**Институт системного программирования
имени В.П.Иванникова
Российской академии наук**



**Владимир**

**Васильевич**

**ЛИПАЕВ**

**Институт системного программирования
имени В.П.Иванникова
Российской академии наук**

**Владимир Васильевич**

**ЛИПАЕВ**

**(1928-2015)**

**Составители**

**Лаврищева Е.М.,**

**Петренко А.К.**

**Москва**

**2018**

****

**В.В.Липаев**

**(ИСП РАН, июнь 2008 года)**

**Владимир Васильевич Липаев** – профессор, доктор технических наук, ведущий специалист Московского НИИ приборной автоматики – МНИИПА (1954—1988), главный конструктор и председатель координационного совета Министерства радиопромышленности СССР (1988—1992), главный научный сотрудник Института системного программирования РАН (1995—2015).

Окончил физический факультет МГУ в 1950 году, поступил и аспирантуру и с 1954 г. сотрудник МНИИПА. В 1957 году защитил кандидатскую диссертацию, в 1965 году – докторскую диссертацию и с 1970 – профессор.

С 1954 года занимался исследованиями и разработкой советских ЭВМ для расчётов физических процессов, управления космическими аппаратами, сбором и обработкой радиолокационной информации, которые включены в состав систем ПВО СССР. Была создана специализированная техника, ЭВМ военного назначения для решения в реальном времени функциональных задач на самолётах, космических кораблях, подводных лодках и других оборонных объектах, в том числе для защиты границы страны от внешнего нападения.

Около 40 лет он посвятил исследованиям и разработкой программного обеспечения для систем обработки радиолокационной информации и инструментальных средств управления объектами военного назначения в реальном времени для военно-промышленного комплекса (ВПК). На базе теоретических исследований и большого практического опыта под его руководством разработано шесть больших программных систем в комплексном проекте ПРОМЕТЕЙ, обеспечивающих реализацию функциональных задач и задач управления, которые широко используются в оборонной промышленности и частично эксплуатируются и до настоящего времени.

Основные научные интересы В.В. Липаева были сосредоточены на производстве крупных программных комплексов различного применения с помощью системы “Прометей”. После 1992 года он разработал методологию создания программных, прикладных и информационных систем с обеспечением надёжности и качества их функционирования для современных общесистемных сред (IBM, Microsoft, Intel и др.). Основу методологии составляют методы разработки программ и систем на процессах жизненного цикла, тестирования, обеспечения надёжности, защиты, безопасности, качества и сертификации программного продукта. По этим методам им опубликованы книги и учебники в период 1980-1992 в новой интерпретации с учётом возможностей стандартов ISO/IEC по всем вопросам производства программной продукции.

Многие его монографии и учебники предназначены для обучения и применения на практике изготовления новых систем разного назначения. Эти работы широко используются в России и в других странах бывшего СССР. В.В. Липаев – автор 5 изобретений и свыше 300 публикаций в научных журналах страны, доступных студентам, программистам и разработчикам новых информационных систем.

Под его научным руководством подготовлены и защищены более 20 кандидатских и 2 докторских диссертации. Около 20 лет он преподавал курс «Программной инженерии» в ряде ВУЗов (МИРЭА, МФТИ, МИФИ, ВШЭ и др.).

В 1992-1994 гг. работает в Совете по информатизации России по созданию инфраструктуры информатизации и концепции разработки информационных и программных систем в стране. Под его руководством представлена программа информатизации и постепенного перехода на безопасные и качественные технологии.

С 1995 года В.В. Липаев работал в должности главного научного сотрудника в ИСП РАН, где под его руководством было выполнено несколько исследовательских проектов по совершенствованию методологии изготовления качественных программных продуктов, защиты и безопасности информации, обрабатываемых в них.

За выполненные работы ему присвоено звание заслуженного деятеля науки и техники РСФСР (1983 г.), лауреата премии Совета министров СССР (1985 г.) и лауреата премии Правительства Российской Федерации в области образования (2001 г.).

