстве, Российской Академии наук об объединении усилий предприятий и организаций этих министерств и ведомств в рамках единой «Федеральной программы создания гиперзвуковых авиационных и аэрокосмических систем следующего поколения».

Срок — IV квартал 1995 г.

8. Контроль за выполнением решения Коллегии возложить на Братухина.

В России до сих пор головное предприятие работает и называется «Предприятие гиперзвуковых систем» (НИИПГС). Все работы предприятия рассекретили по всей России. Сотрудников пригласили в США, туда поехали узкие специалисты. Я не ездил, так как не был специалистом гиперзвуковых технологий.

И В. Л. Фрайштадт не ездил, так как ему А. А. Турчак сказал, что он поедет, когда надо будет согласовывать последние документы. В. Л. Фрайштадт стал ненадежен, так как в России появилось много

специалистов-«невозвращенцев». Поехали Е.Г.Шейкин и др. На конференции выступали с докладами взаимно американцы и наши по достигнутому результату. К нашим специалистам американцы относились с большим уважением. С 1993 года каждое лето через год организовывались конференции то у нас недалеко от Финляндии на Карельском перешейке в поселке Рошино, то у них, чтобы обмениваться информацией. Наших специалистов они приглашали познакомиться с проектом, который они готовили у себя к летным испытаниям. Участники рассказывали: «Американцы все рассказывают и смотрят на выражение лица, как наши реагируют на то, что они показывают. Им это было важно. То есть американцы относились к нашим специалистам по высшему классу, потому что идеи самолета, предложенные В.Л.Фрайштадтом, просто потрясающи. Были публикации в газетах, но от публикации до реализации нужно порядка 20 лет.



В. Л. Фрайштадт на фото из французского журнала

### ***Вспоминает В. Н. Исаков***

*К нам тоже приезжали специалисты из-за границы, в основном из NASA. Конференции были только с москвичами. Помню конференцию, на которой был И. С. Селезнев, В. П. Кутахов, специалисты из ВНИАМа, которые занимаются ГПВРД. Аббревиатура ГПВРД это жаргон, так как где граница, с которой начинается гиперзвук, не ясно. У Д. Кюхемана есть график зависимости скорости в «махах» от типов двигателя, а я говорю, что пропульсивный КПД зависит не от скорости, а от смены типов двигателей. Следовательно, пропульсивный КПД зависит от типа двигателя и удельный импульс зависит от теплоты сгорания топлива, а у В. Л. Фрайштадта зависит от М. Дмитрий Олегович Rogozin, когда говорит в интервью, что у нас отставания от американцев нет, — лукавит. Американцы опубликовали последние бросковые испытания гиперзвуковой ракеты в 2013 году — и дальше «обрыв»; нет никакой информации. Я помню, что к нам приезжали от американцев только четыре человека из NASA: двигателист, аэродинамик, директор NASA и был «разведчик», я его вычислил потому, что он раскрутил В. Л. Фрайштадта так, что он как тетерев-косач стал рассказывать все, сначала не раскрывая секретов, а потом началось... Хорошо, что я мешал ему говорить, особенно про катализатор. Катализатор был моим «ноу-хау», о котором я В. Л. Фрайштадту, а следовательно и американцам, не сказал. Поэтому считаю, что мы их на некоторое время обогнали.*

Были сообщения в газетах, что начали разработку «Аяксов» за рубежом: «Аякс французский», «Аякс японский», «Аякс американский». Так фигурально называли эти разработки журналисты. Американские секретные разведывательные службы, аккредитованные в России под разными организациями, в частности ANCER, проявляли большую активность, чтобы побольше узнать об «Аяксе советском». Приведу переведенный на русский язык доклад американской разведывательной фирмы об этих работах, которая представляла его непосредственно американскому президенту.

### ***Центр ANCER по международной кооперации в области аэрокосмических исследований***

Отчет московского офиса 17 марта 1995

#### ***Гиперзвуковая технология «Аякс»***

Недавно представители центра ANCER посетили холдинговую компанию «Ленинец» с целью дальнейшего обсуждения программы исследо-

ваний в области гиперзвука по концепции «Аякс». Проведено обсуждение с 4 основными организациями, участвующими в программе «Аякс»: холдинговой компанией «Ленинец», НИПГС, дирекцией по проблеме «Новые гиперзвуковые технологии» (далее — Дирекция) и ЦНИИМ. Все предприятия находятся в Санкт-Петербурге.

### *Холдинговая компания «Ленинец»*

Это бывший советский НИИ (НПО «Ленинец»), образованный в 1994 году с целью разработки авиационного радиоэлектронного оборудования в рамках МОМ. «Ленинец» продолжает производить авионику для большинства российских самолетов, в том числе созданных в КБ Туполева, Ильюшина, Микояна-Гуревича, Сухого.

«Ленинец» был первым российским оборонным предприятием, ставшим акционерной компанией. В настоящее время компания имеет 35 дочерних предприятий (в их числе — НИПГС, Дирекция). Члены Совета директоров компании одновременно входят в советы директоров дочерних предприятий. Акции холдинговой компании могут быть приобретены как отечественными, так и зарубежными покупателями на С.-Петербургской фондовой бирже.

Генеральный директор компании А. Турчак и зам. генерального директора по безопасности С. Ветрогонский обычно представляют компанию во время международных деловых встреч.

### *НИПГС*

НИПГС — ведущая техническая организация по проблеме «Аякс» — одно из 35 дочерних предприятий компании «Ленинец». С. Ветрогонский — заместитель генерального директора компании по безопасности — является председателем Совета директоров НИПГС. Представители ANCER встретились с С. Ветрогонским и В. Фрайштадтом — генеральным конструктором НИПГС, автором концепции и разработок «Аякс».

### *Дирекция по проблеме «Новые гиперзвуковые технологии»*

В прошлом году «Ленинец» организовал Дирекцию, которая объединяет почти все предприятия России, работающие в области гиперзвука под эгидой «Ленинца». Хотя Дирекция действует совместно с НИПГС, она фактически является самостоятельной организацией. Совет директоров состоит из представителей 8 наиболее выдающихся организаций России, работающих в области гиперзвука, включая НИПГС, ЦАГИ, ЦИАМ, КБ «Арсенал». Генеральным директором Дирекции является А. Турчак. Представители ANCER встретились с А. Курановым — секретарем Дирекции.

«Ленинец» и Дирекция пришли к соглашению с Госкомоборонпромом о том, что они будут обеспечивать координацию работ предприятий в области военного применения гиперзвуковой техники в России. В настоящее



время они ведут переговоры по заключению аналогичного соглашения с Российским космическим агентством. Дирекция в значительной степени ориентируется на концепцию «Аякс» в противовес более традиционным гиперзвуковым технологиям, разрабатываемым ЦИАМ, США, Францией (см. ниже). Таким образом, пока не ясно, способна ли будет новая Дирекция устранить глубокие разногласия, имеющие место в российском «гиперзвуковом сообществе».

### *ЦНИИМ*

Представители в ANCER встретились также с доктором С. Гордеевым — начальником лаборатории огнеупорных неметаллических композиционных материалов в ЦНИИМе. Это предприятие также находится в Санкт-Петербурге, но не является дочерним предприятием компании. Оно ответственно за большую часть работ в области технологии материалов по программе «Аякс».

### *Санкт-Петербург против Москвы*

В. Фрайштадт подчеркнул, что существует два весьма различных подхода к разработке техники, необходимой для обеспечения гиперзвуковых полетов: «московский» подход, во главе которого стоит ЦИАМ, поддерживаемый также фирмами Соединенных Штатов и Франции, и «петербургский» подход, разработанный НИПГС.

Московский подход не связан с преобразованием энергии гиперзвукового воздушного потока в энергию и тягу летательного аппарата. Вместо этого силовая установка с двигателем на химическом топливе заставляет летательный аппарат (ЛА) преодолевать сопротивление атмосферы. Поэтому возникает необходимость в создании высокотемпературных, высокопрочных материалов, способных противостоять огромным температурам при гиперзвуковом полете.

Фундаментально отличный петербургский подход связан с использованием, а не преодолением внешней энергии ЛА. Данный аппарат использует кинетическую энергию воздушного потока для повышения энергии топлива, создавая в то же время механизм, обеспечивающий охлаждение ЛА. Поэтому отсутствует необходимость создания экзотичных, сложных в получении материалов, необходимых при московском подходе. В подтверждение этого В. Фрайштадт указал, что при использовании петербургской конструкции температура передних кромок ЛА может достигать только 850 °С, тогда как в московском варианте аппарата эти температуры будут достигать 1 350 °С, как у возвращаемых «шаттлов» США.

Глубокое расхождение в философских взглядах на гиперзвуковую технику в России, существующее между московским и петербургским подходами, продолжается в течение многих лет. В интервью представителям ANCER осенью 1993 года А. Рудаков, начальник отделения ЦИАМ, заявил, что подход НИПГС был «связан с расточением времени и денег». Однако после

образования Дирекции под руководством компании «Ленинец» проводятся согласованные действия, направленные на финансирование российским правительством петербургской концепции вместо московской.

### *Несостоятельность «московского» подхода*

В. Фрайштадт утверждал не только то, что петербургский подход лучше московского, но и то, что 1994-й стал годом, когда московский метод «грубой силы» полностью дискредитировал себя в России, США и Франции после более чем 10-летнего периода интенсивных работ. По словам В. Фрайштадта, разработка рискованных технологических средств, необходимых для создания ВКС — высокотемпературных высокопрочных материалов, ПВРД со сверхзвуковым горением (ПВРДСГ) и средств на водородном топливе, — была связана с большими затратами денежных средств и времени, чем это ожидалось. Поэтому все три указанные выше программы в очень большой мере пересматриваются и урезаются. В противоположность этому В. Фрайштадт заявляет, что его подход решает все рассмотренные технические проблемы.

### *Подсистемы «Аякс»*

Имеются две самые крупные подсистемы в аппарате «Аякс», которые являются ключевыми при использовании энергии гиперзвукового воздушного потока для охлаждения ЛА и повышения эффективности двигателя: термохимические реакторы, которые обеспечивают передачу энергии от поверхности ЛА к топливу и охлаждение ЛА, и магнитогазодинамические (МГД) генераторы и ускорители, которые регулируют работу ПВРДСГ. Указанные системы показаны на рисунке 1 «Схематическое представление ВКС «Аякс», разработанного НИПГС».

### *Термохимические реакторы*

Поглощение энергии обшивкой ЛА играет решающую роль в обеспечении охлаждения обшивки и повышении энергии топлива. ЛА фактически имеет наружную и внутреннюю обшивки в высокотемпературных зонах ЛА, в том числе в носовой части и в передних кромках аппарата. Наружная обшивка выполнена из материала с высокой теплопроводностью, который передает тепло к смеси «топливо + вода» в термохимических реакторах, находящихся между обеими обшивками. Внутренняя обшивка является термостойкой и предназначена для тепловой защиты вспомогательных структурных элементов ЛА.

Смесь «топливо + вода», содержащая 13–15 % керосина, поглощает тепло от обшивки и испаряется. Полученный пар проходит через пористый металлический катализатор внутри термохимических реакторов. В результате эндотермической реакции пара и катализатора происходит разрыв межмолекулярных связей и некоторых молекул керосина, что при-

водит к образованию свободного водорода и одновременно к охлаждению обшивки с поддержанием рабочей температуры жидкости на уровне менее 850 °С. Затем свободный водород и топливная смесь смешиваются с чистым керосином для получения топлива с большим КПД, чем у керосина. В. Фрайштадт утверждает, что в конечной топливной смеси может содержаться до 65 % свободного водорода.

### *Магнитогазодинамические (МГД) системы*

МГД-системы используются для управления воздушным потоком, проходящим через двигатель, с оптимизацией работы ПВРДСГ и созданием огромного количества электроэнергии. В. Фрайштадт заявил, что традиционный механический ПВРДСГ — воздухозаборник, камера сгорания, сопло — не обеспечивает оптимального процесса горения в диапазоне рабочих чисел Маха, и это явилось одной из основных причин провала фирм США, Франции, России, пытавшихся быстро получить работоспособные ПВРДСГ.

В аппарате «Аякс» МГД-генератор тормозит на входе в двигатель ионизированный поток путем введения мощного магнитного поля. Это поле регулирует воздушный поток, проходящий через камеру сгорания ПВРДСГ, обеспечивая непрерывность потока во всем рабочем диапазоне чисел Маха и температуру порядка 900 °С, что меньше по сравнению со стандартным ПВРДСГ. Понижение температуры в камере сгорания приводит к более полному сгоранию топлива, которое происходит на более коротком отрезке в камере по сравнению с обычным ПВРД, при экономии веса и повышении КПД двигателя.

### *Водород в сравнении с керосином*

Московский подход базируется в основном на применении жидкого водорода в качестве топлива. Это, по мнению В. Фрайштадта, с самого начала является одной из главных концептуальных причин провала данного подхода. В. Фрайштадт считает, что применение водорода чрезвычайно непрактично, так как водород не способен абсорбировать большое количество энергии в целях активного охлаждения. Так как это простой химический элемент, то он не может быть раздроблен и тем самым обеспечить эндотермическую реакцию для охлаждения поверхности ЛА. В. Фрайштадт также утверждает, что США и Россия бесполезно истратили значительные денежные средства при весьма умеренных успешных попытках применения шугообразного водорода, имеющего слишком низкую плотность.

### *Уровень разработки*

В. Фрайштадт отметил, что крупные и малые технические средства и методы были исследованы и проверены применительно к обеим крупным подсистемам петербургской концепции. Он добавил также, что подсистема

термохимического реактора почти на шесть месяцев опережает работы по МГД — системам. Представителям ANCER были представлены различные материалы, уже разработанные в рамках программы, в том числе высокопористый материал из карбида кремния, который может быть использован как часть катализатора в термохимическом реакторе. В. Фрайштадт подтвердил, что еще не все необходимые материалы созданы и США и Россия могли бы объединить усилия при разработке более легких материалов для электродов в МГД-системах.

В XXI веке интерес к работам над «АЯКСОМ» постоянно растет, о чем говорит следующая работа.

