

---

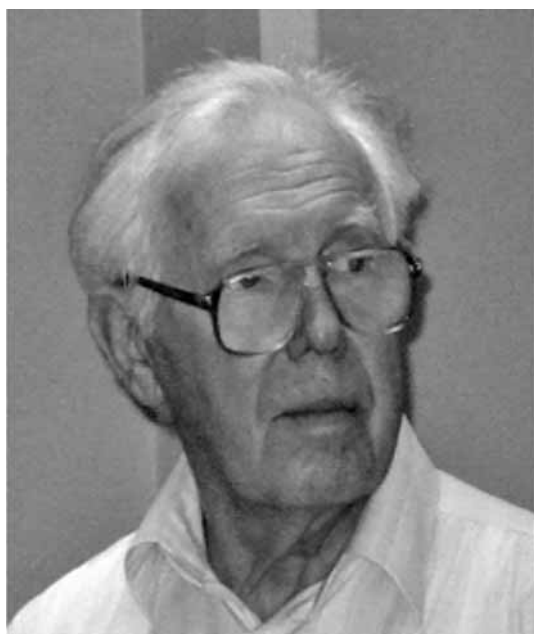
---

**В. А. Васенин**<sup>1</sup>, д-р физ.-мат. наук, проф., e-mail: vassenin@msu.ru,  
**Е. М. Лаврищева**<sup>2, 3</sup>, д-р физ.-мат. наук, проф., гл. науч. сотр., e-mail: lavr@ispras.ru,  
**А. К. Петренко**<sup>1, 2, 4</sup>, д-р физ.-мат. наук, проф., e-mail: a.k.petrenko@gmail.com,  
**Б. А. Позин**<sup>4, 5</sup>, д-р техн. наук, проф., техн. директор, e-mail: bpozin@ec-leasing.ru,  
<sup>1</sup> МГУ имени М. В. Ломоносова,  
<sup>2</sup> Институт системного программирования им. В. П. Иванникова РАН, Москва,  
<sup>3</sup> Московский физико-технический институт,  
<sup>4</sup> НИУ ВШЭ, г. Москва,  
<sup>5</sup> ЗАО "ЕС-лизинг", г. Москва

## Научно-технический вклад В. В. Липаева в инженерию разработки надежных и качественных программных систем

*Статья посвящена памяти одного из основателей инженерии разработки комплексов программ и систем в СССР и в Российской Федерации — Владимира Васильевича Липаева, со дня рождения которого в 2018 г. исполнилось 90 лет. Более 60 лет В. В. Липаев руководил работами по созданию крупных программных комплексов в интересах оборонной промышленности и других стратегически важных отраслей национальной экономики. Одновременно с этим, опираясь на собственный опыт и международные стандарты программной инженерии, он занимался исследованиями и разработкой методологических основ создания и сопровождения больших и сложно организованных программных комплексов на всех этапах их жизненного цикла. В статье представлены краткие сведения о деятельности В. В. Липаева на этих направлениях, о ее результатах и о людях, которые его окружали.*

**Ключевые слова:** программная инженерия, системы и комплексы программ, проектирование, отладка, тестирование программ, надежность и качество программного обеспечения, стандарты



**Владимир Васильевич Липаев (1928—2015)** — профессор, доктор технических наук, ведущий специалист Московского НИИ приборной автоматики (1954—1988 гг.), главный конструктор и председатель координационного совета Министерства радиопромышленности СССР, один из руководителей НТС "Информатизация России" (1988—1994 гг.), главный научный сотрудник Института системного программирования РАН (1995—2015 гг.). Более 30 лет он занимался исследованиями и разработками программного обеспечения для систем военно-промышленного комплекса и технологиями программирования крупных программных комплексов различного назначения. После 1995 г. В. В. Липаев опубликовал серию монографий, учебников и учебных пособий, освещающих базовые методологические принципы создания программных комплексов с учетом отечественного опыта и международных стандартов, а также обеспечения их качества и безопасности. Эти книги заложили основу обучения студентов, аспирантов и начинающих программистов в процессе их подготовки к профессиональной разработке и сопровождению сложных прикладных программных комплексов в промышленности, авиации, медицине и других отраслях экономики.