**О научно-техническом вкладе В.В. Липаева в технологию**

**и инженерию программирования систем**

С начала своей трудовой и научной деятельности (1954-2015 годы) В.В. Липаев занимается разработкой технических и программных средств различного назначения, начиная с оборудования специализированных ЭВМ военного назначения и кончая разработкой заказных систем на отечественных ЭВМ БЭСМ-6, ЕС ЭВМ и зарубежных – Microsoft, Intel, IBM и др. На основании опыта разработки программных и информационных средств на каждом этапе своей деятельности он формулировал оригинальные концепции, идеи и методы реализации (проектирования, отладки, тестирования и обеспечения качества) разного рода систем. Они образуют базовые фундаментальные положения отечественной технологии программирования систем для разных видов ЭВМ. Далее рассматриваются подходы к разработке систем на разных периодах его деятельности.

**Разработка специализированных ЭВМ и оборудования для ВПК (1960-1992)**

Научно—технические средства и специализированные ЭВМ для военно-промышленного комплекса (ВПК) страны разработаны по постановлению Минрадиопрома в Московском НИИ приборной автоматики (МНИИПА) под руководством В.В. Липаева и Б.В. Чичигина. В этот период были созданы такие специализированные ЭВМ, как ПРА-6.0, МАПА, АРГОН, АОУ6 и другие, военная техника и радиолокационные приборы для наведения самолётов, подводных лодок, космических кораблей и др. (см. В.В. Липаев. Фрагменты истории развития отечественного программирования для специализированных ЭВМ в 50 – 80-е годы. –М.: Синтег. –2003. –126 с.).

 ***Характеристика технических средств для ВПК (1946-1970*)**

1) В данный период в рамках ВПК разработан комплекс средств автоматизированного наведения истребителей-перехватчиков в воздухе. В задачу комплекса входило защита границ страны от истребителей с помощью отечественной радиолокационной техники, устройств снимающих данные с радиолокаторов по трассам движения самолётов военного назначения. Для решения этой задачи требовалась создавать приборы и различное физическое оборудование высокой надёжности и качества. Проверка их работоспособности, поиск неисправностей и физических недоработок в конструкции оборудования проводилась с помощью вероятностных Марковских процессов теории массового обслуживания. Эта теория развивалась в направлении обеспечения высокой надёжности и качества военной техники, управляющей полётами самолётов в воздушном пространстве для охраны границ страны.

В 1954 г. был сделан макет, который полуавтоматически сопровождал движущуюся цель и давал параметры движения с учётом высоты цели и под углом 45 градусов к плоскости вращения с большой точностью попадания в цель.

Радиолокационные средства входили в состав оборудования военного назначения и обеспечивали:

* обнаружение воздушных целей;
* управление средствами противовоздушной обороны;
* телекоммуникационную передачу данных на командные пункты, средств поражения противоракетной техники (ПРО и ПВО) и перехвата закрытых данных;
* надёжность систем обработки информации в режиме реального времени и др.

Сделанный макет проверялся на полигоне в Монино и 1955 г. и потом был изготовлен опытный образец системы «Каскад», вошедшей в известную систему «Воздух 1», прикрывающую территорию СССР во многих пунктах границы и обрабатывающую радиолокационную информацию для управления наведением истребителей. Опытный образец оказался точным и начал выпускаться серийно для передачи в ряд Европейских стран для наведения движущихся летающих объектов и больших кораблей ВМФ (система «Прибой»). Эта система всё время развивалась и работает до настоящего времени на основе модифицированных приборов в системах СПЛАВ и КРЫМ.

2) В 1959 – 1970 гг. в СССР разработаны алгоритмы и программы системы противоздушной обороны (ПВО), включающей радиолокационную обработку информации о траекториях объектов в воздушном пространстве для станции П-20 в системе «Межа» на ЭВМ «Курс-1». Первый образец системы «Межа» был изготовлен и вывезен в Капустин Яр для испытания с помощью испытательного моделирующего стенда в реальных условиях движения воздушных объектов и сбора данных о внешней информации системы ПВО на
М-20 (1965 г.). Система «Межа» выпускалась серийно на Ульяновском заводе до 1987 г. и использовалась в СССР на всех пунктах от западных границ до Сахалина.