**«AIR & COSMOS» (Франция) январь 2001 (№ 1777)  
РАССЛЕДОВАНИЕ ОДНОЙ ЗАГАДКИ:  
ГИПЕРЗВУКОВОЙ САМОЛЕТ «АЯКС»**

Как западные страны самостоятельно возобновили работы над программой создания гиперзвуковых самолетов, проводимой Советским Союзом

Расследование проведено А. D. Szames

Только после падения Берлинской стены на Запад начинают просачиваться первые крохи информации об «Аяксе» — концепции революционного сверхзвукового транспортного средства с магнитогиродинамическим принципом движения, разработанной в бывшем Советском Союзе. Вначале недоумевающие и явно озадаченные эксперты принимают «Аякс» за одну из новейших концепций, появившуюся в конце 20-х годов — как раз после работ доктора Eugen Sanger над реактивным самолетом Silbervol («Серебряная птица») и направленную на освоение полетов с гиперзвуковыми скоростями.

Разработка концепции «Аякс» началась в конце 80-х годов. В то время одно советское издание опубликовало краткое интервью профессора Владимира Л. Фрайштадта, описывающее принцип действия этого нового летательного аппарата. Фрайштадт руководил в то время исследовательской организацией, расположенной в Ленинграде — ЦКБ «Нева». Но Советский Союз потерпел крушение, и «Аякс» пошел ко дну вместе с ним. Конечно же, ненадолго. Все еще слышны раскаты бури недовольства по поводу прекращения работ. Rand Corp. публикует отзыв о реакции Советов на программу NASP (Национальный Аэрокосмический план); большой проект одноступенчатого космического аппарата многоразового использования (X-30A) отнесен в разряд нереальных задач. Несомненно, что при помощи NASP американские оборонные и разведывательные структуры старались поддерживать те работы научно-исследовательского центра, которые являются про-

должением проекта SR-71 Blackbird («Черная птица»). Как легко догадаться, Советам захотелось принять этот скрытый вызов. Таким образом, в начале 90-х рождается программа «Орел», которая объединяет русские работы в области гиперзвуковых полетов. «Аякс» становится ее частью.

### *ЦКБ Нева*

Только в 1993 году на Западе заметили появление новой концепции, до этого происходящему не придавалось никакого значения. Ибо на пороге удивительных открытий скромность совершенно необходима. Шесть важнейших событий превращают 1993-й в год разоблачений. В марте 1993-го Владимир Л. Фрайштадт, Виктор Н. Исаков, Алексей В. Корабельников, Евгений Г. Шейкин, Виктор В. Кучинский представили от «Института исследований гиперзвуковых систем» (GNIPGS-ГНИПГС), (это и есть воскресшая исследовательская организация ЦКБ «Нева»), оформили заявку на патент, озаглавленный «Метод создания реактивной тяги для гиперзвукового транспортногo средства в условиях крейсерского полета в атмосфере». Этот документ не разглашался до 1995 года. Cote industriel, фирма британской BA (Британской Академии), которая с 1992 года пыталась проникнуть на рынок русских высоких технологий, попросила у Sowerby Reseach Center (SRC) — своего единственного уполномоченного по R&D (фундаментальным исследованиям и разработкам) — указать того, кто сможет наилучшим образом защитить их интересы в России. Таким человеком становится доктор Ronald S. McEwen, бывший в то время директором департамента материаловедения, который оставил свой пост и отправился в Москву, где менее чем за год приобрел известность. Россию поразил тяжелый экономический кризис. McEwen попадает в сложное положение: множество людей жаждут встретиться с ним и «продать» свои услуги и результаты. Несомненно, Ronald S. McEwen стал первым представителем Запада, ощутившим весь размах проведенных в бывшем Советском Союзе работ, связанных с плазмой и ее «специальным использованием», особенно в области «управляемых энергетических образований» — плазмойдов, после того как его внимание было обращено на большой специально составленный отчет. А ведь «Аякс» использует плазму.

Поворотным пунктом в технологическом обмене между Востоком и Западом становится организованное в 1993 году в Финляндии русское нововведение — удивительный форум, в сущности, первый своего рода «супер-маркет». И хотя заявленные гранты незначительны (по стоимости), работы в области плазменной аэродинамики и магнитогаидродинамического принципа движения (МГД) занимают почетное место в списке отмеченных в настоящее время работ. Теперь на сцену выходят «эксперты», призванные оценить эти новшества.

С 29 августа по 5 сентября 1993 года в Москве проходил 2-й Авиационный салон; холдинг «Ленинец» представил на своем стенде макет с изложением принципов концепции «Аякс»: Cf. [препринт] A&C № 1440, стр. 41. Это предприятие (холдинг), расположенное в Санкт-Петербурге (бывшем Ленин-

граде), доводит до конца работы «Института исследований гиперзвуковых систем» по концепции «Аякс». Наконец, в декабре 1993 года произошли еще два события. NASA подписывает соглашение о сотрудничестве в области фундаментальных исследований по «авиационным наукам» с одной влиятельной организацией, а именно, с ГОСКОМОБОРОНПРОМОм — Государственным комитетом по оборонным отраслям промышленности. В то же время в Мюнхене открылась 5-я «Международная конференция по аэрокосмической авиации и гиперзвуковым технологиям». Здесь вновь встречаются 150 специалистов. Присутствующий на этой встрече журналист московского бюро ИТАР-ТАСС Николай Новичков, специализирующийся на вопросах вооружения и обороны, обратил внимание на работы по концепции «Аякс», проводимые в России. Представленные достижения ошеломили его собеседников. Движение концепции «Аякс» началось.

### *Завод «Арсенал»*

Зерно, посаженное в Мюнхене, быстро дало ростки. Виктор Глухих, президент Госкомоборонпрома, организует совещание на «Ленинце» в Санкт-Петербурге. Повестка дня: финансирование и разработка гиперзвукового аэрокосмического самолета типа «Аякс». Было принято решение испытать в условиях полета экспериментальный образец. Впрочем, несколько сотен «организаций» примут участие в научных разработках. В 1994 году Николай Новичков обнаружил, что, во-первых, Российская Федерация готова выделить 1.300.000 рублей (на период 1994–2002 гг.) на разработку концепции «Аякс», и, во-вторых, что создание экспериментального полетного модуля и «многоцветной летной модели в натуральную величину» будет проведено на «Арсенале» (Санкт-Петербург), одном из старейших оружейных заводов, который в космический век переквалифицировался на серийное производство спутников связи и радиолокационных систем морской разведки (Borsat et Rorsat). «Ленинец» дает понять, что принцип функционирования «Аякса» был подтвержден испытаниями. Западное сообщество очень медленно реагировало на эти сообщения, тем не менее трое университетских преподавателей стали действовать самостоятельно: доктор Claudio Bruno (университет La Sapienza, Рим), профессор Paul A. Czuez; (университет Сент-Луиса, Миссури) и профессор S. N. B. Murthy (университет Purdue, Индиана). Первый находит «Аякс». Второй, заинтересовавшись, вспомнил опыты по получению энергии с использованием магнетогидродинамического принципа, проводимые ВВС США в начале 60-х гг. Третий, хорошо осведомленный, знал о существовании «Аякса». Эти трое, сами того не подозревая, ввязываются в расследование, достойное Шерлока Холмса!

### *Проект Одиссей*

Вернувшись в Рим, Claudio Bruno расспрашивает своих коллег. Доктор Валерий Д. Головичев (Новосибирск), русский специалист в области «клас-

сических» сверхзвуковых двигателей, приглашенный на работу в научно-исследовательский отдел Итальянского центра научных исследований (CRS), был в курсе разработок по «Аяксу». Его советы оказались поистине драгоценными. Paul A. Czyez, со своей стороны, быстро справился с работой по обработке огромного, и это слабо сказано — количества информации вместе со своими студентами. Его педагогический проект даже получил кодовое название — «Одиссей». Paul A. Czyez — настоящая легенда в сфере сверхзвуковых технологий — проталкивающий продвижение концепций, поддерживал такой подход в качестве экс-заказчика компании «Мак-Дуэлл» (ныне вошедшей в «Боинг»).

Но «Аякс» такая сложная машина! «Мы попытались самостоятельно восстановить концепцию “Аякс” по ее многочисленным составным частям.

Это было все равно что собирать рассыпавшийся скелет динозавра и спрашивать себя, на что же будет похоже животное целиком», — объясняет Claudio Bruno. В 1989 г. его университет La Sapienza заключил договор по программе обмена преподавателями с Институтом теоретической и прикладной механики при Российской Академии наук (ИТПМ СО РАН), расположенным в Новосибирске. Claudio Bruno часто работал с профессором Павлом Третьяковым, одним из лучших специалистов сверхзвуковых систем в ИТПМ. Но Третьяков знал о существовании «Аякса»! Хотя он и не принимал непосредственного участия в создании этого проекта, его советы все же позволили лучше понять технологию преобразования горячего в соответствии с концепцией «Аякс». Итак, Claudio Bruno, Paul A. Czyez и S. N. V. Murthy все чаще и чаще выступают публично, но только в 1998 году на международной конференции, организованной ВВС США и посвященной аэрокосмической авиации (Норфолк, Виржиния), они будут официально объединены. Но что тем временем произошло?

### *Глобальные перемены в данной сфере*

Период с 1994 по 1998 г. переполнен событиями с тайным, глубоким смыслом. В 1994 г. новая концепция вновь привлекает к себе внимание Etats-Unis: RMA (Revolution in Military Affairs — Новое в исследованиях военных технологий). Технический прогресс в военной области в сочетании с важнейшими изменениями существующих доктрин и пересмотром действующих концепций невозможен без наличия определенных ресурсов, среди которых главенствующее положение занимают аэрокосмические платформы, предназначенные для выполнения операций слежения и нанесения стратегических ударов, сверхзвуковые средства передвижения различных видов и однотупенчатые космические ракеты многообразного использования.

Программа начинает набирать обороты и обретать реальные черты. В 1994 году группа Alliance, которая объединяет шесть производственных гигантов (Boeing, General Dynamics, Lockheed, Martin Marietta, McDonnell Douglas и Rockwell), изучает программу и публикует известный отчет на 600 стр. — Commercial Space Transportation Study (Коммерческий проект соз-



дания космического транспорта — CSTS). 5 августа следует «реакция» Белого дома в виде публикации National Space Transportation Policy (NSTR — Национальная политика в области космического транспорта). NASA становится официальным уполномоченным по разработке технологий и проведению испытаний будущих систем космического транспорта многоразового использования (RLV). Белый дом уточнил, что работы научно-исследовательского центра в области действующих космических систем многоразового использования будут проводиться NASA в сотрудничестве с Министерством обороны США.

Проведение производственных работ по данному проекту было приостановлено в 1994 году вследствие серьезного внутреннего кризиса: программа NSP (Национальный Аэрокосмический План), которая в то время объединяла все американские исследования в области сверхзвуковых полетов, была закрыта. Ее преемник, программа HySTR (Технология гиперзвуковых систем) просуществовала только три месяца, ее закрыли в январе 1995 года. В это время контроль над работами, проводимыми в рамках Hy-Tech, вновь переходит к BBC США. В 1995 году NASA выдвигает инициативу HRST (Highly Reusable Space Transportation — многоразовый космический транспорт следующего поколения) Задача: снизить до 200 долларов за килограмм стоимость выведения на орбиту полезной нагрузки при одноразовом запуске ракеты. Проект HRST осуществляется параллельно с другим проектом NASA, названным ARTT (Advanced Reusable Transportation Technologies — Исследование технологий создания многоразового космического транспорта). Для осуществления проекта HRST было приглашено 13 команд. Среди избранных команд оказался Anser (Analytical Service, Inc.), Аналитический центр. Его специализация — «Аякс».

### *Ansez (Analytical Service Inc.)*

Anser является «thinc tanc» — накопителем интеллектуальных данных, специализирующимся на оценке предлагаемых систем вооружения для главного штаба BBC США, расположенного в Пентагоне. Его персонал поддерживает тесный контакт с представителями американских разведывательных структур. Кроме того, эта фирма разместила в начале 90-х гг. свой филиал в Москве (Anser Center for Aerospace Cooperation — Аналитический центр для аэрокосмической кооперации). Таким образом, для Anser проект «Аякс» не являлся загадкой. Эксперты и специалисты компании по гиперзвуковым технологиям не поверили в результаты исследований, предоставляемые Россией. Однако обнародование в 1995 году патента на метод, лежащий в основе «Аякса», и рост технических публикаций, посвященных данному вопросу, все-таки причиняли им некоторое беспокойство. Проект HRST NASA — идеальная возможность, дающая необходимый импульс для возобновления и оздоровления дискуссии. Этот шаг оказывается необходимым еще и потому, что американская разведывательная служба явно нуждается в свежей информации.

В декабре 1995 года Air Force Scientific Board (AFSAB — Научно-консультативный центр ВВС) публикует свой отчет о перспективах (New World Vistas — Новые военные инициативы), определяющий приоритеты ВВС США в отношении работ научно-исследовательского центра на ближайшие 30 лет. В 1997 году выяснилось, что гиперзвуковые аэрокосмические транспортные средства, обладающие аэродинамическим качеством, близким к 40, присутствовали среди указанных выше целей. Аэродинамическое качество является тем самым понятием, которое определяет «аэродинамическую эффективность» планируемого устройства. Оно нулевое у космической сферической капсулы, находится между 0,5 и 1 у корпуса с автоматической вертикальной тягой и около 5 у челночного аппарата типа «Шаттл», который получил насмешливое прозвище «летающий обрубок». Транспортное средство, обладающее аэродинамическим качеством, равным 40, станет необыкновенным планером: сбрасывая скорость (выключая двигатель) на высоте всего 1 км, он пролетает около 40 км в свободном полете, и это с его-то массой!

### *Команда «мэтров»*

Если «Аякс» представляет то, на что претендуют его русские разработчики, то он красуется во главе списка «прогрессивных» проектов, позволяющих осуществить фантастический планирующий полет. Исследования HRST сообщают: Anser — дал нам возможность серьезно заинтересоваться данной концепцией и собрать команду. И какую команду!

Несомненный лидер, Ray Chase, ведущий специалист, имеющий шесть персональных премий. Dave Froning, президент Flight Unlimited, хранитель тенденции по совместным действиям при работе над проектом.