В 2018 г. исполнилось 90 лет со дня рождения одного из патриархов инженерии программ в СССР и России — Владимира Васильевича Липаева. С начала трудовой и научно-технической деятельности (1954 г.) и до 2015 г. В. В. Липаев руководил разработкой и внедрением программного обеспечения и технических средств различного назначения. В числе таких проектов разработка оборудования для специализированных ЭВМ, комплексов программ в интересах военно-промышленного комплекса (ВПК) страны, создание программных систем общего назначения для вычислительных машин БЭСМ-6, ЕС ЭМ, ИВМ и др.

На базе накопленного опыта на каждом этапе своей научно-производственной деятельности В. В. Липаев формулировал и передавал в виде публикаций специалистам оригинальные концепции, идеи и методы проектирования, отладки и тестирования, обеспечения надежности и качества программных средств и систем. Результаты, полученные командой программистов, которыми он руководил, представлены в научно-технических монографиях до 1992 г., а затем, после распада СССР, в других публикациях до 2015 г. В первой группе работ представлены научные и прикладные положения, которые определяют базовые фундаментальные и оригинальные методы и средства отечественной технологии программирования для разных видов ЭВМ. Во второй группе публикаций представлены методологические основы и положения программной инженерии с учетом международных стандартов ISO, IEC, IEEE и ГОСТ на всех этапах жизненного цикла программных комплексов. Эти положения определяют подходы к разработке, тестированию, обеспечению безопасности, защиты и качества таких комплексов в соответствии с требованиями заказчика. В публикациях В. В. Липаева широко представлены методы и средства создания, тестирования, испытания, оценки качества и сопровождения программных систем, представляющих интерес для разработчиков в самых разных сферах национального хозяйственного комплекса.

#### **Разработка специализированных ЭВМ и оборудования для ВПК (1960—1992 гг.)**

Научно-технические средства и специализированные ЭВМ для ВПК СССР были разработаны по Постановлению Минрадиопрома СССР в Московском НИИ приборной автоматики (МНИИПА) под руководством В. В. Липаева и Б. А. Чичигина. В этот период были созданы такие специализированные ЭВМ, как ПРА-6.0, МАПА, АРГОН, АОУ6 и др., а также военная техника и радиолокационные приборы для наведения на цели противника самолетов, подводных лодок, космических кораблей и др. (Липаев В. В. Фрагменты истории развития отечественного программирования для специализированных ЭВМ в 50—80-е годы. М.: Синтег, 2003. 126 с.).

#### **Характеристика технических средств в ВПК (1946—1970 гг.)**

В период 1946—1970 гг. под руководством В. В. Липаева был разработан комплекс программно-технических средств автоматизированного наведения истребителей-перехватчиков на цели противника.

В задачу комплекса входила защита границ страны от авиации потенциального противника с помощью отечественной радиолокационной техники, а также устройств, снимающих данные с радиолокаторов о самолетах нарушителя по трассе его движения. Для решения этой задачи требовалось создавать приборы и различное физическое оборудование высокой надежности и качества. Проверку их работоспособности, поиск неисправностей и физических недоработок в конструкции оборудования проводили с использованием вероятностных марковских процессов в теории массового обслуживания и надежности. Такой подход позволил обеспечить высокую надежность, безопасность и качество военной техники, управляющей полетами самолетов в воздушном пространстве для охраны государственных границ. В 1954 г. был разработан макет, который полуавтоматически сопровождал движущуюся цель и давал параметры движения с учетом высоты цели и под углом 45° 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;
- надежность систем обработки информации в режиме реального времени, а также решение ряда других задач.