**Технологии программирования для ЭВМ ВПК
(1979-1992)**

В апреле 1979 г. Минрадиопром СССР принял решение о создании системы ПРОМЕТЕЙ для разработки ПО систем, работающих в реальном времени на специализированных ЭВМ оборонной промышленности. Главным конструктором этой системы был назначен Липаев В.В. Ставилась задача создать систему, которая была бы высокого качества, надёжна и безопасна при производстве программ реального времени оборонного назначения. Она должна быть мобильной и применяться для широкого класса специализированных и универсальных ЭВМ (БЭСМ, М-20, УМШН и др.). Основная задача состояла в том, чтобы на специализированных ЭВМ создать программное обеспечение, основанное на принципах разработки ПО для универсальных ЭВМ. Для этих целей разрабатывались системы ЯУЗА, РУЗА и ПРОМЕТЕЙ. Они выполнялись этапами:

1. **Система ЯУЗА** (Липаев В.В., Серебровский Л.В.) для БЭСМ-6 с коллективом разработчиков, создавшим 400 тысяч команд с трудоёмкостью 300 чел.-лет. В САПРО ЯУЗА программы описывались на языках программирования (ЯП) и автокоде, а процесс обработки программ включал:

* трансляцию программ с трёх языков;
* стыковку выходных программ с общими переменными, передаваемыми между собой;
* автоматизированную отладку на уровне ЯП и тестирование машинных программ на множестве контрольных данных с целью обнаружения различных дефектов и отказов в созданном программном обеспечении;
* автоматизированный выпуск документации на все компоненты системы.

Для моделирования и имитации комплексов программ использовался моделирующий комплекс ЭВМ БЭСМ-6 и АС-6.

ЯУЗА была изготовлена сделана в 1975 г. за 400 чел-лет и передана во многие организации для создания на её основе комплекса программ для управления радиолокационным узлом «Основа». Система ЯУЗА изготовлена с высоким качеством и проработала почти 20 лет на 13 предприятиях оборонной промышленности на разных типах ЭВМ. Общий объем ПО, разработанного с помощью ЯУЗА-6 к 1985 г. составил 5 млн. команд. В процессе создания этой системы отработана технология проектирования, тестирования и обеспечения надёжности и качества такого класса систем. Отдельные аспекты технологии представлены в ряде книг В.В. Липаева (Проектирование математического обеспечения АСУ, 1977; Надёжность программного обеспечения АСУ, 1981; Качество программного обеспечения, 1983; Тестирование программ, 1986 и др.). Эти книги пользовались широким спросом у программистов СССР.

В 1985 г. разработчики первого варианта комплекса ПРОМЕТЕЙ были награждены Премией Совета министров СССР.

2. **Система РУЗА** (Штрик А.А., Липаев В.В.) выполняла аналогичные функции, что и ЯУЗА и имела ряд новых научно-технических идей для серии машин ЕС ЭВМ, бортовой машины АРГОН НИЦЭВТ с системой команд машин ЕС ЭВМ. На них разрабатывались новые интерпретаторы и кросс-системы для усовершенствования процессов разработки функциональных программ для бортовых ЭВМ ВПК. Были созданы специальные средства разработки, отладки и испытания программ в режиме разделения времени.

Под ***системой*** понималась совокупность взаимодействующих элементов, работающих совместно для достижения заданных целей. Система РУЗА была иерархической структуры, в которой в качестве элементов могли быть подсистемы, каждая из которых функционировала самостоятельно и связывались друг с другом для обмена данными. Так как работа системы зависела от специальной аппаратуры ЭВМ, то формировалась системотехническая технология адаптации отдельных модулей систем, охватывающая отдельные аспекты реализации функций создания и модернизации программных и технических средств систем.

Модули системы специфицировались в специальном макроязыке и языках программирования типа Автокод, Фортран и др., а данные задавались в форме, принятой для специализированных ЭВМ. Отладка отдельных модулей и подсистем проводилась на входном языке методом интерпретации заданий на языке отладки, а тестирование на машинном языке с помощью тестовых данных, проверяющих правильность выполнения разных функций модулей и подсистем. Расчёт временных характеристик осуществлялся по графовой модели программы и таблицам исполнения команд ЭВМ с учетов времени их исполнения и вызываемых данных. В процессе разработки системы формировалась документация на отдельные модули и на весь комплекс программ.

В состав имитационного комплекса внешней среды (движения самолётов и ракет) входили специальные программы, которые обеспечивали гибкое комплексирование необходимого набора модулей для испытания отдельных компонентов системы ПВО: контроль оборудования, трактов связи, анализа сбоев и устранения их последствий. В модель воздушной обстановки вводились данные о движении самолётов и ракет, моделировалась траектория их движения с учетом времени и дефектов их обнаружения различными радиолокационными средствами. Результаты моделирования отражались на дисплеях и регистрировались на графопостроителях. Проводилась оценка характеристик качества функционирования системы объектной ЭВМ с использованием выявленных дефектов и ошибок.

