

Развитие идей академика В. М. Глушкова по технологии компьютеров, систем и программ

Статья посвящена 90-летию со дня рождения академика Академии наук Украины и СССР Виктора Михайловича Глушкова, она отражает его вклад в разработку технологии ЭВМ, компьютерных систем и программ. В 1970-х годах он предвидел, что появятся фабрики по созданию компьютеров, систем и программ, которые будут работать по принципу сборки, как в автомобильной промышленности на заводах Г. Форда. Со временем его предвидение оправдалось. Развивая концепцию сборки Глушкова, автор формализовала технологию сборки разнородных модулей в сложные программы и дала классификацию новых дисциплин, способствующих более наукоемкому и обоснованному созданию качественных программных продуктов для массового использования.

Ключевые слова: технология программирования, технология компьютеров, систем и программ, фабрики программ, индустрия, методы и инструменты

E. M. Lavrishcheva

Development of Academics Ideas of V. M. Gluchkov from the Technologies of Computers, Systems and Programs

An article is dedicated to 90-year of birth day of academician of NAN Ukraine and USSR Victor Michailovich Gluchkov, to his deposit in development of technology of ECM, computer systems and programs. In the 70-years of past century he foresaw, that the factories of computers, systems and programs, which will work on principle of assembling will appear, as in motor-car industrial factory of Ford. In course of time his foresight were justified. Offered them technologies are adequate to technologies, which appeared simultaneously in Computer Sciences. One of technologies — Software Engineering technology of programming is identical. Developing the Gluchkov's ideas, the author realized the technology of assembling ready components for the heterogeneous systems and gave a new classification of SE disciplines, oriented on industry of software products on the factory.

Keywords: technology of programming, technology of computers, systems and programs, factories of the programs, industry, methods

Академик Виктор Михайлович Глушков посвятил свою жизнь созданию отечественной кибернетической школы. Он оставил много парадигм, которые стали основой для формирования новых современных научных направлений, а также концептуальных положений, в значительной степени определивших последующее развитие кибернетики и информатики. Его ученики Ю. В. Капитонова и А. А. Летичевский к 80-летию В. М. Глушкова написали монографию [1], в которой выделили семь научных парадигм Глушкова: математическая теория проектирования ЭВМ; самоорганизация и совершенствование компьютерных систем; теория доказательства теорем, алгебраическое программирование для вычисления математических за-

дач; принципы и методы построения информационных систем, автоматизированных систем управления (АСУ) и АСУ технологическими процессами (АСУ ТП); искусственный интеллект и концепция повышения внутреннего языка ЭВМ до уровня интеллекта человека; принципы диалогового взаимодействия человека с компьютерной и информационной средой; экономические модели и пути их совершенствования в системах управления.

К списку перечисленных парадигм относится и технология ЭВМ, систем и программ, которую академик В. М. Глушков определил в 1960-х гг., как повышение уровня программирования вычислительных задач на ЭВМ и позже как сборочный конвейерный



Академик Виктор Михайлович Глушков

способ постепенного перехода от ремесленного к промышленному производству компьютеров, систем и программ. Автор данной статьи работала непосредственно с В. М. Глушковым по проблематике технологии создания сложных систем и многие годы развивает его сборочный тезис. Технологию он считал двигателем прогрессивного развития любой науки, в том числе теории создания ЭВМ и программного обеспечения ЭВМ и автоматизированных систем (АСУ, АСУ ТП, САПР и др.).

Под руководством В. М. Глушкова в 1957 г. в Институте кибернетики Академии наук Украины начали создавать новые ЭВМ, теории и технологии, связанные с ними, в их числе:

- теория построения ЭВМ, вычислительных машин для инженерных расчетов "Мир", ЭВМ для управления технологическими процессами предприятий, машин со схемной интерпретацией языков программирования "Украина", интеллектуальных, мозгоподобных ("умных"), рекурсивных, макроконвейерных многопроцессорных машин и др.;

- методы автоматизации процессов создания системного программного обеспечения новых ЭВМ (операционные системы, трансляторы, редакторы и подобные им), больших программных систем, пакетов прикладных программ разного назначения (математического, экономического, транспортного и др.);

- теория и практика АСУ в целом и АСУ ТП на предприятиях СССР как общегосударственной сети управления предприятиями, оборудованными ЭВМ и устройствами сбора, обработки данных на автоматизированных рабочих местах (АРМ).