Подготовленный макет сначала проверялся на полигоне Монино в 1955 г., затем был изготовлен опытный образец системы "Каскад", впоследствии вошедшей в систему "Воздух 1". Эта система прикрывала территорию СССР во многих пунктах границы и обрабатывала радиолокационную информацию для управления наведением истребителей. Опытный образец такой системы оказался надежным и эффективным, после чего его начали выпускать серийно для передачи в ряд Европейских стран для наведения на цели движущихся летающих объектов и больших кораблей ВМФ (система "Прибой"). Эта система постоянно развивалась и работает до настоящего времени в виде модифицированных приборов в системах СПЛАВ и КРЫМ.

В 1959—1970 гг. в СССР были разработаны алгоритмы и программы системы противовоздушной обороны, 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 испытаний в максимально близких к реальным условиям движения воздушных объектов и процессах сбора данных о внешней информации системы ПВО, которые моделировались на М-20 (1965 г.). Система "Межа" выпускалась серийно на Ульяновском заводе до 1987 г. и использовалась на всех пунктах от западных границ СССР до Сахалина.

#### **Технологии создания программных средств для ЭВМ ВПК (1979—1989 гг.)**

В апреле 1979 г. Минрадиопром СССР принял решение о создании отраслевой НИР ПРОМЕТЕЙ

(ПРОектирование Математики Единая Технология) для исследования, создания и внедрения автоматизированной технологии разработки программного обеспечения комплексов, работающих в реальном времени на специализированных ЭВМ в оборонной промышленности. Главным конструктором этого проекта был назначен В. В. Липаев. Ставилась задача создать технологии и среду разработки, которая обладала бы высоким качеством, была надежна и безопасна при производстве программ реального времени для систем оборонного назначения. Такая инструментальная среда (система) должна была быть мобильной и применяться на широком классе специализированных и универсальных ЭВМ (БЭСМ, М-20 и др.). Основная цель состояла в том, чтобы на специализированных ЭВМ создать программное обеспечение, основанное на общих принципах разработки, которые используются на универсальных ЭВМ. Для этих целей в рамках ПРОМЕТЕЙ-технологии разрабатывались отдельные системы ЯУЗА, ТЕМП, РУЗА, ДВИНА, ПРОТВА, ОХТА, ПОМПА, ПРА, НАРА и др.

**Система ЯУЗА** (Липаев В. В., Серебровский Л. В.) для использования на ЭВМ БЭСМ-6 была создана коллективом разработчиков. Она включала 400 тысяч команд кода с трудоемкостью разработки 300 чел.-лет. В этой системе программы описывались на традиционных языках программирования (далее — язык программирования) и на автокоде (языке ассемблера), а процесс обработки программ включал:

- трансляцию программ с трех языков программирования;
- стыковку выходных данных программ с общими переменными, которые передавались между этими программами;
- автоматизированную отладку на уровне языка программирования и тестирование машинных программ на языке ассемблера на множестве контрольных данных в целях обнаружения различных дефектов и отказов в созданном программном обеспечении;
- автоматизированный выпуск документации на все компоненты системы.

Для моделирования и имитации нагрузки на системы, которые создавались на основе инструментальных средств системы ЯУЗА, использовался моделирующий комплекс ЭВМ БЭСМ-6 и АС-6. Система ЯУЗА была изготовлена в 1975 г. и передана во многие организации ВПК для создания на ее основе комплекса программ для управления радиолокационным узлом "Основа". Система ЯУЗА была изготовлена с высоким качеством и проработала почти 20 лет на 13 предприятиях оборонной промышленности более чем на 30 типах ЭВМ. Общий объем программного кода этой системы к 1985 г. составил 5 млн команд. В процессе создания системы ЯУЗА была отработана технология проектирования, тестирования, обеспечения надежности и качества такого класса систем. Общие концепции и принципы этой технологии представлены в ряде книг В. В. Липаева (Проектирование математического обеспечения АСУ, 1977; Надежность программного обеспечения АСУ, 1981; Качество программного обеспечения, 1983;

Тестирование программ, 1986 и др.). Эти книги пользовались широким спросом у программистов СССР.