3. **Система ПРОМЕТЕЙ** поддерживала следующие процессы жизненного цикла ПО:

* планирование трудоемкости и длительности создания ПО системы;
* прогнозирование и оценивание реального состояния качества в зависимости от обнаруженных ошибок;
* оценка ресурсов ЭВМ по памяти и производительности для реализованной системы;
* прогнозирование и оценка состояния качества программных средств, описания сертификата продукта для передачи пользователям бортовых систем.

В качестве средств описания отдельных задач использовались: автокоды, макроязыки и ЯП. Для них специально строились трансляторы, системы проверки правильности по аналогии со средствами для больших ЭВМ массового употребления. Для программистов вводились рекомендации на размер программного модуля (100-200 строк текста) и необходимость их тестирования для сбора данных об ошибках, дефектах и отказах в оборудовании. Сформировалось правило: число условий в тестах для покрытия тестами структуры модуля пропорционально квадрату строк текста программы. Эти ограничения делались для того, чтобы снизить сложность и повысить надёжность работы системы, собираемой из модулей. Для сборки модулей использовалась система АПРОП, обеспечивающая связь и взаимодействие разноязыковых моделей в Fortran, Pl.1, Modula, Algol, Cobol, Prolog и др. Метод сборки программ в этих языках представлен в монографии Е.М.Лаврищева, Грищенко В.Н. «Связь разноязыковых модулей в ОС ЕС.- М.: 1982.- 136 с.

Все модули и программы тестировались в рамках проекта ПРОМЕТЕЙ и обязательно оценивались на надёжность и качество. По проблеме программирования и тестирования систем В.В. Липаев опубликовал концепции и руководящие методические указания в своих монографиях: «Проектирование комплексов программ», «Надежность программных средств 1981, 1987», «Качество программных средств, 1982» и др. В это же время вышла работа Кулакова А.Ф. – «Качество программ ЭВМ», в которой предоставлялась теория оценивания надёжности и качества технических и программных средств для ЭВМ оборонной промышленности. Методы тестирования и оценки надёжности были независимы от используемой ЭВМ и видов программ и были широко (более 100 раз) освещены зарубежными авторами.

В рамках проекта ПРОМЕТЕЙ сформировался порядок проведения разработки систем и комплексов (сборки) программ на процессах жизненного цикла ПО:

* определение целей и задач на разработку системы в техническом задании;
* проектирование структуры системы и разработка отдельных её элементов;
* тестирование элементов и систем;
* тестирование и испытание системы на множестве данных и тестов;
* оценка надёжности и разработка сертификата качества для передачи заказчикам и потребителям;
* эксплуатация системы и её сопровождение;
* снятие с эксплуатации (утилизация).

В проекте «ПРОМЕТЕЙ» реализован метод сборки разноязычных программ, основанный на интерфейсах через которые проходил обмен разными данными. В этой системе интерфейсы и модули разных подсистем тестировались на поиск ошибок и дефектов, а потом методом сборки объединялись в отдельные функциональные компоненты, которые образовывали систему.

Изготовленные системы общего и специального назначения согласно ГОСТ 34.83 требовали разработку документации:

Описание архитектуры системы;

Руководство программиста;

Руководство системного программиста;

Инструкция по запуску и сопровождению.

Каждая система проходила опытную эксплуатацию на конкретных задачах. Ошибки, обнаруженные в процессе эксплуатации системы, устранялись, делалась окончательная версия системы и документация для сдачи Государственной комиссии. Принятая система с актом сдачи Госкомиссии передавалась в Фонды алгоритмов и программ для широкого распространения в разных отраслях.

 Система «ПРОМЕТЕЙ» была сдана государственной комиссии вместе с документацией согласно ГОСТ и передана в ЕРНУЦ (Ереван) для применения в организациях ВПК. Основные разработчики этой системы были награждены премией СМ СССР (1985).

В стране была сформировано новая технология сборочного программирование, сущность которого состояла в сборке разноязычных модулей с помощью интерфейсов. Для модулей был определён стандарт описания информационной и прикладной частей (IDL, WSDL, PL). В информационной части описывались данные, которыми обмениваются между собой модули, компоненты и др.

Сборочное программирование поддерживалось в стране, в частности академиком А.П. Ершов и массой пользователей ЕС ЭВМ. Метод сборки использовался во всех общесистемных средах (IBM, VS.Net, Intel, Apple, Corba и др.) и являлся базовой процедурой (link, assembly, make, building, configuration и др.) и применяется на современных фабриках программ (AppFab) и др.