Leon McKinney, один из лучших специалистов в мире по анализу траекторий полета — это господство законов оптимизации плюс вдохновение.

Доктор Paul Czyez также включился в это необыкновенное исследование. Почти два года эти исследователи стараются воссоздать «Аякс» вместе с Claudio Bruno и S. N. B. Murthy. Еще один преподаватель университета, Mark J. Lewis (университет Maryland), видный специалист в области аэродинамики, специализирующийся на гиперзвуковых устройствах типа «waveriders-волнолет» и на обтекании тонкого профиля, был призван на помощь. Lewis руководит исследовательским центром, финансируемым NASA (Maryland Center For Hypersonic Education & Reseach — Мэрилендский центр гиперзвукового обучения и исследований). Знаменитые Skunk Works (исследовательские отделы фирмы Lockheed-Martin), представленные молодым талантом, доктором Robert Boud, конечно же, приняли в этом участие. Вместе с Skunk Works Anser разыгрывают козырную карту эффективности, основанной на реалистичном подходе к проблеме.

Ray Chase необходимо было узнать мнение какого-либо промышленника, специализирующегося на «прогрессивных» проектах; такого промышленника, занятием которого было бы не бесконечное создание проектов на бумаге, а реальное выполнение поставленных задач.

Благодаря Skunk Works, команда получает доступ к базе данных Atomics General, американского лидера в области создания сверхпроводящих магнитов. «Аякс» использует эту технологию. Кроме того, Lockneed-Martin открывает и другие двери, например, Textron System, представленную доктором Daniel Swallow. После покупки Avco — фирмы, специализирующейся на изготовлении сверхпроводников, Textron System знает толк в преобразовании магнитогиродинамической энергии. Эта технология, естественно, используется в «Аяксе». Нет никаких сомнений в безмерной увлеченности Соединенных Штатов проектом «Аякс». 50 команд научных сотрудников работают над технологиями, необходимыми для реализации этого проекта. 30 производственных организаций получают достаточное количество инвестиций для работы в этом направлении.

Военные лаборатории давно вступили в борьбу за первенство. Вероятнее всего, будущее гиперзвуковых систем решается именно сегодня и определяется степенью нашего умения работать с электромагнитными средами. С того времени, как авиаконструктор провел в 1997 году летные испытания с целью признать действительными ключевые технологии «Аякс», ни малейшая информация о данном проекте не просочилась наружу.

Однако в феврале 2000 года BBC США рассказывают, что некоторые аспекты ключевых технологий «Аякс» могут стать предметом эксперимента на X-37 или на варианте проекта DF-7 (“dual Fuel Much 7–10”), являющегося воплощением результатов научно-исследовательских работ в области экспериментальных гиперзвуковых транспортных средств X-43A, выполняемых в рамках программы NASA Future X. Нельзя исключать, что данные эксперименты будут касаться и загадочных платформ. Настоящая «стена молчания» окружает этот проект. Что бы там ни было, несомненно одно — концепция будущих трансатмосферных гиперзвуковых летательных аппаратов находится сейчас в стадии коренных перемен. Более чем когда-либо SSTO (Single Stage To Orbit), этот мистический космический одноступенчатый ракетополетитель многоцелевого использования, кажется реально осуществимой задачей, которая уже успешно реализуется.

### *МГД — ключ к движущей силе «Аякса»*

Изобретатели концепции «Аякс» говорят о документальном подтверждении того, что, когда движущееся тело проходит через атмосферу на большой скорости, эта текучая и вязкая среда создает ему естественное сопротивление, которое тормозит его движение. Понятие аэродинамического лобового сопротивления выражает этот феномен, который возник впервые, когда сам летательный аппарат стал затрачивать определенную мощность на преодоление лобового сопротивления, которое он создает во время своего движения!

Это явление проявляется в различных вариантах. Воздух сильно сжимается при переходе к сверхзвуковому полету («звуковой барьер») и нагревается («тепловой барьер» появляется при числе Маха = 5). Такое явление

возникает, когда космический аппарат попадает на большой скорости в плотные слои атмосферы, разогревается от взаимодействия с ними и окружается огненной оболочкой («термическая плазма»). Таким образом, когда корабль сходит со своей орбиты для возвращения на Землю, огромное количество кинетической энергии, которая ему была передана при запуске, рассеивается, расходуется, выделяется в виде тепла. Можно ли избежать такого бесполезного расхода? Можно ли использовать огромные возможности корабля, которые заключаются в наличии «резервуара» теплоты, для улучшения возможности полета в атмосфере?

Да, отвечают изобретатели «Аякса», воодушевленные единственным желанием: использовать всю возможную энергию в какой бы то ни было форме для уменьшения размера корабля, снижения его лобового сопротивления и в то же время для повышения его рабочих (аэродинамических) характеристик. Таким образом, вновь стала рассматриваться проблема пороения гиперзвука.

Основные четыре технологии, поддерживая одна другую, используются в концепции «Аякс»: активное снижение аэродинамического лобового сопротивления, получение энергии в устройстве МГД-генератора, преобразование топлива и использование новых материалов. Эти технологии дополняют друг друга для получения наибольшего эффекта.

### *Активное уменьшение лобового сопротивления*

Для улучшения прохождения гиперзвукового самолета через слои воздуха и для ограничения нагревания аппарата изобретатели концепции «Аякс» «предварительно прогревают» атмосферу. Таким способом они раздвигают гиперзвуковой поток перед кораблем, освобождают ему ограниченный ударной волной «коридор», в который он попадает, расходуя меньше энергии. Опыты, проводимые Павлом Третьяковым, позволили проверить эту возможность, и такая проверка логически необходима. Речь шла о создании атмосферного «оптического разряда» — термической плазмы — путем фокусировки мощного лазерного луча перед носовой частью небольшого макета в аэродинамической трубе. «Мы наблюдали, — объясняет специалист-физик, работающий над этим вопросом, — что ударная волна понемногу отделялась, она становилась более и более наклонной; при этом лобовое сопротивление может уменьшиться до половины и меньшей величины — что подтверждают расчеты Кешеманна (1970)». Этот опыт доказал обоснованность принципа без объяснения возможности его применения на корабле большого размера.

Каким образом фактически преобразовать воздух в плазму? Температура потока, ударяющегося в гиперзвуковой аппарат при числе Маха 14, равна примерно 4 000 °K. Это высокая температура, но она недостаточна для начала процесса ионизации в данных условиях. При такой низкой скорости столкновений невозможно осуществить процесс ионизации, иначе как применив «активную» технологию: электрические разряды (эмиссия ионов

и электронов), электромагнитные разряды (лазеры, микроволновое излучение). Эти решения, заманчивые в отношении энергии, находятся среди редких и наименее изученных проблем реализации концепции «Аякс» (В США предложено использование небольших генераторов нейтронов). Российские инженеры, компетентные в этой области, считают более приоритетным применение электрических разрядов и микроволнового излучения.

Использование плазмы в концепции «Аякс» дает три других преимущества. Первое состоит в том, что летательный аппарат, попадая в ионизированный газ, перестает быть различаем для сигналов РЛС, получая своеобразную маскировку. Русские ученые приложили большие усилия для изучения этой проблемы во время холодной войны. Программы «невидимых» истребителей 7.01, 1.42 и 1.44 МФИ (Многофункциональный фронтальный истребитель) подтверждают заинтересованность в этом вопросе. В течение нескольких лет генераторы плазмы весом в сто килограммов (второе поколение) были готовы для вывоза; в начале 1999 года об этом сообщил Анатолий Коротеев, директор Научного центра Келдыша.

### *Специальные материалы*

Без революции в области материалов летательный аппарат типа «Аякс» не сможет летать. «Система каталитических реактивов», в которой происходит преобразование топлива, состоит из сети проводящих каналов, расположенных вдоль сопла и переднего края крыла. Российские инженеры много работали над проницаемыми и пористыми материалами. С другой стороны, для реализации концепции «Аякс» необходимо «проложить дорогу» в области материалов, сверхпроводящих при достаточно высоких температурах. Эти материалы, располагаясь вокруг воздухозаборника, создают интенсивное магнитное поле, примерно десятки Тесла. Использование сверхпроводимых материалов оказалось необходимым для летательного аппарата, чтобы ограничить потери электрической энергии, возникающие при циркуляции сильных токов (эффект Джоуля). Электроды, используемые в генераторе и МГД-ускорителе, должны показать нестандартный характер этих материалов: они обладают изменяемой электрической проводимостью (этот класс материалов разрабатывали японские ученые). Теперь встает задача тщательно изучить механическое сопротивление материалов, попавших под воздействие интенсивных магнитных полей.

### *Получение энергии с помощью МГД-генератора*

Ионизированный воздух (холодная плазма в неравновесном состоянии), который проникает в двигатель, содержит заряженные частицы. Следовательно, на него можно воздействовать электромагнитными полями. Для этого существуют три причины. Во-первых, желательно получить энергию. МГД-генератор является таким уникальным устройством, которое позволяет преобразовать кинетическую энергию (скорость) ионизированного потока в электрическую энергию. Получаемое электричество служит в первую оче-

редь для питания одной из систем активного снижения лобового сопротивления, описанного ранее. Затем идет камера сгорания и выделение энергии в процессе горения. Значительная часть этой энергии, которую ученые оценивают в десятки МВт (постоянный режим) или в сотни МВт (импульсный режим), является «повторно вводимой» на выходе камеры сгорания в МГД-ускоритель. Как указывает его название, данное устройство действует «противоположно» МГД-генератору. Оно использует электромагнитные поля для ускорения до высоких скоростей горячих газов, выходящих из камеры горения. Метод, заключающийся в выделении энергии с одной стороны устройства для повторной подачи с другой стороны, носит название «МГД-энергетического моста» (обход МГД-энергии). На бумаге это заманчивая идея, а на практике возникают значительные трудности. Однако они не являются непреодолимыми. Далее изложены некоторые детали.

Заряженный воздух, который попадает в двигатель, может сравниваться с проводящей средой, движется за счет появляющегося тока со скоростью ( $V$ ), которую имеет и летательный аппарат. Законы электродинамики говорят нам о том, что если приложить к этому ионизированному потоку магнитное поле ( $B$ ), перпендикулярное скорости, то возникает большое количество различных явлений. Прежде всего это сила Лоренца. Разность потенциалов, возникающая между боковыми стенками устройства, может быть использована для получения тока. Каким образом? Изменяя стенки электродов и далее соединяя эти электроды в цепь. «Ток Фарадея» ( $I$ ), который соответствует перемещению ионов перпендикулярно оси МГД-генератора, является перпендикулярным одновременно как к магнитному полю ( $B$ ), так и к скорости заряженного воздуха ( $V$ ). Итак, наличие тока ( $I$ ) и магнитного поля ( $B$ ) порождают интересный феномен, открытый в 1879 году — эффект Холла. Точнее, ток Фарадея порождает индуцированное электрическое поле ( $E$ ) (пропорционально плотности тока и силе магнитного поля), ориентированное в направлении, противоположном движению летательного аппарата. Индукционный ток снижает величину тока Фарадея, а следовательно, и производительность генератора, и скорость ухода заряженной среды. С точки зрения аэродинамики явление МГД-торможения позволяет поддерживать движение летательного аппарата, а также нарушает равновесие, создавая дополнительное сопротивление в воздухозаборнике.

Каким образом уравновесить эту силу? Мы говорили выше, что при преобразовании механической энергии ионизированного потока в электрическую скорость заряженной среды уменьшается. При этом удастся снизить температуру и давление воздушного потока.

Для двигателистов эта перспектива открывает огромные возможности. Фактически становится возможным запустить авиационный гиперзвуковой двигатель при «приемлемой» температуре и давлении. Второй момент, связанный с этим явлением, привлекает всех инженеров, работающих над проектом «Аякс».

Удалось показать, что при отборе МГД-генератором некоторого количества энергии воздушного потока скорость будет сверхзвуковой! Была по-

казана возможность использования прямоточного воздушно-реактивного двигателя или, более того, турбореактивного двигателя, для движения гиперзвукового летательного аппарата при числе Маха = 12. Специалисты в области двигателестроения, работая по этой концепции, могли бы больше не беспокоиться об ограничениях и сложностях, связанных с работой обычных прямоточных воздушно-реактивных двигателей и о «суперстратосферных»: специальных материалах, способных защитить от высоких температур и высокого давления, не подвергающихся воздействию огня и устойчивых к высоким температурам и т. д. «Можно надеяться на то, что преобразование энергии не будет равно 100 %, — разъясняет специалист. — Всегда будет потери и всегда будет иметь место дополнительное сопротивление».

### *Секрет преобразования топлива*

Какое топливо использовать для проекта «Аякс»? Наиболее часто называемыми решениями для гиперзвуковых двигателей являются жидкий водород ( $H_2$ ) и метан ( $CH_4$ ), которые уже достаточно устарели. Эти криогенные виды топлива (жидкие при низких температурах) имеют малую плотность и малоприменимы на практике. Инженер, занимающийся вопросами гиперзвуковых летательных аппаратов, работающих при числе Маха = 12 и на упомянутых видах топлива, изобразил топливные баки настолько большими, а систему охлаждения настолько тяжелой, что аэродинамические характеристики, стоимость серийного производства и полезная нагрузка летательного аппарата ухудшились. Военные инженеры не согласны с применением  $LH_2$ , жидкого водорода для запуска своих будущих гиперзвуковых аппаратов.