**Система РУЗА** (Липаев В. В., Штрик А. А.) выполняла функции, аналогичные тем, которые представляла ЯУЗА. Однако она имела ряд новых научно-технических идей для машин серии ЕС ЭВМ, бортовой машины АРГОН НИЦЭВТ с системой команд машин ЕС ЭВМ. На этих машинах разрабатывались новые интерпретаторы и кросс-системы, направленные на совершенствование процессов разработки функциональных программ для бортовых ЭВМ ВПК. Были созданы специальные средства автоматизации жизненного цикла систем реального времени, включая процессы разработки, отладки и испытания программ в режиме разделения времени. Полученные в ходе выполнения таких работ результаты опубликованы в работе Каганова Ф. А., Корепанова Б. А., Липаева В. В. и др. Автоматизация проектирования программ для управляющих и микроЭВМ на базе технологической системы РУЗА // Автоматика и телемеханика. 1984. № 7. С. 159—168. Под *системой* в контексте выполнения таких работ понималась совокупность взаимодействующих элементов, работающих совместно для достижения заданных целей. Система РУЗА была иерархически организована. В качестве элементов в ней выступали отдельные подсистемы, каждая из которых функционировала самостоятельно. Однако подсистемы имели возможность связи друг с другом для обмена данными. Так как работа системы зависела от специальной аппаратуры ЭВМ, то формировалась системотехническая технология адаптации отдельных ее модулей, охватывающая отдельные аспекты реализации функций создания и модернизации программных и технических средств подобных систем.

Модули системы специфицировались в специальном макроязыке и в языках программирования типа Автокод, Фортран и др., а данные задавались в форме, принятой для специализированных ЭВМ. Отладку отдельных модулей и подсистем проводили на входном языке методом интерпретации, а тестирование — на машинном языке с помощью наборов тестовых данных, проверяющих правильность выполнения данных функций отдельных модулей и подсистем. Модули комплексировались в подсистемы и систему в целом по методу сборки. Общие данные для взаимодействия модулей и подсистем описывали в специальных модулях — зонах глобальных переменных. Расчет временных характеристик системы осуществляли по графовой модели и таблицам исполнения команд ЭВМ с учетом 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 самолетов и ракет) входили специальные программы. Такие программы обеспечивали гибкую сборку необходимого набора модулей для испытаний отдельных компонентов системы ПВО, а также контроль оборудования, трактов связи, анализа сбоя и устранения их последствий. В модель воздушной обстановки вводились данные о движе-

нии самолетов 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.

**Система ПРОТВА** (Липаев В. В., Позин Б. А.) предназначалась для создания программ, ориентированных на специализированные ЭВМ А30 и А50, с использованием в качестве технологической базы разработки соответствующих ЕС ЭВМ, а также для сопровождения сложных компьютерных программ. Был представлен типовой технологический процесс такой разработки и сопровождения, прошедший государственные испытания. Кроме основных по функциональному назначению трансляции, загрузки и документирования на технологической ЭВМ, система поддерживала следующие процессы жизненного цикла программного обеспечения, разработанного на языках PL/I (с ограничениями на коэффициент расширения компилятора по памяти команд) и на ассемблере:

- планирование трудоемкости и длительности создания программного обеспечения 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 качества программных средств, описания сертификата продукта для передачи пользователям бортовых систем.

Вторая и третья версии системы содержали 16 технологических подсистем различного назначения, автоматизирующих процессы создания и сопровождения комплексов программ, в том числе и размещаемых в постоянной и полупостоянной памяти команд.

В систему ПРОТВА был включен и ряд инструментальных средств, которые позволяли использовать ее для разработки прикладных систем различного назначения на ЕС ЭВМ. Для таких комплексов программ можно было применять средства, расширяющие возможности по автоматизации выполнения различных технологических операций и подпроцессов. Концепция повышения производительности труда методами сборочного программирования, т. е. за счет функциональной и структурной унификации разноязыковых комплексов программ и повторного использования однажды написанных программ и библиотек программ в новых программах с учетом ресурсных ограничений, разрабатывалась в рамках задания на НИР ПРОМЕТЕЙ и была реализована в 11 системах, выпущенных Минрадиопромом. Эта работа была дополнена в том числе за счет автоматизации взаимодействия разноязыковых программ без учета таких ограничений. Для сборки подобных систем из разноязыковых модулей, написанных на таких языках, как Fortran, PL/1, Modula, Algol, Cobol, Prolog, использовалась система АПРОП. Эта система соответствовала концепции сборочного программирования, которая в те же годы также разрабатывалась и в Институте кибернетики АН УССР.