По сборочному программированию выпущены монографии:

* Липаев В.В., Позин Б.А., Штрик А,А. Технология сборочного программирования, М.: 1992;
* Лаврищева Е.М., Грищенко В.Н. Сборочное программирование», 1991;
* Лаврищева Е.М., Грищенко В.Н. Сборочное программирование. Основы индустрии программных продуктов. –К.: 2009.

По разным аспектам технологии программирования специализированных ЭВМ В.В.Липаев выпустил ряд книг (Список работ), отображающих отработанные научно-технические аспекты технологии разработки (проектирование, тестирование, надёжность, безопасность, защита, качество) комплексов программ в СССР.

После развала в России был создан Республиканский Научно-технический Совет «Информатизации России». В рамках этого совета группой учёных (Липаева В.В., Иванникова В.П, Левина В.К. и др.) разработаны «Научно-технические основы информатизации России» (Москва, 1992. –151 с). В этой работе представлена инфраструктура и программа информатизации России, которая включает в себя: систему коммуникаций, вычислительных средств и сетей для взаимодействия информационных объектов и технологий; программные средства функционирования комплексов аппаратуры, информационных и программных средств, БД; систему образования кадров для эффективного развития процессов информатизации в стране. Отмечается, что разработка информационных технологий и систем должна основываться на международных стандартах Computer Science по вопросам проектирования, безопасности, надёжности, защиты и качества создаваемых заказных комплексов программ и систем.

В следующей работе этого Совета «Научно-технические аспекты развития безопасности и защиты информационных технологий» (Липаев В.В., Левин В.К,, Михайлов С.Ф и др., Москва, 1992. –192 с.) даётся описание математических моделей и методов защиты информации БД и систем, каналов и узлов сети; методология защиты от угроз, атак и несанкционированного доступа; методы безопасности технологий и систем.

Результатом деятельности этого совета являлась реорганизация научных структур, системы обучения и компьютерного производства с целью создания инфраструктуры информатизации в России, обеспечивающей научно-технический прогресс в науке, техники и промышленности. Одним из важных научных направлений – производство качественных продуктов разного назначения.

**Программная инженерия. Основы стандартизации процессов разработки качественных систем (1993-2015)**

С 1995-2015 годов В.В. Липаев работает главным научным специалистом Института системного программирования РАН. Главная задача, которая была поставлена перед ним – усовершенствовать отечественную технологию программирования сложных и масштабных комплексов программ и создать методические пособия для обучения студентов в Вузах страны по научным основам технологии разработки систем с учётом стандартов Computer Science.

Подходы к программированию и разработке программ для первых отечественных ЭВМ сформировались в научных институтах и Вузах. Они основывались сначала на языках типа Автокодов для кодирования алгоритмов программ, а потом на языках АЛГОЛ, КОБОЛ, ФОРТРАН, ПЛ.1, ПРОЛОГ, РЕФАЛ и др. В этих языках описывались алгоритмы разных задач (математических, экономических, управленческих, информационных, организационных и др.). Для этих языков создавались трансляторы (интерпретаторы) на ЭВМ, которые трансформировали описание программ в языках к машинному коду. Программы тестировались и оценивались на надёжность функционирования на ЭВМ. В.В. Липаев один из первых применил математические методы оценки надёжности и качества программ на основе данных об ошибках и отказах, собранных в процессе тестирования техники и программ комплекса ПРОМЕТЕЙ. Технология процессов тестирования, оценки надёжности и качества отображена в монографиях В.В. Липаева в 1977, 1981, 1986, 1988.

Одновременно с этим в стране и в мировом компьютерном сообществе развивалась теория программирования и доказательства программ, а также методы интеграции программ в более сложные структуры. Это отечественные технологии программирования: теоретическое, сборочное, конкретизирующее, синтезирующее, расширяемое и др. Каждое программирование обеспечивало реализацию программ решения задач различного назначения. C 2009 года создан международный комитет Software Engineering Methods and Theory (SEMAT), который ставит задачу развития новых перспективных академических теорий и методов в Computer Science. И Липаев В.В. шел в ногу с этими требованиями.