### *«Приготовление» топлива*

Изобретательность может творить чудеса. Не стоит ли заинтересоваться использованием жидких углеводородов (LHC) более плотных, чем метан? Евгению С. Шетинкову удалось осуществить сжигание керосина в прямоточном воздушно-реактивном двигателе. «Русские продолжили эти исследования. Сегодня они работают над двигателями, способными работать при числах Маха до 7–8», — объясняет специалист по вопросам двигателей. Для того чтобы реализовать этот сложный процесс, они «готовят» керосин. Технология, хорошо известная в нефтехимической промышленности, носит название реформинга, или разложения. Процесс заключается в добавлении воды (или химического соединения на основе водорода, например, перекиси водорода  $H_2O_2$ ) в углеводород, затем нагревании смеси для проведения каталитической химической эндотермической реакции. Для расчета количества и вида химических материалов, участвующих в реакции, шведские эксперты при оценке проекта «Аякс» использовали сводку правил по расчетам, выпущенную в 1992 году (Stranjan). В идеальной химической реакции (для которой мы здесь упрощаем условия) керосин преобразуется в монооксид углерода и газообразный водород  $H_2$ . Вода ( $H_2O$ ), и особенно



кислород, находятся в недостаточном количестве для получения СО, и тогда появляются молекулы чистого углерода. Эти частицы (графит или комплекс С6о) заполняют топливную смесь, улучшают ее электрическую проводимость и ее электромагнитную «вязкость»... «Здесь надо остановиться на двух моментах, — заметил Клаудио Бруно. — С одной стороны, это отличное качество для воспламенения преобразованных компонентов топлива, с другой стороны, подтверждение того, что данный эндотермический процесс поглощает большое количество теплоты». Итак, изобретатели «Аякса» считают, что этот процесс можно использовать для охлаждения нагревающихся частей летательного аппарата.

IAC Moscow

10:7-095-2503783

05 APR '95 10:53 No. 003 F.01

Холдинговая компания  
"ЛЕНИНЕЦ"  
Директору компании по безопасности  
Ветригонскому С.В.

Факс: 291 81 35

Уважаемый Сергей Владимирович!


Спасибо за Ваш факс 99-39-31 от 30.03.95.

По Вашей просьбе направляем Вам:

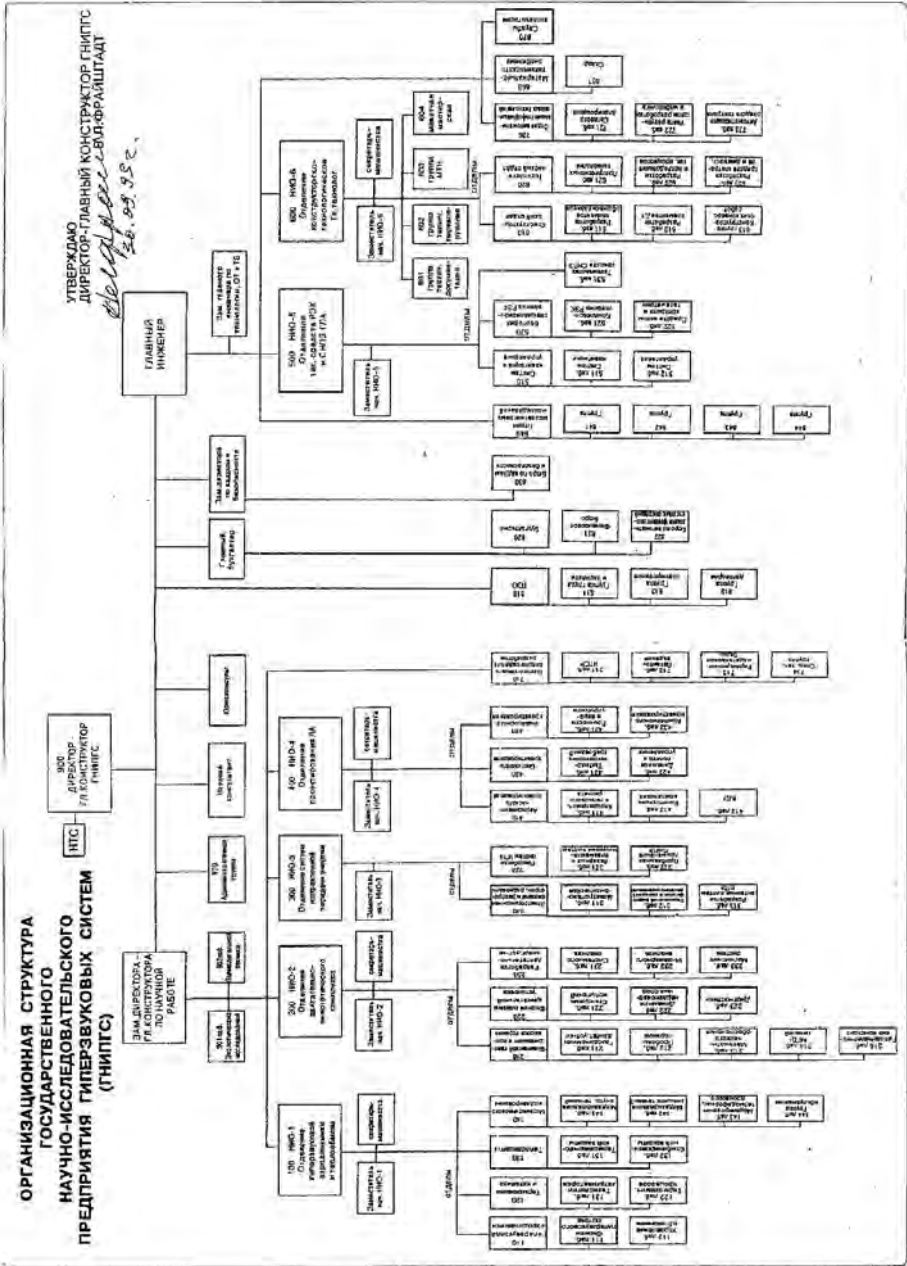
- I. Копию аналитического обзора о холдинговой компании "ЛЕНИНЕЦ" (5 страниц).
- II. Перечень организаций, в которые направляются аналитические материалы фирмы АНСЕР:
- НАСА (штаб-квартиры в Москве и Вашингтоне),
  - Центр Лэнгли,
  - Совет по науке ВВС США,
  - Офис по науке и технике Белого Дома,
  - Департамент транспорта США,
  - Госдепартамент США,
  - Федеральная администрация авиации (ФАА) США,
  - Организация защиты против баллистических ракет США,
  - Европейское космическое агентство

В перечисленных организациях аналитические материалы фирмы АНСЕР получают лица, занимающие ключевые посты.

С уважением,



Л.Э. Агашинова  
Менеджер фирмы АНСЕР  
Московское представительство



Я пришел работать в СКБ «Нева» в должности главного инженера, когда пресловутая перестройка достигла такого развития, что был разрушен «сверху» Советский Союз, а в суверенной России начались преобразования в экономике переходного периода от социализма к капитализму. Началось акционирование работающих госпредприятий. Наступил период разграбления страны под лозунгом «разрешено все, что не запрещено!» [44]. «Ленинец» стал открытым акционерным предприятием — холдингом, а СКБ «Нева» — предприятием ОАО НИПГС. Чтобы снять с себя секретность и получить возможность поездок за границу, через полтора года я перешел на должность заместителя директора по экономике. Эта работа была мне знакома, так как на предыдущей работе мне приходилось решать в том числе и вопросы финансирования. При этом функции главного инженера за мной фактически сохранились.

НИПГС получал финансовую поддержку, «Мы не дадим вам умереть» говорил один из руководящих сотрудников, но её было, конечно, недостаточно, для осуществления мечты — встретить XXI век в самолете «АЯКС».

С В. Л. Фрайштадтом работать было интересно, так как он решал и ставил задачи, не задумываясь о масштабах предстоящего развала экономики и продолжал верить в реальную возможность осуществления проекта «Аякс». Он работал в интересах Государства. В. Л. Фрайштадт понимал, что первый полёт на самолёте «АЯКС», как и первый полёт с человеком в космос могло осуществить только мощное, целеустремлённое Государство, которого не стало. Существующая страна Россия уже не вдохновлялась лозунгом «перегоним Америку». Я старался сосредоточить коллектив на работе по «Государственной программе». Разработал и утвердил новую структуру предприятия (Рис. Структура ГНИПГС), ввёл краткосрочное планирование до года в отделах и лабораториях, повышал ответственность исполнителей.

По планам работ 1992 года в 1999 году предполагалось начать испытания бросковых испытательных модулей, разработка которых была начата на заводе «Арсенал». В 70-80-х гг. завод «Арсенал» уже успешно выполнял подобные разработки в программе создания аэрокосмического корабля «Буран».

В связи с пробуксовкой оформления «Государственной программы «АЯКС» я думаю, что у Владимира Львовича исчезла мотивация стремления к цели. Такая ситуация уже была в биографии Владимира Львовича в 70-х годах, когда «избавленный от ума» тогдашний директор института скрытно уничтожил результат его труда (см. раздел 3.2). Сейчас был предложен другой выход из создавшегося положения.

А. А. Турчак, сделал В. Л. Фрайштадту такое предложение «Владимир Львович предлагаю вам лично решить вопрос о передаче должности директора НИПГС начальнику лаборатории А. Л. Куранову с сохранением за вами должности Генерального конструктора». На принятие решения у В. Л. Фрайштадта был дан один день. К вечеру он решил отказаться от директорства. Через несколько дней я уволился как пенсионер. Это был октябрь 1996 года.

В. Л. Фрайштадт в дальнейшем активно уже не работал, был членом совета директоров НИПГС. Еще какое-то время удавалось получать небольшое финансирование «под Фрайштадта» Коллектив предприятия сократился с 150 до нескольких человек.

В 2005 году В. Л. Фрайштадт скончался.

Время показало, что усилия по созданию самолета «Аякс» завершились созданием только «концепции «Аякс». Без Владимира Львовича продолжение работ по самолету «Аякс» оказалось невозможным.

## Заключение

Воспоминания о создании первых отечественных интегральных схем я адресую в первую очередь историкам, в частности авторитетному историку вычислительной техники Б. М. Малашевичу, сочинения которого используют другие историки [27], преподаватели [28, 29] и студенты [30] университетов и статьи которого встречаются в справочниках [32] и в различных журналах и интервью.

Своим многолетним служением пропаганде достижений Советского Союза в технике Б. Малашевич заслужил авторитет у издателей его исторических сочинений. Автор в своей реконструкции истории появления ТС Р12-2 опирается на беседы с бывшим директором «Альфы», который в те годы (1961–1971 гг.) работал технологом цеха.

Историк изложил свою реконструкцию моей истории в виде «легенды о молодом специалисте-технологе, заводчанине-практике Юрии Валентиновиче Осокине, который «снес на заводе золотое яичко, назвал его ТС Р12-2» и стал «отцом-зачинателем» полупроводниковых твердых схем в мировой державе — СССР.

История появления твердых схем Р12-2 и Р12-5 в моем изложении основана на документах и воспоминаниях непосредственных участников зарождения и создания интегральных твердых схем, модулей «Квант» и на их основе БЦВМ.

Небольшая группа молодых специалистов по образованию физиков и радиоинженеров уже поработавших бок о бок на разработке транзисторных устройств были увлечены возможностью создания любого радиотехнического устройства, используя только один универсальный логический элемент «2НЕ-ИЛИ». Шел поиск оптимального варианта реализации такого элемента. Предлагали. Спорили. Для вариантов схем с использованием транзисторов обязательным

условием было работа транзисторов в ключевых режимах. Вот так и зарождалась наша «твердая схема». Ряд «случайных» обстоятельств позволил преобразовать зародившуюся идею в реальное изделие «твердую схему» универсального логического элемента «2НЕ-ИЛИ». «Случайно» оказался в Ленинграде завод «Светлана», выпускающий транзисторы с нужными для нас параметрами, а начальник участка изготовления этих транзисторов одноклассник наших молодых физиков. На изготовление первых образцов экспериментальной партии наших твердых схем потребовалась одна неделя. Вторая важная «случайность»: в Риге построен новый ПП завод и уже год выпускает те же транзисторы по той же технологии. Важным обстоятельством было так же то, что директором Рижского завода в прошлом ленинградец, любил Ленинград и ленинградцев. Он по-деловому отозвался на просьбу нашего института изготовить экспериментальную партию наших твердых схем по представленным образцам и структурой нарисованной нашим Главным инженером мелом на доске. С начала 1962 года на заводе организовано изготовление больших партий твердых схем под названием «ТС-233».

Однако «в интересах исторической справедливости», наряду с мифами Б. М. Малашевич исторически справедливо написал, что:

«Первая отечественная полупроводниковая ИС P12-2 и гибридные ИС (ГИС) “Квант” на ее основе имели важные преимущества перед американскими: P12-2 реализовала функцию “2НЕ-ИЛИ” — универсального элемента для построения любых цифровых устройств. Первые американские ИС были триггерами — схемами ограниченного применения. ГИС серии “Квант” были первыми в мире промышленными ГИС с двухуровневой интеграцией (в них использовались полупроводниковые ИС “P12-2”). ИС “P12-2” и ГИС “Квант” сразу же пошли в серийное производство, продолжавшееся более 30 лет, первые американские ИС Дж. Килби и Р. Нойса остались экспериментальными, в производство пошли другие ИС, даже не ими разработанные» [36].

Надеюсь, чтение моих воспоминаний изменит представление читателей об истории создания первых интегральных («твердых») схем ТС-без названия и впоследствии получивших названия ТС-233, P12-2 и P12-5, серии «102» и «103 и их действительных авторов.

## Эпилог

Вместе мы придумали, разработали, настроили, испытали и запустили в производство первые в нашей стране бортовые цифровые вычислители на микросхемах собственной разработки — ГНОМ-1, ГНОМ-1-66 и ГНОМ-А.

От простых двоичных счетчиков, на которые мы боялись дышать (так часто они отказывали), мы добрались до создания высоконадежных бортовых ЦВМ, ставших мозгом сложнейших радиоэлектронных управляющих авиационных комплексов.

Вместе мы работали днями и ночами в институте, на заводах, в командировках, на испытаниях; вместе радовались и огорчались.

Вместе ездили в колхозы и на туристские слеты, отмечали праздники, дни рождения, читали Булгакова и Солженицына.

Стали почти одной семьей, точнее БРАТСТВОМ.

*Виктория Пузыревская*

Нас давно по свету раскидало  
Властной безответственной рукой.  
Но все то, что нас объединяло,  
Мы сквозь годы пронесли с собой.  
Молодость, сплоченность, веру, опыт,  
Дела трудовую суету.  
Где теперь найти такие тропы,  
Чтоб вернуться в атмосферу ту?