Практически полное отсутствие доступа к иностранной литературе требовало издания переводов

лучших книг по программной инженерии на русском языке. В. В. Липаев активно участвовал в отборе, рецензировании и редактировании передовых зарубежных изданий. Так, по его рекомендации был издан перевод книги Г. Майерса "Искусство тестирования программ".

В рамках работ по проекту ПРОМЕТЕЙ сформировался следующий порядок проведения разработки и сопровождения программных систем и комплексов программ на разных этапах их жизненного цикла:

- определение целей и задач на разработку системы в техническом задании;
- проектирование структуры системы и разработка отдельных ее элементов;
- тестирование элементов и системы в целом;
- комплексирование (сборка) модулей в систему;
- испытания отдельных модулей и системы, составленной из этих модулей, на адекватном множестве данных и тестов;
- оценка надежности и разработка сертификата качества для передачи готового продукта заказчиком и потребителям;
- эксплуатация системы и ее сопровождение;
- снятие системы с эксплуатации (утилизация).

Каждая система автоматизированной разработки программного обеспечения, созданная в рамках программы ПРОМЕТЕЙ, сдавалась в Фонды алгоритмов и программ для широкого распространения среди потребителей из разных сфер национального хозяйственного комплекса. Основные разработчики программы ПРОМЕТЕЙ, комплексов ЯУЗА, РУЗА и ПРОТВА были награждены премией Совета Министров СССР (1985 г.).

Сборочное программирование, реализованное в рамках проектов под руководством В. В. Липаева, поддерживали многие научные коллективы в области программирования (например, Ершов А. П. Опыт интегрального подхода к актуальной проблематике ПО // Кибернетика. 1984. № 1).

### **Задачи информатизации России (1990—1994 гг.)**

После распада СССР научно-технические разработки разных организаций России по технологии программирования сложных программных комплексов и систем обсуждались на научно-техническом Совете "Информатизация России" (1992 г.). В Совет входили 30 ведущих специалистов из различных институтов РАН и других научно-исследовательских организаций России. Целью деятельности Совета было создание новых фундаментальных и технических основ информатизации России. Этим Советом руководили В. В. Липаев, В. П. Иванников, В. К. Левин и др. Советом был подготовлен отчет "Научно-технические основы информатизации России" (Москва, 1992. 151 с.).

К основам информатизации страны в этом отчете были отнесены следующие положения.

1. Экономические и социальные задачи информатизации.
2. Техничко-экономическое развитие рыночной экономики информатизации.
3. Научно-техническое обеспечение информатизации России, которое включало:

3.1. фундаментальные и методологические исследования и разработки информационных технологий и систем;

3.2. технологию и инженерию разработки программных систем;

3.3. обеспечение защиты информации;

3.4. стандартизацию программно-технических средств для создания систем;

3.5. концепцию отбора конкурсных проектов (РФФИ);

3.6. поддержку процессов информатизации системы высшего образования.

4. Развитие инфраструктуры информатизации России.

5. Системный проект информатизации России.

Основные положения научно-технического обеспечения информатизации страны были разработаны:

по п. 3.1 — Фундаментальные и прикладные методологические исследования и разработки информационных технологий и систем (В. П. Иванников);

по п. 3.2 — Технология проектирования программных средств (В. В. Липаев и А. А. Штрик).

В п. 3.1 (В. П. Иванников) были озвучены следующие направления исследований, которые предполагалось выполнить в ближайшие годы:

- алгебраические и логические теории формальных систем;

- анализ параллельных и распределенных систем, языки, логика, модели;

- формальные спецификации и верификация сложных систем;

- парадигмы программирования;

- формализмы представления знаний;

- модели человеко-машинных интерфейсов;

- визуализация в динамических системах и виртуальной реальности.