В 90-х годах определен международный стандарт жизненного цикла (ЖЦ) ПО (1996), в которым регламентированы этапы ЖЦ для разработки разных сложных программ, а в 2007 окончательный вариант стандарта ЖЦ ICO/IEC 12207, который стал базовой основой технологии разработки систем в программной инженерии. Инженерный стандарт 12207 и стандарты на его процессы разработки, тестирования и обеспечения качества современных систем используются на практике.

Инженерия – это совокупность обобщенных и систематизированных знаний или наука о методах, способах, приемах, средствах автоматизации и порядка их использования при производстве и применении некоторого продукта.

Этот термин используется во всех областях человеческой деятельности (хозяйственной, промышленной, экономической, финансовой, программной и др.). В компьютерных науках (Computer Science – СS) этот термин применяется к инженерии компьютеров, систем и ПО:

* Computer Engineering – инженерия компьютеров;
* Systems Engineering – инженерия систем;
* Software Engineering – инженерия ПО.

В.В. Липаев пересмотрел и уточнил свои концепции и методы по отечественной технологии разработки комплексов с позиций современных международных стандартов (ISO/IEC) и написал несколько монографий и учебников по инженерии крупных программных систем с обеспечением их надёжности и качества в соответствии с международными стандартами:

* Липаев В.В. Качество программных систем. Методика. М.: 2002.
* Липаев В.В. Программная инженерия. Методологические основы. – М.: ГУ-ВШЭ. 2006.
* Липаев В.В. Отечественная программная инженерия: фрагменты истории и проблемы. – М.: СИНТЕГ. 2007.
* Липаев В.В. Тестирование крупных комплексов программ на соответствие требованиям. Учебник. – М.: Глобус. 2008.
* Липаев В.В. Экономика производства сложных программных продуктов. – М.: СИНТЕГ. 2008.
* Липаев В.В. Программная инженерия заказных программных продуктов.- Учебник, М.: 2014.

В основу учебных курсов по программной инженерии им был положен стандарт обучения программной инженерии SWEEBOK (2001, 2004, 2007, 2014). Структурообразующим в системе стандартов программной инженерии является стандарт ЖЦ ISO/IEC 12207 –2007. Липаев В.В. определил свой взгляд на методологию разработки систем с использованием стандартов на процессы и методы оценки качества. В работах В.В. Липаева по технологии программирования комплексов программ и систем до 1992 года отображены отечественные подходы и методы в области проектирования, тестирования и обеспечения надёжности систем. В последние годы на разработку систем в значительной степени повлияла зарубежная инженерия разработки систем и программного обеспечения и международная система стандартов. В книгах и учебниках В.В. Липаева описываются методы разработки систем с применением международных стандартов в области программной инженерии (Липаев В.В. Программная инженерия. Методологические основы, 2007):

1. Методы программной инженерии поддерживают и конкретизируют ***технологический процесс***, а также отслеживают значения качества компонентов на этапах жизненного цикла программных средств. Для каждого проекта, выполняющего ответственные функции, должны разрабатываться и применяться ***система качества***, специальные планы и Программа, методология и инструментальные средства разработки и испытаний, обеспечивающие ***требуемые качество, надёжность и безопасность функционирования программных продуктов***. Эти методы и процессы позволяют разработчикам и заказчикам программных продуктов более корректно взаимодействовать при определении и реализации требований контрактов и технических заданий.

2. Основу программной инженерии составляет ***комплекс систематизированных международных стандартов***, охватывающих и регламентирующих практически все процессы ЖЦ сложных программных средств. Несколько десятков стандартов этого комплекса допускают целеустремленный отбор необходимых процессов, в зависимости от характеристик и особенностей конкретного проекта, а также формирование на их базе проблемно-ориентированных ***профилей стандартов*** для определенных типов проектов и/или предприятий. Практическое применение профилей стандартов, ***сосредоточивших мировой опыт*** создания различных типов крупных комплексов программ, способствует значительному ***повышению производительности труда*** специалистов ***и качества*** создаваемых программных продуктов».

3 Индустриализация систем в программной инженерии ***базируется на стандартизации процессов*** разработки программ, которые описываются в ЯП, а их интерфейсы задают взаимодействие между собой, с операционной и внешней средой. Для этого с самого начала разработки должны определяться состав и этапы работ, необходимые для достижения конечной цели, а также требуемые для их выполнения ресурсы. Технические и управленческие проверки, анализ качества результатов промежуточных работ и компонентов, а также корректности их взаимосвязей должны обеспечиваться программно и руководителем проекта.