Виктор Михайлович Глушков рассматривал технологию создания ЭВМ как комплексное проектирование вычислительных систем, технических средств и их базового математического и системного обеспече-

ния. Именно по такой технологии разрабатывалась серия машин "Мир" ("Мир-1", "Мир-2", "Мир-3") для инженерных расчетов с использованием математических методов, формульных алгебраических преобразований, математического доказательства теорем. В это время у В. М. Глушкова возникли концепция интеллектуальной "умной" (мозгоподобной) машинной структуры, частично промоделированной в проекте машины "Украина" [2—4] и позже в программно-техническом комплексе "Маяк" (1985—1991 гг.), а также концепция управляющих ЭВМ для АСУ и АСУ ТП, нашедшая отображение в управляющей машине "Днепр-1" (1962—1964 гг.) и в управляющем вычислительном комплексе (УВК) "Днепр-2" (1965—1969 гг.) [5, 6].

Технологии ЭВМ

При изготовлении первой ЭВМ под руководством академика С. А. Лебедева сформировалась технология проектирования и изготовления *универсальных* ЭВМ. Она совершенствовалась в плане унификации элементной базы и методов сборки отдельных элементов в более сложные структурные компоненты ЭВМ. По этой технологии изготавливались в СССР такие ЭВМ, как МЭСМ, Стрела, БЭСМ, М-20 и др. В совместной работе В. М. Глушкова и В. А. Мясникова были предложены новые виды рекурсивных, микро- и макроконвейерных ЭВМ с новой элементной базой для организации высокопроизводительных вычислений, решения сложных математических и народнохозяйственных задач.

Принципы построения высокопродуктивной суперЭВМ макроконвейерного типа и реализации на ней семейства языков программирования для проектирования вычислительных систем В. М. Глушков обосновал на конференции в Новосибирске (1979 г.) и опубликовал в журнале "Кибернетика", 1981, № 1. Эти концепции и принципы были реализованы (1985—1991 гг.) коллективом отдела В. М. Глушкова (А. А. Летичевский, Ю. В. Капитонова, Г. И. Горлач, Н. М. Мищенко, С. С. Гороховский и др.) в системе "МАЯК" на макроконвейере ЭВМ ЕС 2701, который был принят Государственной комиссией СССР для задачи ядерного взрыва (1990 г.). На этих идеях построены высокопроизводительные многопроцессорные кластеры СКИТ-3 (2010 г.) и СКИТ-4 (2013 г.) для организации больших вычислительных задач и современный интеллектуальный комплекс "Инпарком" (1987—2013 г.).

Тезис конвейерной сборки сложных программ из готовых программных заготовок с использованием фондов алгоритмов и программ В. М. Глушков высказал на научном семинаре института (1975 г.). Этот тезис сначала получил развитие в системе АПРОП [7, 8], далее — в сборочном программировании и на линиях сборки компьютерных продуктов (машин и систем) на фабриках по производству компьютеров и программ для массового применения [9].

Базовые принципы построения управляющих машин с набором новых устройств и средств для связи с внешними производственными объектами с приоритетным управлением или с использованием устройства сбора и обработки данных в АСУ и АСУ ТП реализованы в УВК "Днепр-2" (1965—1969 гг.) [5, 6].

Перспективной тенденцией В. М. Глушков считал переход от однопроцессорных фоннеймановских ЭВМ к многопроцессорным и "умным" интеллектуальным структурам машин [1—4].

Первым шагом на пути создания таких "умных" машин была серия машин для инженерных расчетов "Мир". В ней схемно и программно реализован новый алгебраический язык "Аналитик" для проведения аналитических преобразований, доказательства теорем и решения задач численно-аналитическими методами. На настоящее время на заводе ВУМ (г. Киев) совместно с германскими специалистами изготовлена к 90-летию Глушкова новая интеллектуальная машина, развивающая серию "Мир-3" [10, 11]. Она выполнена под руководством известного специалиста Института кибернетики И. Н. Молчанова. В эту машину встроены программы решения систем линейных, нелинейных, интегральных и дифференциальных уравнений, численного интегрирования задач Коши, краевых задач, кратных интегралов и др. Машина разработана в составе "знание-ориентированного" комплекса "Инпаркком". Этот комплекс обеспечивает реализацию новых математических методов и организацию параллельных вычислений для решения сложных математических задач с помощью встроенных методов, описанных в статье И. Н. Молчанова из сборника [11].

Язык "Аналитик" и в наше время постоянно развивается в Институте математических машин и систем НАН Украины. В нем активно используют методы компьютерной алгебры, ориентированной на создание математических моделей для исследования технических, компьютерных объектов и процессов обработки информации [4, 12].