Важнейшим направлением по информационным технологиям значилось системное программирование, обеспечивающее интерфейс с аппаратурой вычислительных средств и систем. Оно включает: языки программирования и компиляторы; операционные системы; системы управления данными и знаниями; технологические системы поддержки процессов разработки больших программных комплексов; открытые системы, которые, по замыслу авторов, должны базироваться на международных стандартах и обеспечивать совместную работу с другими компонентами.

По п. 3.2 была представлена необходимость решения трех задач:

1) достижение мирового уровня разработок программных систем, выполнение в этой области требований мировых стандартов, введение системы аттестации и сертификации программных продуктов, реализация экономических стимулов создания высококачественных систем;

2) формирование рынка программных систем и услуг по их разработке и сопровождению, поиск источников финансирования и вложение инвестиций в рыночную структуру программного обеспечения даже при отсутствии быстрой прибыли;

3) определение основ программной инженерии как самостоятельной и прибыльной сферы деятель-

ности, сочетающей инвестиции в нее как государственного, так и частного секторов экономики.

Фундаментальные исследования при этом должны были, по замыслу авторов, иметь достаточное для их реализации финансирование. Выход из кризиса планировалось осуществлять путем повышения производительности, применения новых CASE и технологий многократного повторного использования. Многие системы при этом должны были, по мнению авторов, развиваться в виде версий, которые следует использовать длительное время. В целях реализации этих положений было предложено:

- разрабатывать базовые типовые проблемно-ориентированные технологии для основных классов прикладных систем, которые описываются на языках Паскаль, Си, Ада и др.;

- проводить исследования и разработки методов повышения производительности систем на основе сборочного программирования, основанного на принципах многократного использования компонентов четвертого поколения;

- повышать качество создаваемых систем на основе совершенствования процессов разработки и гарантии качества, процедур аттестации и сертификации программных продуктов;

- внедрять перспективные технологии на базе искусственного интеллекта и автоматической генерации машинных программ с языков программирования.

Таким образом, по технологии проектирования программных средств в проекте информатизации России были предложены инфраструктурные решения, которые включали: систему вычислительных средств и сетей для взаимодействия информационных объектов и технологий; программные средства функционирования аппаратных комплексов, информационных и программных средств, баз данных и систем управления ими; систему образования для подготовки национальных кадров, способных решать поставленные задачи. Разработка информационно-вычислительных технологий и систем, согласно этому проекту, должна была основываться на базовых положениях международных стандартов Computer Science по безопасности, надежности и качеству создаваемых комплексов программ и систем.

В следующем отчете этого Совета, который назывался "Научно-технические аспекты развития безопасности и защиты информационных технологий" (Липаев В. В., Левин В. К., Михайлов С. Ф. и др. 1992 г.), давалось описание: математических моделей защиты информации в базах данных и комплексах программ, в каналах передачи данных и в узлах сети; методологии защиты от угроз, атак и несанкционированного доступа; способов обеспечения безопасности информационных технологий и программных систем.

Результатом деятельности Совета явилась реорганизация научных структур, сферы обучения и производства компьютерных систем в целях создания инфраструктуры информатизации в России, обеспечивающей научно-технический прогресс в науке, технике и промышленности. Как один из шагов на этом направлении в 1994 г. был создан Институт системного программирования РАН во главе с В. П. Иванниковым. В 1995 г. в этом институте В. В. Липаев начал работать

в качестве главного научного сотрудника. В его задачи входили исследования в области информатизации, касающиеся программной инженерии, а также вопросы обучения специалистов программной инженерии.

### **Программная инженерия. Основы стандартизации процессов разработки качественных систем (1995—2015 гг.)**

В качестве главной своей задачи В. В. Липаев рассматривал совершенствование отечественной технологии создания сложных и масштабных комплексов программ, формирование методических основ для освоения этой дисциплины студентами в вузах страны, а также развитие ранее созданной в СССР технологии программирования с учетом развивающихся в мире стандартов Computer Science.