4. Методология обеспечения качества систем в программной инженерии должна поддерживаться рядом методических документов и международных стандартов. Концептуальные основы управления жизненным циклом и качеством программных средств представлены в модели СММ, CMMI:2003 и *восьми базовых принципах*, которые декларированы в стандартах ISO 9000:2000 и ISO 15504:1-9. Удостоверение качества, надёжности и безопасности продукта проводится методом ***сертификации*** при испытании и оценке дефектов и отказов, которые могут нанести значительный ущерб. Сертификационные испытания характеризуются наибольшей строгостью и глубиной проверок и должны проводиться специалистами, независимыми от разработчиков и от заказчиков (пользователей).

**Заключение**

Научно-техническое наследие В.В. Липаева – работающие системы в стране, монографии по проектированию, тестирования, надёжности и качеству комплексов программ и методические пособия «Программная инженерия. Методические основы», 2010; «Программная инженерия и Экономика программной инженерии сложных заказных программных продуктов. – М.: Изд. Макс-пресс. 2014 имеют существенное значение при подготовке студентов и специалистов высокой квалификации в области компьютерных наук.

В последних работах Липаева В.В. представлены ряд концепций и идей на перспективу – разработка функционального жизненного цикла сложных заказных систем, проведение работ специальными службами по обеспечению надёжности, качеству, защите и безопасности современных информационных и программных систем.