Новым по меркам 1970-х гг. видом ЭВМ для управления технологическими процессами на промышленных предприятиях стал УВК "Днепр-2" [6]. Для него было реализовано оригинальное общесистемное программное обеспечение, необходимое для организации разработки систем управления и проведения вычислений задач, возникающих на автоматизированных промышленных предприятиях. В частности:

— ОС с диалоговым, многопультным режимом разработки, отладки, выполнения программ и управления вычислениями со сбором и обработкой данных в реальном масштабе времени (разработчики Г. Я. Машбиц, В. И. Конозенко, Е. И. Калайда и др.);

— трансляторы с языков Автокод, АЛГАМС и КОБОЛ (разработчики Е. М. Лаврищева, Л. П. Бабенко, Е. Л. Ющенко и др.), разработанные на основе нового СМ-метода анализа программ [7, 8] с табличным представлением грамматик языков программирования и положивший начало построению синтаксисо-семантических управляемых трансляторов. СМ-метод¹ яв-

ляется усовершенствованием известного метода синтаксического контроля Замельсона и Бауэра. С помощью СМ-метода реализованы семантика общего арифметического блока транслятора АЛГАМС и КОБОЛ (разработчики Л. Г. Усенко и С. Л. Берестовая), компилятор с подмножества языка SQL в ГДР (1972 г.) и др.

Техническое и математическое обеспечение УВК "Днепр-2" описано в документации на систему (общее описание, руководство программиста, инструкции и др.). Это обеспечение прошло успешные испытания в государственной комиссии (1967 г.) под председательством директора Вычислительного центра АН СССР академика А. А. Дородницына.

УВК "Днепр-2" был представлен на Первой международной выставке ЭВМ в Москве в 1969 г. Огромный интерес к комплексу проявили специалисты в области вычислительной техники из США, Франции, Германии (IBM, CDC, CDS, Bull Jeneral Electric и др.). Им хотелось получить от разработчиков этого комплекса, которые выступали в роли экскурсоводов, новые сведения, понять оригинальные идеи, реализованные в его архитектуре (концепцию прерывания, средств связи и управления объектами предприятий, режим разделения времени и др.).

После этой выставки был подписан контракт по поставке УВК "Днепр-2" (вычислительный комплекс "Днепр-21" и управляющий комплекс "Днепр-22") для построения АСУ ТП управления прокатом металла на металлургических комбинатах (г. Берлин, г. Лейпциг). Во внедрении и реализации АСУ ТП принимали участие разработчики комплекса и программного обеспечения [2, 5, 6]. Виктор Михайлович Глушков был членом межгосударственной программы ГДР и СССР по внедрению УВК "Днепр-2" в вычислительных центрах ГДР и по разработке АСУ ТП для металлургии на его основе. Он практически руководил данным проектом, который был успешно выполнен. Комплекс "Днепр-2" был надежной программно-технической базой АСУ ТП для управления металлургическими комбинатами ГДР до 1991 г.

По результатам создания ОС, системы программирования для УВК "Днепр-2" и системы управления процессами обработки данными в реальном времени работы АСУ ТП основные разработчики от института Кибернетики защитили кандидатские диссертации: Е. М. Лаврищева — "СМ-метод анализа языка Автокод и АЛГАМС"; Л. П. Бабенко — "Транслятор с языка КОБОЛ"; В. И. Конозенко — "Принципы реализации многопультной и диалоговой отладки программ и решения задач"; Кухарчук А. Г. — "Принципы построения управляющего комплекса "Днепр-21" и вычислительного комплекса "Днепр-22". Научные результаты, полученные при выполнении этого проекта, вошли в сокровищницу мировой компьютерной науки [4, 5, 10, 11].

¹ См. статью E. M. Lavrishcheva and E. L. Yushchenko. A method of analyzing programs based on a machine language, URL: http://link.springer.com/article/10.1007%2F978-3-642-01068-4_91

Технологии автоматизированных систем

Теория построения АСУ была изложена В. М. Глушковым в его монографиях [2, 3], которыми руководствуются многие специалисты и в настоящее время. В 1970-х гг. В. М. Глушков уделял огромное внимание созданию первых АСУ в Украине, Болгарии и ГДР. По его методологии создавались АСУ и информационные системы, к числу которых относятся АСУ ТП Лисичанского химкомбината, Донецкого горно-обогатительного комбината, Львовского телевизионного завода, металлургического комбината ГДР и других предприятий.