Как забыть ночей бессонных бденья,  
Ригу, Киев, Жигулевск, Ташкент,  
Поисков пудовые сомненья,  
Озарений праздничный момент?  
Да, нелегким было то начало.  
В муках, синяках рождался ГНОМ.  
То сопротивлялось и мешало,  
Что застоем мы теперь зовем.  
Месяцами были мы в опале,  
Бились тщетно в запертую дверь.  
Но друг другу все мы помогали...  
Многие готовы и теперь.  
Надо было знать, искать, предвидеть,  
Организовать, суметь, пробить,  
Думать, спорить, не возненавидеть,  
Сделать, доказать и победить!  
Был Ляхович лидером по праву  
Должности, таланта и ума.  
Не страдал он робостью. И, браво!  
Появился ГНОМ. За ним ГНОМ-А!  
Эти годы! Их забудешь разве?  
Пусть неласков жизненный прибой,  
Но сияет прошлое, как праздник,  
Что всегда останется с тобой!  
Странствует под КУПОЛОМ по свету  
Боевой наш работяга — ГНОМ.  
До сих пор летает над планетой,  
Да и мы еще не за бортом.  
И друг другу от души желая  
Счастья, света, радости и сил,  
С грустью благодарной вспоминаем  
ГНОМ, что в БРАТСТВО нас объединил.

*Виктория Пузыревская*

Друзья кричат: «На Лину сдуру  
Он променял аспирантуру».  
На фото глядя, скажешь так:  
«Он не такой уж был дурак».



Лина Афанасьевна Ляхович

### *Людмила Кранкина*

#### **О нас**

Нам знакомо было всегда  
Удовольствие от труда:  
От счастливо найденной мысли,  
От решенья на грани риска,  
От компактно-изящной программы,  
От разящей стрелы — эпиграммы.

#### **Владимиру Леонидовичу Коблову**

Плач энтузиастов.  
В день «пятидесятилетки»  
Неприлично нить в жилетку.  
В день веселья и удач  
Непривычно слышать плач... горький.

Вспомним прошлые проблемы:  
Как дошли мы до «Эмблемы»  
Через пройденный «Рубеж»,  
Невзирая на невежд... робких.

А потом с предельным риском —  
И за то поклон Вам низкий —  
Взяли «Купол», скажем прямо,  
Из весьма приличной ямы... «Пламя».

Ставились проблемы смело,  
Споры были лишь по делу —  
Не из-за чинов и премий.  
«Были люди в наше время!»... сплыли.

Нас у нас не признавали,  
И клевали, и топтали.  
Вы не даром поседели,  
Но добрались мы до цели... браво!

Много было всяких трений,  
Недовольства и сомнений,  
Но, нередко так бывает,  
Нам теперь Вас не хватает... право.  
Так простите тон наш мрачный,  
Мы желаем Вам удачи  
И здоровья лет так на сто.  
Коллектив энтузиастов... бывший.

### **Моему поколению. 28.09.90 г.**

Достойно восхищения  
Наше поколение.  
Был наш путь нелегок,  
И тернист, и крут.  
Поняли в итоге:  
Мир спасает труд,  
Но не труд «Сизифа»:  
«Дамба» или «БАМ» —  
Ныне ставший мифом,  
«Купол» дорог нам.  
У «Антея» в пасти  
Важно он сидит.  
«Марш Энтузиастов»  
В памяти звучит.  
Глядят с недоумением  
На наше поколение.

Лишь один, я знаю,  
Выжить способ есть,  
Совесьть не теряя,  
Не роняя честь.  
Каждый делом занят:  
Дворники метут,  
Трубачи играют,  
А певцы поют.  
Всем моим коллегам  
Дам совет вперед:  
Не впрягать в телегу  
То, что не везет.  
Уходит с сожалением  
Наше поколение.  
Жизнь всегда спиральна.  
Завершен виток  
И делам глобальным  
Подведен итог.  
Есть немало все же  
Не свершенных дел,  
Но проверить всхожесть  
Их — не наш удел.  
Верю я, бросая  
В будущее взгляд,  
Где-то подрастает  
Роцца «куполят»!

### *Мара Сонкина*

Были девочки и мальчики  
ПЗУ-аны и ПЗУ-анчики.  
Были там и Березовская,  
Да Смеловская, Малаховская,  
Да Альфат, плюс Верхолат —  
Славный боевой отряд.  
И Миша — парень первый класс,  
Жаль, что далеко от нас.  
По ночам порой не спали,  
Что-то все перешивали,

И с азартом и усердьем  
«Гном» мозгами начинали.  
Во главе КОНДРАТ стоял,  
Указания давал.  
Кан ту гору подпирал,  
В страхе он ее держал.  
Уж прошли те времена,  
Где вы, прежние друзья.  
Где вы, девочки и мальчики,  
ПЗУ-аны и ПЗУ-анчики.  
Не по наслышке и по книжке  
Мы познавали край родной.  
По всей стране мы кочевали  
И дух бродил в нас озорной.  
Нам Рига прозеты дарила,  
Киев тортами улажал,  
А черносливом в шоколаде  
Лишь Жигулевск нас привлекал.  
Ташкент вином, арбузом, дыней  
Нас в восхищенье приводил,  
Иваново дарило ситцы,  
В Сеце картофель нас пленил.  
Все помню, девочки и мальчики,  
ПЗУ-аны и ПЗУ-анчики.

### **Владимир Фрайштадт**

\* \* \*

Прощай, мой друг, настало расставанье!  
Прощай, мой город, горный институт!  
Вы будете со мной в воспоминаньях,  
Которых дни разлуки не сотрут.

И, где б я ни был, самое родное —  
То, с чем связала нас навек судьба,  
Наш институт и время золотое —  
Мой светлый мир и светлая мечта.

Здесь, в суете ошибок и исканий,  
Здесь, в городе моей большой любви,

Я сердцем — здесь и горечь расставаний —  
Залог весенней встречи впереди.

Так пусть огни мелькают за окошком,  
Пусть перестук колес твердит о том,  
Что в этом ритме, в этом беге броском,  
В мельканьи шпал змеится полотно.

И вдаль уносит невские закаты,  
Трамвайный лязг и бойкий перезвон,  
И вас, мои друзья, мои ребята,  
Пришедшие сегодня на перрон.

Пусть! — Жизнь зовет, откинувши расчеты,  
Набив учебниками чемодан,  
Мы разлетелися на все широты,  
И не один прошли меридиан.

Затем, чтоб снова встретиться, как прежде,  
В пожатьи рук почувствовать тепло  
И позлословить ласково и нежно  
О времени, которое ушло.

И пусть мы внешне только изменимся,  
Пусть дружба наша нам не даст стареть —  
Так ничего, пожалуй, не боимся,  
Как к старости духовно умереть.

\* \* \*

Быть может, там, где северной пургою  
Сковало все дороги и пути,  
Где не ступить отмерзшею ногою,  
Но все же нужно вовремя пройти.

Быть может, там, где под чехлом палатки  
От солнца не укрыться все равно,  
Быть может, там, где в предпоследней схватке  
Последнее дыханье учтено,

Захочется заснуть и покориться  
На миг — лишь только память воскресит  
Веселые насмешливые лица,  
В нас наша юность снова зашумит.

И что тогда — таежные завалы,  
 И что тогда — морозная пурга, —  
 Пройти осталось меньше, вовсе мало,  
 И веселее топают нога.

Прощай, мой друг, настало расставанье!  
 Прощай, мой город, горный институт!  
 Вы будете со мной в воспоминаньях,  
 Которых дни разлуки не сотрут.

*Весна 1953 года, г. Ленинград*

\* \* \*

В спокойных буднях дел, невысказанных слов  
 Пришла разлука жизненно и просто,  
 Вы остаетесь здесь — и дружба, и любовь.  
 Путевка и билет — как атрибуты роста.

Билет — в Ташкент, путевка — в трест Ташкентский.  
 И новый чемодан, чтоб снова потерять,  
 И денег пачка, чтоб в мороз крещенский  
 На полустанках душу согревать.

Неправильно меня ты не пойми —  
 Я вовсе не прошу у жизни промедленья.  
 Друг! Мне дороже творчества огни  
 Бесплодного сегодняшнего тленья.

Но как забыть и счастье, и печали,  
 Не повторять вдали стократ  
 Слова, которые б все рассказали,  
 Мой город, город мой, мой Ленинград.

*08 февраля 1953 г.*

\* \* \*

Мне сегодня не спится,  
 порывистый северный ветер  
 Рвет палатку, качает вершины могучих деревьев.  
 Где-то лось протрубил, и вдали слабый отзвук ответил.  
 Я залег под брезент. И под все нарастающий рев  
 Я мечтою лечу в шумный говор разбуженных улиц,  
 На простор площадей,  
 в окруженьи гранитных громад



Я люблюсь Тобой, тороплюсь вспоминать и волнуюсь,  
Вспоминая тебя, Ленинград.  
Изумруд твоих парков и древний излом пьедесталов.  
Стрелка, серый залив с беспокойной свинцовой волной,  
Суетливая жизнь, муравейник громадных вокзалов  
И задумчивый шпиль, отраженный вечерней Невой.  
Как хорош Ты зимой, как чуден в весеннюю ночь,  
Как давно не ласкал меня твой штормовой ветерок.  
Город светлых надежд, по тебе стосковался я очень.  
Я б тебя позабыл, но я это сделать не смог.  
И когда вновь пройду, нашей встрече нельзя ведь не сбыться,  
По знакомым, по памятным с детства местам,  
Вспомню прежних друзей, вспомню мне дорогие их лица  
И заеду по всем, позабытым уже, адресам.  
Не застав никого и с досады махнувши рукою,  
Я весь груз накопившихся мелких, ненужных обид  
Разобью и развею в такую же ночь над Невою,  
Как волну разбивает парашета серый гранит.

\* \* \*

Он ничего не произнес  
И никого не перебил,  
Прошел сквозь дым от папирос  
И просто форточку открыл.

В ноябрьской комнатной тоске  
Так много рук, так мало глаз,  
И каждый нерв на волоске,  
И словно отпевают нас.

И вдруг — потоки вешних вод  
И майский шум весенних крыл —  
Хороший, добрый человек —  
Он просто форточку открыл.

#### **Школа № 155, 10 «Б» класс**

Если бриг разобьется о скалы,  
Если днище сорвет на мели,  
Сделай плот из обломков и балок  
И на нем доберись до земли.

*г. Ленинград*

**Виктория Пузыревская**

«Несколько строк о нас» из книги  
«А прошлое все ближе и милее...»

**Ляхович Е. М.**

Да, ему крепко достаётся,  
Но не из тех он, кто сдаётся.  
И ГНОМЫ, крепче великанов,  
Ещё взлетят на новых АН-ах.  
  
Ах, Сочи, Сочи, край прекрасный,  
Неповторимый и опасный.  
Трепещут местные красавицы.  
Ляхович им, конечно, нравится.  
  
А он! Напрасны их старанья, —  
К ним безо всякого вниманья:  
На пляже с книжкой сидит  
И лечит свой радикулит.

**Коблов В. Л.**

Свой крест несет он как герой,  
Ни сна не ведая, ни страха.  
Хоть шапка тяжела порой,  
Но шапка эта — Мономаха!

**Пелипенко А. Н.**

Тему завершили. Он подумал: — Славно!  
Скоро будут премии, тема — то пошла.  
Эх, забыл он, видно, сколько Ярославна  
На стене Путивля Игоря ждала.

**Карпов В. Г.**

Румяный баловень судьбы,  
Кому работа — не забота,  
Тебе желаем счастья мы  
И места на Доске почета.

**Лебедев и Егоровский,**

Веденеев и Смирнов.  
Каждый числился профоргом,  
А потом и был таков.  
Все уволились они  
В непростые наши дни.

**Кошечкин В. И.**

Вид серьезен, лоб нахмурен,  
Чувства спрятаны в кулак.  
То ли в этом мыслей буря,  
То ли это просто так?

**Ивановский Л. М.**

Средь делом занятых единым  
Сторонний наблюдатель он,  
Как генерал на именинах,  
Как гость на празднике чужом.

**Добаусов А. В.**

Как это редко бывает сейчас!  
И мы его любим, и он любит нас.

**Кириллов И. Н.**

С ним вопрос предельно ясен.  
На работе — как в бою.  
Если в армии — в запасе,  
То в профкоме он — в строю.

**Лившиц А. Л.**

Пошутить не забывая,  
Он дефекты устранил,  
И контакты пропадет,  
И разъемы прозвонит.

**Шилин И. Ф.**

Сегодня ДА, а завтра НЕТ.  
Он тем нисколько не задет,  
Что решенье принимая,  
Его тут же отменяет,  
Чем сотрудниц всех своих  
Загоняет в гроб, живых.



На юбилей 90-летия Е. М. Ляховича

Стоят, слева направо: О. С. Астратов, Н. Л. Лифщиц, И. Н. Кириллов, В. Я. Шнырин.  
Сидят: М. А. Сонкина, Л. Э. Кранкина, Е. М. Ляхович, В. Д. Пузыревская, В. Н. Исаков.