За рубежом в 1968 г. на конференции НАТО была определена Software Engineering — Программная инженерия, представляющая собой систему методов и средств планирования и разработки, эксплуатации и сопровождения программного обеспечения. С этих позиций программная инженерия, как сфера деятельности и академическая дисциплина, ориентирована на разработку прикладных и информационных систем разного назначения, которые предназначены для использования во всех областях человеческой деятельности, включая хозяйственную, промышленно-производственную, финансовую и др.

Международные стандарты ISO/IEC, IEEE рассматривают программную инженерию как базовую инженерную дисциплину. С позиций стандартов (Процессы и стандарты жизненного цикла сложных программных средств. Справочник. М.: СИНТЕГ. 2006 г.) В. В. Липаев пересмотрел и с учетом положений этих стандартов уточнил ранее сформированные концепции, принципы и методы по технологии программирования комплексов для ВПК. Он переписал ряд монографий по технологии разработки крупных программных систем, по обеспечению их надежности и качества. В них он с позиций международных и отечественных стандартов разъяснял различные аспекты технологии программирования, способы реализации функциональных возможностей, технологии обеспечения безопасности, надежности и качества программных средств и систем. В основу учебных курсов по программной инженерии им был положен свод знаний программной инженерии SWEBOOK (2001—2014 гг.) и стандарт по процессам жизненного цикла по ISO/IEC 12207—2007. К основным монографиям и учебникам, написанным В. В. Липаевым по программной инженерии в этот период, относятся следующие:

- Липаев В. В. Качество программных систем. М.: Методика, 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;
- Липаев В. В., Позднеев Б. М. Электронный учебно-методический комплекс "Программная инженерия". М., 2012.

В этих монографиях и учебниках В. В. Липаевым даны определения основных положений программной инженерии с учетом российского опыта и международных стандартов ISO/IEC.

Наряду с развитием методов и инструментальных средств, нацеленных на повышение качества программ, в последние годы все более серьезное внимание в стране уделяется развитию и внедрению стандартов обеспечения информационной безопасности. Работы В. В. Липаева по анализу и популяризации этой группы стандартов в настоящее время приобретают особое звучание. Задел, который был создан В. В. Липаевым в этом направлении, актуален и сейчас.

Дополнительной возможностью для пропаганды своих идей, принципов и положений инженерии программ стал для В. В. Липаева основанный в 2009 г. журнал "Программная инженерия". С первых дней существования журнала В. В. Липаев вошел в состав редакционной коллегии и со свойственной ему энергией включился в совершенствование его тематики, в редактирование поступающих в журнал материалов, в подготовку своих статей. За 2009—2015 гг. им было подготовлено и опубликовано в "Программной инженерии" 15 статей. Последнюю из запланированных им статей он закончить не смог по состоянию здоровья. Она, доработанная по его рукописи уже после смерти, была издана в феврале 2017 г. (Липаев В. В. К разработке моделей динамической внешней среды для испытаний сложных программных продуктов // Программная инженерия. 2017. Т. 8, № 2. С. 51—57). Этот факт — еще одно яркое свидетельство преданности В. В. Липаева своей профессии, верности стране и делу, которому он без остатка посвятил всю свою жизнь.

\*\*\*

Научно-техническое наследие В. В. Липаева — работающие в стране системы, монографии, учебники и учебные пособия по проектированию, реализации и обеспечению надежности и качества комплексов программ.

В последних работах В. В. Липаева представлен ряд концепций и идей на перспективу. В их числе разработка и реализация функциональных требований к сложным заказным программным продуктам на всех этапах их жизненного цикла, проведение работ по обеспечению надежности, качества и безопасности современных программных систем и данных. Работы В. В. Липаева по анализу и популяризации этой группы требований в настоящее время приобретают особое звучание.

Владимир Васильевич Липаев — незаурядная и многогранная личность, настоящий патриот своей страны, оставивший глубокий и яркий след в отечественной программной инженерии. Его соратники по работе и ученики, настоящие и будущие специалисты в области создания больших и сложно-организованных программных систем всегда будут хранить память об этом замечательном человеке.