**Список книг и методик В.В. Липаева**

**по технологии и инженерии разработки комплексов программ и систем**

1. Колин К.К., Липаев В.В. Проектирование алгоритмов управляющих ЦВМ. –М.: Советское радио,1970.
2. Липаев В.В., Колин К.К., Серебровский Л.А. Математическое обеспечение управляющих ЦВМ. –М.: Советское радио, 1972.
3. Липаев В.В., Фидловский Л.А., Филиппович В.В., Шнейдер Б.А. Отладка систем управляющих алгоритмов ЦВМ реального времени. –М.: Советское радио, 1974.
4. Липаев В.В., Яшков С.Ф. Эффективность методов организации вычислительного процесса в АСУ. –М.: Статистика, 1975.
5. Липаев В.В. Проектирование математического обеспечения АСУ. –М.: Советское радио, 1977.
6. Липаев В.В. Распределение ресурсов в вычислительных системах. –М.: Статистика, 1979.
7. Малиновский Б.Н., Липаев В.В., Слобадинюк Т.Ф. Справочник по цифровой вычислительной технике (программное обеспечение). т. 2, –Киев. Техника, 1981.
8. Липаев В.В. Надежность программного обеспечения АСУ. –М.: Энергоиздат, 1981.
9. Липаев В.В. Качество программного обеспечения. –М.: Финансы и статистика, 1983.
10. Липаев В.В., Серебровский Л.А., Гаганов П.Г. и др. Технология проектирования комплексов программ АСУ. –М.: Радио и связь, 1983.
11. Липаев В.В. Тестирование программ. –М.: Радио и связь, 1986.
12. Липаев В.В., Потапов А.И. Оценка затрат на разработку программных средств. –М.: Финансы и статистика, 1988.
13. Липаев В.В. Проектирование программных средств. Учебное пособие. –М.: Высшая школа, 1990.
14. Липаев В.В, Позин Б.А., Штрик А.А. Технология сборочного программирования. –М.: Радио и связь, 1992.
15. Липаев В.В. Управление разработкой программных средств. Методы, стандарты, технология. –М.: Финансы и статистика, 1993.
16. Липаев В.В. Отладка сложных программ.–М.:Энергоатомиздат, 1993.
17. Липаев В.В. Сертификация информационных технологий, программных средств и баз данных. Казань, 1995.
18. Липаев В.В. Сертификация программных средств типовых ИВС региональной информатизации. – М.: Изд. ВНИИПВТИ. 1995.
19. Костогрызов А.И., Липаев В.В. Сертификация качества функционирования автоматизированных информационных систем. –М.: Изд. Вооружение. Политика. Конверсия. 1996.
20. Липаев В.В. Международные стандарты, поддерживающие жизненный цикл программных средств. – М.: МП Экономика. 1996.
21. Липаев В.В. Алгоритмическая и программно-технологическая безопасность информационных систем. – М.: МП Экономика.1996.
22. Липаев В.В. Программно-технологическая безопасность информационных систем. – М.: МИФИ. 1997.
23. Липаев В.В., Филинов Е.Н. Мобильность программ и данных в открытых информационных системах. – М.: РФФИ. 1997.
24. Липаев В.В. Документирование и управление конфигурацией программных средств. – М.: СИНТЕГ. 1998.
25. Липаев В.В. Надежность программных средств. –М.: СИНТЕГ.1998.
26. Липаев В.В. Системное проектирование сложных программных средств для информационных систем. –М.: СИНТЕГ. 1999.
27. Липаев В.В. Требования к структуре и содержанию документации на прикладные программные средства информационных систем. Методическое руководство. –М.: СТАНКИН. 1999.
28. Липаев В.В. Тестирование программных средств. Методическое руководство. – М.: СТАНКИН. 1999.
29. Липаев В.В. Сопровождение и конфигурационное управление версиями сложных программных средств. Методическое руководство. – М.: СТАНКИН. 2000.
30. Липаев В.В. Обеспечение качества программных средств. Методы и стандарты. – М.: СИНТЕГ. 2001.
31. Липаев В.В. Выбор и оценивание характеристик качества программных средств. Методы и стандарты. – М.: СИНТЕГ. 2001.
32. Липаев В.В. Системное проектирование сложных программных средств для информационных систем. Издание второе переработанное и дополненное. –М.: СИНТЕГ. 2002.
33. Липаев В.В. Качество программных средств. Методические рекомендации. – М.: Янус-К. 2002.
34. Липаев В.В. Фрагменты истории развития отечественного программирования специализированных ЭВМ в 50 – 80-е годы. – М.: СИНТЕГ. 2003.
35. Липаев В.В. Методы обеспечение качества крупномасштабных программных средств. – М.: РФФИ. СИНТЕГ. 2003.
36. Липаев В.В. Функциональная безопасность программных средств. – М.: СИНТЕГ. 2004.
37. Липаев В.В. Технико-экономическое обоснование проектов сложных программных средств. – М.: СИНТЕГ. 2004.
38. Липаев В.В. Анализ и сокращение рисков проектов сложных программных средств. – М.: СИНТЕГ. 2005.
39. Липаев В.В. Документирование сложных программных средств. – М.: СИНТЕГ. 2005.
40. Липаев В.В. Сопровождение и управление конфигурацией сложных программных средств. – М.: СИНТЕГ. 2006.
41. Липаев В.В. Процессы и стандарты жизненного цикла сложных программных средств. Справочник. – М.: СИНТЕГ. 2006.
42. Липаев В.В. Документирование в жизненном цикле программных средств. Методические рекомендации. – М.: Янус-К. 2006.
43. Липаев В.В. Программная инженерия. Методологические основы. Учебник. –М.: ГУ-ВШЭ. 2006.
44. Липаев В.В. Отечественная программная инженерия: фрагменты истории и проблемы. – М.: СИНТЕГ. 2007.
45. Липаев В.В. Тестирование крупных комплексов программ на соответствие требованиям. Учебник. – М.: Глобус. 2008.
46. Липаев В.В. Экономика производства сложных программных продуктов. – М.: СИНТЕГ. 2008.
47. Липаев В.В. Человеческие факторы в программной инженерии: рекомендации и требования к профессиональной квалификации специалистов. Учебник. – М.: СИНТЕГ. 2009.
48. Липаев В.В. Сертификация программных средств. Учебник. – М.: СИНТЕГ. 2009.
49. Липаев В.В. Тестирование компонентов и комплексов программ. Учебник. – М.: СИНТЕГ. 2010.
50. Липаев В.В. Экономика производства программных продуктов. Издание второе. – М.: СИНТЕГ. 2011.
51. Липаев В.В. Проектирование и производство сложных заказных программных продуктов. – М.:СИНТЕГ. 2011.
52. Липаев В.В.Очерки истории отечественной программной инженерии 1940-е – 80-е годы. – М.: СИНТЕГ, 2012.
53. Липаев В.В. Проблемы программной инженерии. Лекции ведущих ученых России. Красноярск. СФУ. 2011.
54. Липаев В.В. Надежность и функциональная безопасность комплексов программ реального времени. – М.: Изд. Светлица. 2013.
55. Липаев В.В. Программная инженерия сложных заказных программных продуктов. Учебное пособие. Книга и электронный учебник с электронным дополнением Экономика программной инженерии сложных заказных программных продуктов. – М.: Изд. Макс-пресс. 2014.