Мои правнуки (слева направо): Женя, Гоша, Саша и Лев

# Приложения

## *Приложение 1*

### **СПИСОК сотрудников отдела 570 на декабрь 1966 г.**

- |    |                               |                               |
|----|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. | Ляхович Евгений Михайлович    | начальник отдела              |
| 2. | Сафонова Нинель Павловна      | инженер-экономист             |
| 3. | Карпов Владимир Георгиевич    | помощник начальника<br>отдела |
| 4. | Бородин Николай Иннокентьевич | начальник комплекса           |

### **Лаборатория № 571 разработки типовых узлов и модулей**

- |     |                                      |                       |
|-----|--------------------------------------|-----------------------|
| 1.  | Пелипенко Александр Никитович        | начальник лаборатории |
| 2.  | Офенгейм Рива Львовна                | ст. инженер           |
| 3.  | Шевчук Людмила Сергеевна             | инженер               |
| 4.  | Перегуд-Погорельский Вадим Яковлевич | инженер               |
| 5.  | Змечеровский Григорий Францевич      | инженер               |
| 6.  | Дмошинская Нина Арсентьевна          | инженер               |
| 7.  | Крючкова Валентина Ефимовна          | инженер               |
| 8.  | Чупрова Маргарита Алексеевна         | инженер               |
| 9.  | Сандовский Михаил Иезекильевич       | инженер               |
| 10. | Талюш Галина Петровна                | инженер               |
| 11. | Никифорова Евгения Михайловна        | инженер               |
| 12. | Шамонин Николай Петрович             | инженер               |
| 13. | Калинин Олег Анатольевич             | инженер               |
| 14. | Никитина Галина Сергеевна            | инженер               |

- |                                 |         |
|---------------------------------|---------|
| 15. Леус Виктор Иванович        | инженер |
| 16. Фокина Нина Тимофеевна      | инженер |
| 17. Беззубик Людмила Михайловна | техник  |
| 18. Чехова Татьяна Николаевна   | техник  |
| 19. Кейсерман Борис Гершевич    | техник  |

**Лаборатория (группа) № 571-1  
теплофизических исследований**

- |                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| 1. Фрайштадт Владимир Львович  | старший инженер |
| 2. Потрекий Арвид Владимирович | старший инженер |
| 3. Михайлов Игорь Николаевич   | инженер         |
| 4. Исаков Виктор Николаевич    | инженер         |
| 5. Платонов Леонид Яковлевич   | инженер         |
| 6. Цепляев Юрий Михайлович     | инженер         |

**Лаборатория № 572  
разработки операционных устройств ЭВМ (АУ, УУ)**

- |                                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|
| 1. Шилин Иван Федорович               | начальник лаборатории |
| 2. Пузыревская Виктория Дмитриевна    | ст. инженер           |
| 3. Башина Ида Григорьевна             | ст. инженер           |
| 4. Ромм Генрих Робертович             | ст. инженер           |
| 5. Харинская Александра Александровна | инженер               |
| 6. Рябова Светлана Алексеевна         | инженер               |
| 7. Абрамова Лариса Петровна           | инженер               |
| 8. Бойцова Ирина Петровна             | инженер               |
| 9. Ивановская Валентина Борисовна     | ст. техник            |
| 10. Лаптева Марина Васильевна         | копировщица           |
| 11. Филимонова Галина Николаевна      | техник                |
| 12. Малолетнева Людмила Петровна      | лаборант              |

**Лаборатория № 573  
разработки и исследования интегральных (твердых) схем**

- |                              |                       |
|------------------------------|-----------------------|
| 1. Поляков Виталий Андреевич | начальник лаборатории |
| 2. Реймеров Лев Иосифович    | старший инженер       |
| 3. Чернова Лариса Ильинична  | старший инженер       |

---

4.	Шелгунова Нина Сергеевна	инженер
5.	Спицина Алевтина Анатольевна	инженер
6.	Пронина Алевтина Николаевна	инженер
7.	Степаненко Александра Михайловна	техник
8.	Зимарева Нина Федоровна	инженер
9.	Палеха Людмила Николаевна	техник

#### ЭПУ ТС № 573-1

##### Экспериментальный производственный участок твердых схем

1.	Веденеев Олег	начальник участка
2.	Фролова Лариса Григорьевна	вед. инженер
3.	Крюков Валентин Филиппович	вед. инженер
4.	Водолазская Сталина Константиновна	ст. инженер
5.	Каргальская Татьяна Ивановна	инженер
6.	Храмухин Сергей	инженер
7.	Соболева Алевтина Александровна	техник
8.	Турнас Людмила Павловна	техник
9.	Андреева Жанна Васильевна	техник
10.	Чернякова Любовь Васильевна	техник
11.	Ермолова Татьяна Викторовна	лаборант

#### Лаборатория № 574-1

##### оперативных запоминающих устройств (ОЗУ)

1.	Иванов Владимир Михайлович	начальник лаборатории
2.	Аверина Ирина Николаевна	старший инженер
3.	Астратов Олег Семёнович	ведущий инженер
4.	Катаев Владимир Ильич	инженер
5.	Сочнев Геннадий Матвеевич	инженер
6.	Ингилевич Галина Фёдоровна	инженер
7.	Чулкина Людмила Вениаминовна	инженер
8.	Ерлыкова Дина Петровна	инженер
9.	Николаева Валерия Фёдоровна	инженер
10.	Сытник Татьяна Ивановна	инженер
11.	Шнырин Владимир Яковлевич	инженер
12.	Ликарпенков Валерий Георгиевич	инженер
13.	Страхов Борис Иванович	инженер



---

14. Макашев Альфат Махмудович	инженер
15. Ильина Антонина Фёдоровна	инженер
16. Андреев Иван Михайлович	инженер
17. Сушко Геннадий Максимович	инженер
18. Васильева Надежда Михайловна	инженер
19. Мощеникова Нина Васильевна	техник
20. Петров Геннадий Александрович	техник
21. Верховат Александр Михайлович	инженер
22. Ульянова Александра Павловна	лаборант

**Лаборатория № 574-2**  
**постоянных запоминающих устройств (ПЗУ)**

1. Кондратенко Борис Николаевич	начальник лаборатории
2. Тучкова Тамара Михайловна	старший инженер
3. Беляева Нина Александровна	инженер
4. Смеловская Ия Дмитриевна	инженер
5. Кириенко Нина Васильевна	инженер
6. Винарова Наталья Соломоновна	инженер
7. Шароватов Владимир Тимофеевич	инженер
8. Никифоровна Зоя Давыдовна	инженер
9. Малаховская Лина Доминиковна	инженер
10. Суслов Александр Владимирович	техник

**Лаборатория № 574-3**  
**разработки ЗУ на тонких магнитных пленках**

1. Чивилев Анатолий Федорович	начальник лаборатории № 574
2. Заостровский Эдуард Степанович	вед. инженер
3. Смирнов Владимир Иванович	вед. инженер
4. Бухарцев Игорь Григорьевич	вед. инженер
5. Германович Нинель Иосифовна	ст. инженер
6. Шатров Герман Александрович	инженер
7. Киреев Валерий Иванович	инженер
8. Денискина Раиса Тимофеевна	инженер
9. Бродов Николай Петрович	инженер
10. Холодникова Нэля Михайловна	техник

**Лаборатория № 575**  
**комплексной обработки и испытаний БЦВМ**

- |                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| 1. Кошечкин Виктор Иванович       | нач. лаб.    |
| 2. Ивановский Лев Михайлович      | вед. инженер |
| 3. Добоусов Анатолий Владимирович | ст. инженер  |
| 4. Сонкина Мара Афанасьевна       | ст. инженер  |
| 5. Черняк Зоя Александровна       | ст. инженер  |
| 6. Кириллов Игорь Николаевич      | ст. инженер  |
| 7. Лившиц Натан Лейбович          | инженер      |
| 8. Егоровский Валентин Федорович  | инженер      |
| 9. Шамшина Людмила Ивановна       | инженер      |
| 10. Бабич Анна Викторовна         | инженер      |
| 11. Кодалева Людмила Васильевна   | техник       |
| 12. Зребный Владимир Николаевич   | ст. инженер  |
| 13. Ильченко Анатолий Михайлович  | инженер      |
| 14. Афонин Леонид Васильевич      | ст. техник   |
| 15. Демин Владимир Евгеньевич     | инженер      |
| 16. Жеглова Светлана Алексеевна   | техник       |
| 17. Смирнов Виктор Григорьевич    | инженер      |

**Лаборатория № 577**  
**разработки средств контроля цифровых устройств**

- |                                      |              |
|--------------------------------------|--------------|
| 1. Кукушкин Виктор Петрович          | нач. лаб.    |
| 2. Федосов Борис Александрович       | вед. инженер |
| 3. Фетисов Борис Лаврентьевич        | инженер      |
| 4. Федорова Татьяна Алексеевна       | ст. инженер  |
| 5. Михайлова Светлана Константиновна | ст. инженер  |
| 6. Федорова Людмила Алексеевна       | инженер      |
| 7. Десятникова Галина Ивановна       | инженер      |

**Конструкторская группа**

- |                            |                 |
|----------------------------|-----------------|
| 1. Анисимов Иван Яковлевич | Руководитель КГ |
| 2. Барсова Варвапа         | конструктор     |
| 3. Киселев Сергей Петрович | конструктор     |

**Макетная мастерская**

- |    |                             |                        |
|----|-----------------------------|------------------------|
| 1. | Аксенов Анатолий Дмитриевич | нач. макет. мастерской |
| 2. | Иванов Сергей Николаевич    | механик                |
| 3. | Виноградов Николай          | слесарь                |
| 4. | Якимов Виктор               | слесарь                |
| 5. | .....?.....                 | монтажник              |
| 6. | .....?.....                 | монтажник              |

## Приложение 2

**МЕРОПРИЯТИЯ  
по повышению надёжности ЦВМ «Гном I-66»**

I. С целью повышения надежности подсистемы КПИ в соответствии с планами мероприятий в части ЦВМ "Гном I-66" были выполнены следующие работы:

1. Все находящиеся в эксплуатации образцы ЦВМ "Гном I-66" АВЗ.031.0.38Сп доработаны по техзаписке 20 (проведение извещений АВІ-44755 и АВІ-51333), что повысило помехоустойчивость ЦВМ за счет улучшения временных соотношений в АУ при выполнении команды ЗРМ4.

2. Все находящиеся в эксплуатации ЦВМ "Гном I-66" АВЗ.031.038Сп доработаны по техзаписке 21 (проведение извещений АВІ-47297 и АВІ-56354), что повысило помехоустойчивость ЦВМ и облегчило условия ее эксплуатации за счет введения защиты специальным ключом зоны ячеек ОЗУ (с номерами 200 + 277), хранящих исходную информацию о маршруте и за счет обеспечения (после доработок) возможности независимого пуска ЦВМ с ПКУ и с пульта КПИ-1014 без отсоединения кабеля связи ЦВМ с УВВ.

План мероприятий № 204; п.22.

3. Все находящиеся в эксплуатации ЦВМ "Гном I-66" АВЗ.031.038Сп доработаны по техзаписке 19 (проведение извещений АВІ-47833 и I55962), что уменьшило количество ложных срабатываний схемы защиты от сетевых помех из-за наводок по цепям "земля УВВ" и "земля ПШ" и увеличило помехоустойчивость ЦВМ.

План мероприятий № 223; п.26.

4. Все находящиеся в эксплуатации ЦВМ "Гном I-66" АВЗ.031.038Сп доработаны по техзаписке 30 и 32 (проведение извещений АВІ-69163), что упростило проверку связей КПИ с ДИСС, СВС, САУ и РСБИ, производимую программой автоконтроля.

5. Находящиеся в эксплуатации ЦВМ "Гном I-66" АВЗ.031.007Сп (5 комплектов) заменены на ЦВМ "Гном I-66" АВЗ.031.038Сп с целью

- 2 -

иметь в эксплуатации только ЦВМ АВЗ.031.038Сп, являющиеся улучшением варианта ЦВМ АВЗ.031.007Сп.

Решение 06/1-22-23-134 от 30.У.74г.

6. Расширен диапазон рабочих температур ЦВМ "Гном I-66" АВЗ.031.038Сп за счет выпуска с января 1974г. серийных комплектов ЦВМ на ИМС "Квант-М", что обеспечило работоспособность ЦВМ в диапазоне температур  $-60^{\circ}\text{C} + 60^{\circ}\text{C}$ . Проведены межведомственные лабораторные испытания УВК, доработанного по обеспечению работоспособности в диапазоне температур  $-60^{\circ}\text{C} + 60^{\circ}\text{C}$ . Акт утвержден в/ч 25966Б в мае 1974г.

План мероприятий № 206; п.п.1,62.

7. Платы АУ и УУв находящихся в эксплуатации ЦВМ "Гном I-66" АВЗ.031.038Сп первых выпусков и выполненные на ИМС "Квант" заменены платами АУ и УУ, выполненными на ИМС "Квант-М" (в 5-ти комплектах), с целью расширить диапазон рабочих температур до  $-60^{\circ}\text{C} + 60^{\circ}\text{C}$  у пяти комплектов ЦВМ.

Решение 06/1-22-23-134 от 30.У.75г.

8. Обмотки считывания элементов памяти в блоках ПЗУ ЦВМ "Гном I-66" выполнены двойным проводом с целью сокращения количества отказов ПЗУ из-за обрывов проводов обмоток считывания.

План мероприятий № 223; п.28.

9. В эксплуатацию поставлен обменный фонд узлов и блоков ЦВМ "Гном I-66".

План мероприятий № 223; п.2.

10. Устранены конструктивные недостатки ПКУ (перетирание изоляции, излом проводов и т.д.) и серийно выпускается ПКУ, доработанные по извещению АВ1-2084Г, предприятием п/я В-8459.

План мероприятий № 204; п.2.

11. Откорректированы по результатам Государственных испытаний и согласованы с в/ч 75360 тех.описание АВЗ.031.038ТО части I+4 и инструкция по эксплуатации АВЗ.031.038ИЭ.

План мероприятий № 206; п.59.

- 3 -

12. Внедрена с сентября 1974г в серийное производство на предприятии п/я В-8459 ЦВМ "Гном-А" АВ1.700.007. С октября 1974 г в эксплуатацию поставляется подсистема КПИ-Д в комплектации с ЦВМ "Гном-А". В I кв. 1974г ЦВМ "Гном-А" прошла межведомственные лабораторные испытания. Акт испытаний утверждён в/ч 25966Б в мае 1975г.

~~XXXXXXXXXX~~ В ЦВМ "Гном-А" обеспечено:

а) работоспособность в диапазоне  $-60^{\circ}\text{C}$   $+60^{\circ}\text{C}$  за счёт выполнения АУ и УУ на ИМС "Квант М".

План мероприятий № 206, п.п. 1,62.

б) дублирование плат (групповых модулей АУ и УУ. План мероприятий № 204, п.1.

в) автоматический поиск и индикация неисправных групповых модулей АУ и УУ и замена их резервированием; блокировка отказавших групповых модулей, сохраняющая после выключения питания ЦВМ. Протокол уточнения "Дополнения" к ТТТ на систему "Купол" план мероприятий № 204, п.1.

г) поэлементное и поузловое резервирование основных цепей ПЗУ, выполненных на ИМС, резервирование диодных сборок в ОЗУ.

План мероприятий № 204, п.1

д) сокращение цикла замены программ с 45 до 15 дней за счёт прошивки блоков ПЗУ на автомате.

е) автономная проверка ЦВМ на борту без подключения ПКУ за счёт введения в ЦВМ встроенного пульта контроля и индикации введение на КПИ-ИОМ лампы "ГОТОВНОСТЬ" ЦВМ, включения в рабочую программу ЦВМ теста "ГОТОВНОСТЬ", который вместе с системой автоматического поиска и индикации отказавшего группового модуля обеспечивает определение места неисправности с точностью до сменной платы; введения на индикаторах КПИ-ИОМ индикации прохождения ) ( а не только непрохождения) основных тестов программы автоконтроля системы "Купол".

- 4 -

План мероприятий № 204, п.13, протокол уточнения "Дополнения" к ТТТ на систему "Купол", п.п. 1,2.

ж) замена основных разъёмов ЦВМ типа РС разъёмами типа ГРМД, имеющими повышенную механическую прочность. Увеличение расстояния между разъёмами в среднем на 1 см. Нумерация разъёмов по порядку, чёткое выполнение надписей по ГОСТу. Введение контровки. Оставшиеся разъёмы связи ЦВМ с ПКУ и УИ типа РС имеют гранёную гайку (вместо круглой) и, как следствие этого, повышенную надёжность контактов.

План мероприятий № 223; п.п.8,29.

План мероприятий № 204; п.п.18,109,110,111

План мероприятий № 206; п.5

з) Замена в узлах АУ и УУ ЦВМ разъёмов типа РП-61 разъёмами типа ГРМД, имеющими более хорошие технические характеристики.

План мероприятий № 223, п.9

и) Уменьшение веса рамы ЦВМ с 12 до 6 кг.

План мероприятий № 204, п.21

к) Размещение блоков питания ЦВМ "Гном-А" вне контейнера ЦВМ, с целью исключить дополнительный перегрев узлов АУ и УУ теплом, выделенным источниками питания ЦВМ.

План мероприятий № 204, п.23

л) Размещение ПЗУ внутри контейнера ЦВМ целиком (без дополнительного блока КПП-39). Вследствие этого исключен из состава ЦВМ кабель Ш44, связывающий КПП-44 (ЦВМ "Гном 1-66") с КПП-39 и тем самым, исключена возможность перетирания оплетки этого кабеля.

План мероприятий № 206, п.12.

м) Исключение возможности замыкания между собой и на корпус свободных проводников в кабеле к разъёму БПШ-13 ввиду отсутствия этого кабеля в составе ЦВМ "Гном-А" (находящиеся в эксплуатации ЦВМ "Гном 1-66" доработаны в этой части по бюллетеню предприятия



- 5 -

п/я А-7162).

План мероприятий № 206, п.13.

н) Расширение<sup>ди</sup> диагностической тест-программы, являющейся частью программы автоконтроля и позволяющей более полно контролировать работоспособность ЦВМ: введение в тест-программу специального теста ПЗСК; вывод на индикацию на пульте КПИ-ГОМ признаков нормального прохождения тестов АУ, УУ, ПЗУ.

Разработка нового готового теста "ГОТОВНОСТЬ", решаемого в каждом цикле работы подсистемы КПИД и позволяющего с достаточной полнотой контролировать работоспособность ЦВМ. При появлении сигнала "ТЕСТ ГОТОВНОСТЬ НЕ ПРОШЕЛ" начинает работать система автоматического поиска и индикации неисправных групповых модулей АУ и УУ, которая находит неисправные групповые модули и заменяет их резервными.

План мероприятий № 206, п.9

о) Расширение зоны ячеек ОЗУ, защищенных специальным ключом от сбоя. Извещением АВ1-84320 от 25.12.74г. введена защита ячеек 200 + 377 (исключая ячейки 354 и 371, в которых хранятся величины ЗПУ и ). Извещение проведено с 17 комплекта ЦВМ "Гном-А". Обеспечена взаимозаменяемость доработанных и недоработанных комплектов ЦВМ.

План мероприятий № 206, п.18.

п) Расширение диапазона температур обдуваемого воздуха до  $0+25^{\circ}\text{C}$  при окружающей  $0 + 25^{\circ}\text{C}$  в течение 20 часов непрерывной работы. Расход воздуха при этом должен быть увеличен со 120 до 200кг/ча

План мероприятий № 206, п.52.

В результате проведенных мероприятий получены следующие данные по эксплуатационной надежности ЦВМ "Гном I-66" (по данным НИИЭРАТА):

В 1973г. среднее время наработки на отказ составляло 42 летных часа на отказ в воздухе.

В 1974 г. среднее время наработки на отказ составило 137 летных часов на неисправность и 1000 летных часов на отказ в воздухе.

- 6 -

П. Во исполнение решений протокола уточнения "Дополнения" к ТТТ на систему "Купол" предприятием п/я А-7162 разработана и принята п/я В-8459 с сентября 1974г. серийно выпускается ЦВМ "Гном-А" АВ1.700.007, являющаяся модификацией ЦВМ "Гном I-66".

В соответствии с п.1 "Протокола" в ЦВМ "Гном-А" осуществлено поузловое резервирование плат групповых модулей АУ и УУ. Специальное устройство управления резервом УУР производит автоматическое отыскание неисправного группового модуля, запоминание его номера, отключение его от источника питания и подключение вместо отказавшего группового модуля одноименного резервного. УУР позволяет периодически (по желанию оператора) производить проверку работоспособности резервных групповых модулей. Выбранный алгоритм отыскания неисправностей позволяет УУР отыскивать до 3-х неисправных групповых модулей, произвольным образом расположенных в основном в резервном канале, или практически любое их количество в одном канале при условии, что в другом канале при этом имеется не более одного неисправного группового модуля.

Подключение резервных групповых модулей вместо отказавших обеспечивает выполнение задач, решаемых подсистемой КПИ, в полном объеме.

Позуловое резервирование АУ и УУ позволило значительно повысить вероятность выполнения полного объема задач в течение заданного времени непрерывной работы (20час.). В случае отказа УУР в ЦВМ предусмотрена возможность исхода по желанию оператора на работу без УУР или возможность вручную переключаться на групповые модули резервного канала.

Кроме поузлового резервирования АУ и УУ в ЦВМ "Гном-А" выполнено поэлементное резервирование некоторых основных цепей ПЗУ и ОЗУ: в ПЗУ зарезервированы все электрорадиоэлементы цепей формирования и коммутации тока адреса узла выборки числа, причем резерв является оперативно проверяемым; в ОЗУ резервированы диод-

- 7 -

ные сборки в накопителе.

В соответствии с п.2 "Протокола" в ЦВМ "Гном-А" в составе подсистемы КПИД предусмотрен предполетный автоматический тестовый контроль ЦВМ с помощью специальных диагностических (с точностью до устройства) тестов, входящих в программу автоконтроля. На пульт КПИ-ГОМ выводится информация о нормальном прохождении тестов АУ, УУ и ПЗУ и информация о непрохождении тестов АУ, УУ, ПЗУ, ОЗУ, причем в случае неисправности ПЗУ выводится информация о том, в каком квадрате ПЗУ имеет место неисправность.

Кроме того, в ЦВМ "Гном-А" предусмотрен предполетный и полетный автоматический тестовый контроль ЦВМ с помощью специального теста "ГОТОВНОСТЬ", решаемого в каждом цикле работы подсистемы КПИД. В случае нормального прохождения теста ГОТОВНОСТЬ на пульте КПИ-ГОМ загорается табло ГОТОВНОСТЬ ЦВМ. В случае непрохождения теста запускается УУР, который производит поочередное переключение питания групповых модулей с основного канала на резервный и пуск теста ГОТОВНОСТЬ до появления сигнала ГОТОВНОСТЬ ЦВМ. Найденная таким образом работоспособная конфигурация групповых модулей основного и резервного каналов запоминается в узле запоминания в узле запоминания неисправностей, являющемся частью УУР и отказавшие групповые модули отличаются от источника питания до их ремонта.

Переключение питания с групповых модулей основного канала на идентичные групповые модули резервного канала может быть произведено вручную с помощью тумблеров на встроенном в ЦВМ пульте узла индикации.

С помощью этого же пульта может быть произведен ручной пуск теста ГОТОВНОСТЬ и осуществлен ручной поиск работоспособной конфигурации групповых модулей. С этого же пульта может быть произведено запоминание номеров неисправных групповых модулей и отключение их, тем самым от источника питания.

- 8 -

В соответствии с п.3 "Протокола" в ЦВМ "Гном-А" обеспечена взаимозаменяемость с ЦВМ "Гном-І-66" в части схем внешних соединений, установки на самолете АН-22 и ИЛ-76, расходу и температуре обдувающего воздуха.

В ЦВМ "Гном-А" расширен диапазон обдувающего воздуха до  $0 + 25^{\circ}\text{C}$  при  $t$  окружающей среды  $0 + 25^{\circ}\text{C}$ .

Одновременно в ЦВМ "Гном-А" достигнуто уменьшение весовых и габаритных характеристик.

Начальник отдела 0240

(ЛЯХОВИЧ)

Начальник лаб.024І

(КИРИЛЛОВ)

Ведущий инженер лаб.024І

(ПУЗЫРЕВСКАЯ)

3 км  
 " У Т В Е Р Ж Д А Ю"  
 Командир войсковой  
 части 25966-Б  
 (И. И. Григорьев )  
 "28" 7 1976г.

" У Т В Е Р Ж Д А Ю"  
 Зам. руководителя  
 Организации п/я М-5604  
 (С. Николаевский)  
 "26" 11 1976г.

РЕШЕНИЕ

войсковой части 25966-Б и Организации п/я М-5604

в 52003

**КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ:** Утверждение конструкторской документации  
 литеры О<sub>1</sub> на цифровую вычислительную  
 машину "ГЮМ-А".

**РЕШЕНИЕ СОСТАВИЛ:** войсковая часть 25966-Б, ведущий инженер П от-  
 дела Луничев Ю. А.

-2-

1. Утвердить акт комиссии о результатах проверки конструкторской документации ИМ"ГНОМ-А" для утверждения на серийное производство ( Приложение I ).

2. Документация на изготовление и приёмку цифровой вычислительной машины "ГНОМ-А" АЭИ.700.007, разработанную предприятием п/я А-7162 Организации п/я М-5804, утвердить как документацию литеры"О<sub>1</sub>" для серийного производства.

3. Издать пресовить наименование "Цифровая вычислительная машина "ГНОМ-А".

4. Утвердить ответственным держателем подлинников документации на цифровую вычислительную машину "ГНОМ-А" АЭИ.700.007 предприятие п/я В-8459 Организации п/я М-5804.

5. Ответственному держателю подлинников ( предприятие п/я В-8459 Организации п/я М-5804 ) изготовить через закрепленную лабораторию в сроки в соответствии с утвержденным графиком полный комплект шпродубликатов утвержденной документации и выслать на закрепленные за предприятием базы.

6. Настоящее Решение разослать:

- Организации п/я М-5804
- Предприятию п/я А-7162
- Предприятию п/я В-8459
- Представителю заказчика 4276

-3-

Первый экземпляр Решения хранить в делах войсковой  
части 25966-Б.

Вруч

Начальник П-го  
отдела войсковой  
части 25966-Б

В. Смирнов (И. Москалевский)  
" 28 " VI 1976г.

Руководитель

Организации п/я М-5099

А. Г. Михайлов (А. Г. Михайлов)  
" 27 " VI 1976г.

Зам. Руководителя

Организации п/я А-1434

Б. П. Александров (Б. П. Александров)  
" 28 " VI 1976г.



"СОГЛАСОВАНО"

Старший представитель  
заказчика 4276

Толстенко ( Б.П. Толстенко ).

" 23 " 07 1976г.

Представитель заказчика 928

Захидов ( А.Х. Захидов ).

" 23 " июль 1976г.

Руководитель предприятия

п/я В-8459

Ильин ( Г. И. Ильин ).

" " 23.07.76 1976г.

Главный конструктор ЦМ "Гном-А"

Ляхович ( Ляхович ).

" 23 " июль 1976г.

Приложение I

"УТВЕРЖДАЮ"  
СТАРШИЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ  
ЗАКАЗЧИКА 928

*Митарев* (ЧИЖОВ)

" 10 " 1976г.

"УТВЕРЖДАЮ"  
СТАРШИЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ  
ЗАКАЗЧИКА 4276

*Толстенко* (ТОЛСТЕНКО)

" 12 " 1976г.

90. "УТВЕРЖДАЮ"  
ТЕХНИЧЕСКИЙ ДИРЕКТОР  
ПРЕДПРИЯТИЯ п/я А-7162

*Валов* (ВАЛОВ).

" 10 " 1976г.

"УТВЕРЖДАЮ"  
ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР  
ПРЕДПРИЯТИЯ п/я В-8459

*Заринов* (ЗАРИНОВ).

" 11 " 1976г.

## А К Т

о результатах проверки конструкторской  
документации ЦМ "Гном-А" для утверждения  
на серийное производство.

Г. Комиссия в составе: от ПЗ 928:  
Митарев Н.М.

от ПЗ 4276:  
Терегеря В.И.

от предприятия п/я А-7162 :

Кириллов И.Н.  
Голубева И.В.  
Винник Н.Г.

от предприятия п/я В-8459:

Кузнецов А.Г.  
Виннер В.А.  
Мелекесцев Ю.С.

на основании Решения № 253 от 30.01.76г. о порядке серийного выпуска ЦМ "Гном-А" на предприятии п/я В-8459 и порядке передачи подлинников конструкторской документации, утвержденного руководителями организаций п/я А-1434, п/я М-5099 и начальником отдела в/ч 25966-Б, Решения № 254 от 30.01.76г. о порядке передачи подлинников конструкторской документации на изделие "Гном-А", утвержденного руководителями предприятий п/я А-7162 и п/я В-8459, произвела проверку документации цифровой вычислительной машины "Гном-А".

-2-

2. Проверке подвергалась документация цифровой вычислительной машины "Гном-А" в соответствии со спецификацией АВІ.700.007.

3. Документация ЦВМ"Гном-А" была разработана предприятием п/я А-7162 на основании Плана мероприятий № 204 по устранению недостатков, отмеченных в Перечне № 2, Акта № 5/472ІІОІ-І по результатам государственных испытаний, объекта ІОО.

4. Комиссия произвела проверку документации ЦВМ"Гном-А" в объеме требований ГОСТ 2.902-68 и ГОСТ 2.903-68 и констатирует:

4.1. Комплектность предъявленной документации соответствует АВІ.700.007 и требованиям ГОСТ 2.102-68. Документация выполнена в соответствии с требованиями ЕСКД, МНС ЧК и нормативными документами, действующими в отрасли на І июля 1975 г. и распространяющимися на изделие "Гном-А".

4.2. Физическое состояние подлинников документации удовлетворяет требованиям ГОСТ 2.501-68.

Подлинники документации пригодны для размножения и микрофото-дублирования.

4.3. Документация ЦВМ"Гном-А" откорректирована по результатам межведомственных испытаний, по результатам выпуска установочной партии на предприятии п/я В-8459, по результатам натурных испытаний и текущего производства.

5. Предъявленная документация соответствует текущему производству, пригодна для серийного производства и обеспечения высокого качества изделия.

-3-

6. Документации присвоена литера ОI. При переводе на литеру ОI в документации учтены предложения предприятия п/я В-8459.

7. Конструкторская документация ЦВМ"Гном-А" рекомендуется к утверждению для серийного производства с литерой "ОI".

8. Комиссия рекомендует подлинники конструкторской документации ЦВМ"Гном-А" хранить на предприятии п/я В-8459.

ЧЛЕНЫ КОМИССИИ:

*И. М. Шарев* 12.07.76 (МИШАРЕВ)  
*А. И. Терегеря* 7.07.76 (ТЕРЕГЕРЯ)  
*Д. П. Кириллов* (КИРИЛЛОВ)  
*В. П. Голубева* (ГОЛУБЕВА)  
*А. В. Винник* (ВИННИК)  
*С. В. Кузнецов* (КУЗНЕЦОВ)  
*В. В. Винер* (ВИНЕР)  
*В. М. Мелекесцев* 2.07.76 (МЕЛЕКЕСЦЕВ)

### Приложение 3

#### ВИДЕОФИЛЬМЫ

Аякс — гиперзвуковой самолет: <https://youtu.be/IwDgesSI-aU>

Аякс ускользящий: [https://youtu.be/W7oTvE\\_RZxg](https://youtu.be/W7oTvE_RZxg)

### Приложение 4

#### ПОСТАНОВЛЕНИЕ

##### Государственного Комитета Обороны от 4 июля 1943 года № 3683сс «О мероприятиях по организации производства радиолокационной аппаратуры»

Учитывая исключительно важное значение радиолокации для повышения боеспособности Красной Армии и Военно-Морского Флота Государственный Комитет Обороны постановляет:

1. Создать при Государственном Комитете Обороны Совет по радиолокации.

Возложить на Совет по радиолокации при ГОКО следующие задачи:

а) подготовку проектов военно-технических заданий ГОКО для конструкторов по вопросам системы вооружения средствами радиолокации Красной Армии и Военно-Морского Флота;

б) всемерное развитие радиолокационной промышленности и техники, обеспечение создания новых средств радиолокации и усовершенствования существующих типов радиолокаторов, а также обеспечение серийного выпуска промышленностью высококачественных радиолокаторов;

в) привлечение к делу радиолокации наиболее крупных научных, конструкторских и инженерно-технических сил, способных двигать вперёд радиолокационную технику;

г) систематизацию и обобщение всех достижений науки и техники в области радиолокации как в СССР, так и за границей, путём использования научно-технической литературы и всех источников информации;

д) подготовку предложений для ГОКО по вопросам импорта средств радиолокации. 2. Утвердить Совет по радиолокации в следующем составе: тт. Маленков (председатель), Архипов, Берг, Голованов, Горохов, Данилин, Кабанов, Калмыков, Кобзарев, Стогов, Терентьев, Угер, Шахурин, Щукин.

3. Поставить перед Советом по радиолокации в качестве ближайших задач:

а) обеспечение улучшения качества и увеличения серийного производства выпускаемых промышленностью следующих радиолокаторов:

установки обнаружения, опознавания самолётов и наведения на них истребительной авиации в системе ПВО — «Пегматит-3» и «Редут» с высотной приставкой;

станции орудийной наводки СОН-2 для обеспечения стрельбы зенитных дивизионов в системе ПВО;

самолётных радиолокационных установок наведения для двухмоторных самолётов и кораблей «СЧ»;

б) обеспечение создания и испытания опытных образцов и подготовки серийного производства следующих радиолокаторов:

установки наведения прожекторов для ведения заградительного огня зенитной артиллерией в системе ПВО;

станции орудийной наводки СОН-3 для обеспечения стрельбы зенитных дивизионов в системе ПВО;

радиолокационной установки для наведения на цель бомбардировочной авиации дальнего действия;

радиолокационной установки наведения для одномоторного истребителя;

универсальной морской установки обнаружения и обеспечения стрельбы главным калибром надводных кораблей и береговых батарей в любых условиях видимости.

4. В целях обеспечения новых разработок и серийного производства радиолокаторов современными высококачественными электровакуумными изделиями, создать Электровакуумный институт с опытным заводом. Разместить Электровакуумный институт на площадях завода №747 НКЭП.

Утвердить начальником Электровакуумного института т. Векшинского С. А.

5. Для решения задач комплексного проектирования радиолокационного оборудования объектов, разработки тактико-технических заданий на радиолокационные приборы и координации работ отделов главных конструкторов заводов радиолокационной промышленности, организовать Проектно-Конструкторское Бюро по радиолокации. Утвердить начальником Проектно-Конструкторского Бюро по радиолокации т. Попова Н. Л.

6. Организовать в Наркомате электропромышленности Главное управление радиолокационной промышленности в составе:

а) Всесоюзного научно-исследовательского института радиолокации;

б) Электровакуумного института;

в) Проектно-Конструкторское Бюро;

г) заводов Наркомэлектропрома №№ 465, 747, 498, 208 и 830.

7. Утвердить т. Берга А.И. заместителем наркома электропромышленности по вопросам радиолокации.

8. Восстановить в Московском энергетическом институте факультет радиотехники.

9. Обязать Главное управление трудовых резервов при СНК СССР (т. Москатов и Зеленко) совместно с ЦК ВЛКСМ (т. Михайлов) организовать 15 ремесленных училищ с контингентом учащихся в 10 тысяч человек, с целью подготовки в этих училищах квалифицированных рабочих кадров для заводов радиолокационной промышленности.

10. Установить для крупных научных, конструкторских и инженерно-технических работников по радиолокации 30 персональных окладов в размере до 5000 рублей каждый и 70 окладов в размере до 3000 рублей.

11. Разрешить председателю Совета по радиолокации утвердить штаты аппарата Совета.

12. Обязать Совет по радиолокации совместно с Госпланом при СНК СССР (т. Вознесенский), Наркомэлектропромом (т. Кабанов), Наркомавиапромом (т. Шахурин), Наркомминвооружения (т. Паршин), Наркомсудпромом (т. Носенко), Наркомсредмашем (т. Акопов), Наркомвооружения (т. Устинов) к 15 июля с.г. представить на утверждение Государственного Комитета Обороны предложения о мероприятиях по организации производства радиолокационной аппаратуры.

*Председатель Государственного Комитета Обороны И. Сталин*



## Дополнительные источники информации

1. Шокин А. А. Александр Иванович Шокин. Портрет на фоне эпохи. Очерки истории Российской электроники. Выпуск 6. 5.09.2017. Litres, 2017. ISBN 5457915085. 9785457915084.
2. ТУ-4 znaimo.com.ua / ТУ-4.
3. Малашевич Б. Первые интегральные схемы. Статья в Виртуальном компьютерном музее. 28.10.2008.
4. Малашевич Б. М. Зарождение и становление отечественной микроэлектроники (расширенная версия). Статья в рубрике «Микроэлектроника и связь» (Интернет).
5. Колосов А. А., Горбунов Ю. И., Наумов Ю. Е. Полупроводниковые твердые схемы. — М.: Сов. радио, 1965.
6. Твердая схема. Технический словарь. Том 4.
7. Осокин Ю. В. Интервью корреспонденту путеводителя «Вся Латвия на Pribalt.info» Илье Дименштейну. 2008.
8. Малиновский Б. Н. История вычислительной техники в лицах. — КИТ, ПТОО «А. С. К.», 1995. — 384 с., ил. ISBN 5-7707-6131-8.
9. Гальперин М. Прыжок кита. — СПб.: Политех-сервис, 2010. ISBN 978-5-904031-22-0.
10. Михайлуца К. Т., Мироненко И. Г. Вениамин Иванович Смирнов (1912–1982). ЛЭТИ.
11. Малашевич Б. Гибридные интегральные схемы для первой в мире самолетной (бортовой) микроЭВМ «Гном».
12. Малашевич Б. Памяти Ю. В. Осокина — разработчика первой в стране и третьей в мире интегральной схемы. 2013 (Интернет).
13. 102-я и 116-я серии [Электронный ресурс]. URL: [http:// www.computer-museum.ru](http://www.computer-museum.ru).
14. «Википедия» (Б. М. Малашевич).

15. Калашников Максим. Советская микроэлектроника была передовой. Интервью с Б. Малашевичем [Электронный ресурс]. URL: <http://expert.ru/expert/2011/30/ot-sputnika-do-olimpiady/>.
16. Ходаков В. Е. Научные школы компьютеростроения: история отечественной вычислительной техники. — Херсон: изд-во ХНТУ, 2010 ББК 32.973. — С. 273.
17. Пузыревская В. Д. А прошлое все ближе и милее. — СПб.: ООО «Арт-Империя», 2008.
18. Башина И., Ивановский Л. Алгоритм извлечения квадратного корня в АУ // Вопросы спецрадиоэлектроники. Сер. XII, вып. 33. 1966.
19. Иванов В. И., Шнырин В. Я. Оперативное запоминающее устройство на ферритовых сердечниках // Вопросы радиоэлектроники. Серия XII, вып. 33. 1966.
20. Ляхович Е. М., Пелипенко А. Н. Модули типа «Квант-1» на германиевых твердых схемах P12-2 // Вопросы радиоэлектроники. Серия XII, вып. 33. 1966.
21. Дьяконов В. В. История 81-го Военно-транспортного авиационного полка. ISBN: 978-94-6190-762-2, 2011.
22. Колпаков Константин. История развития авиационных бортовых вычислительных машин в России. Журнал PCWeek (206) 32 1999 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pcweek.ru/numbers/detail.php?ID=10199>.
23. Михеева Л. Борис Кравченко. Портрет композитора. — Л-д, Советский композитор, Ленинградское отделение, 1984.
24. Конструкторы летательных аппаратов и конструкторских бюро [Электронный ресурс]. URL: <http://otbombard.ru/category/konstruktory-letatelnyx-apparatov-i-konstruktorskie-byuro/>.
25. Лисочкин И. С. -Петербургские ведомости, 09.12.1992.
26. Сайт ОУНЮА, Сайт EQBIZ.
27. Симонов Николай. Становление советской электронной промышленности (1940–1962). Взгляд историка // Двадцатилетию распада СССР посвящается. Журнал самиздат. 1-я, 2-я части, 2011.
28. Тюленков Сергей. XIV олимпиада по истории авиации и воздухоплавания им. А. Ф. Можайского.
29. Тюленков Сергей. Комплект аттестационных заданий (тесты) для промежуточного контроля по дисциплине «История и перспективы развития вычислительной техники» (БЦВМ). Уфимский государственный авиационный технический университет.

30. Бакасова Е. Создание первых отечественных интегральных схем / Реферат / курсовая работа по специальности «информатика». Филиал Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева в г. Канске. 2013.
31. Микросборки в СССР и в России // «Википедия».
32. Малашевич Б. М. Очерки истории российской электроники. 50 лет отечественной микроэлектронике. Краткие основы и история развития. Вып. 5. — М.: Техносфера, 2013.
33. Малашевич Б. Исторические реалии 1960–1990-х годов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.proza.ru/2016/11/24/2071>, Свидетельство о публикации № 216112402071 от 24.11.2016 21:11 (Эта статья — глава 1 из моей книги (160 перечня публикаций) «50 лет отечественной микроэлектроники. Краткие основы и история развития». — М.: Техносфера, 2013. — 800 с.)
34. Малашевич Б. «Утиная охота», или О причастности американцев к советской микроэлектронике // Электроника: Наука, Технология. 2007. № 5.
35. Лашевский Рафаил. История микроэлектроники СССР моими глазами [Электронный ресурс]. URL: [http://www.russianscientist/org/files/arch...2006\\_RAFA\\_1/pdf](http://www.russianscientist/org/files/arch...2006_RAFA_1/pdf).
36. Малашевич Б. О пресловутом отставании элементной базы [Электронный ресурс]. URL: <http://www.proza.ru/2017/01/19/1746>. Свидетельство о публикации № 217011901746 от 19.01.2017, 19:51.
37. Любитель истории ВТ. З.Ляпин // Газета «Флаг Родины». 2 апреля, 2013. № 36 (26799).
38. Любитель истории ВТ. А. Туркин. Блог в Интернете.
39. Битва за гиперзвук (обзор) // Арсенал Отечества. 2016. № 3.
40. В России создана первая гиперзвуковая ракета. Сайт LIVE SMI 16.12.2017.
41. Официальный сайт «НИПГС».
42. О концепции «Аякс» и не только. И. Лисочкин (интервью с В. К. Глухих). С.-Петербургские ведомости. Декабрь, 1993.
43. Лисочкин И. Концепция «Аякс»: «Совет директоров обсуждает федеральную программу». С.-Петербургские ведомости. 11 марта 1994 года.
44. Воруют триллионы! Статья «В плену у спрута» // Газета «Аргументы и факты». 2007. № 50.

Компьютерная верстка *Ю. Ю. Тауриной*  
Корректор *Т. К. Добрян*  
Дизайн обложки *М. С. Глущенко*

Подписано в печать 26.09.19. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Усл. печ. л. 19,5. Тираж 80 экз. Заказ № 6000.

Отпечатано в типографии ООО «Скифия-принт»  
197198, Санкт-Петербург, ул. Большая Пушкарская, д.10