Виктор Михайлович Глушков в 1974 г. предложил Кабинету министров СССР проект системы для объединения и централизованного управления всеми автоматизированными системами СССР, в том числе проект объединения АСУ промышленных предприятий страны в общую государственную автоматизированную систему — ОГАС [2, 11]. Тогда этот проект не был поддержан, так как требовал огромных финансовых ресурсов на его реализацию. Следует отметить, что идеологически проект ОГАС, по мнению автора, предвосхитил появление Интернет. Основы теории управления и построения информационных систем (ИС) были изложены В. М. Глушковым в его последней монографии "Безбумажная информатика", продиктованной им в больнице (октябрь 1981 г. — январь 1982 г.) [3]. Многие идеи, принципы и методы В. М. Глушкова были устремлены в будущее. Они развиваются его последователями — учеными и практиками с учетом новых условий, которые предоставляют Интернет и возможности современных общесистемных сред (IBM, MS.Net, Grid и др.). В период глобальной информатизации и компьютеризации методы В. М. Глушкова получили дальнейшее развитие в системе электронного документооборота Академии педагогических наук Украины. По материалам идей, связанных с развитием ИС и систем документооборота в государственных органах управления, разработан учебник для студентов высших учебных заведений. В нем изложены основополагающие идеи В. М. Глушкова в ИС, новые современные подходы к обработке деловой информацией и управлению ИС через систему Интернет (см. <http://lib.iitta.gov.ua/view/creators>).

Технология создания программных продуктов

Появлению современной технологии создания программного продукта предшествовало программирование для решения разных математических задач на первых ЭВМ. Описание программ выполнялось машинным языком, адресным языком Е. Л. Ющенко и языками программирования четвертого поколения, включая Ассемблер, Algol-60, Fortran, PL, Модуля, Ада и др. Для их практического использования разрабатывались соответствующие программы для ЭВМ. Идеи и концептуальные положения автоматизации

программирования были в центре внимания зав. отделом ИК АН УССР Е. Л. Ющенко. Вместе с аспирантом Г. Е. Цейтлиным им были разработаны теоретические аспекты использования алгебраических методов В. М. Глушкова в программировании, концептуальные положения синтаксического и семантического анализа языков программирования, система алгоритмических алгебр (САА) на основе теории автоматов Глушкова (1972 г.) [10, 12]. В этих работах представлена формальная теория универсальных алгебр, автоматных и алгоритмических САА, контекстно-свободных языков программирования и метаязык СМ-грамматик для реализации семантических программ трансляторов. Первые работы в области теории программирования были выполнены А. П. Ершовым, Г. Е. Цейтлиным и Е. Л. Ющенко [10] и опубликованы повторно, в том числе и на английском языке. Отметим, что Г. Е. Цейтлин постоянно развивал САА, создал теорию алгоритмики, подготовил более десяти кандидатов наук и реализовал систему Мультипроцессист, основанную на идее многопроцессорности компьютеров Глушкова.

В 1975 г. В. М. Глушков предложил перспективный сборочный способ для постепенного перехода от "ремесленного" производства к промышленному выпуску компьютеров, программ и аппаратно-программных систем. Индустрия компьютерных программ, по его замыслу, должна была базироваться на технологических линиях конвейерного изготовления продуктов. Технологии создания компьютеров, информационных и программных систем он считал движущей силой прогресса фундаментальных кибернетических и компьютерных наук.

В работе [12] В. М. Глушков сформулировал три перспективных направления технологии программирования:

- модульная система автоматизации производства программ по методу сборки (АПРОП) программных заготовок-модулей в сложные системы [7, 8, 13];
- метод формализованных технических заданий для проектирования сложных программных комплексов с использованием семейства алгоритмических языков для описания отдельных блоков систем на уровнях последовательной детализации компьютерного проекта Маяк [2];
- Р-технология программирования для автоматизации конструирования структур программ и данных для программно-технических систем средствами графического Р-языка.

В результате поисковых и прикладных исследований на этих научных направлениях были разработаны новые методы, технологии и инструментальные средства. К их числу относятся: Р-технология и стандарт Р-языка в ISO/IEC (И. В. Вельбицкий [14]); метод сборки разнородных модулей в АПРОП; технология систем и пакетов прикладных программ, отдельные пакеты программ математического, экономического, статистического типов (И. В. Сергиенко, А. С. Стукало, И. Н. Редько и др. [15]). Этими работами был внесен

существенный вклад в теорию и практику индустрии создания программных продуктов в СССР на основе метода сборки, сформулированного В. М. Глушковым и реализованного в АПРОП ЕС ЭВМ [7, 8, 13].

Сформировалась технология программирования и новый вид программирования — сборочное программирование для объединения разноязыковых модулей средствами системы АПРОП. Такая система разрабатывалась по договору с Институтом приборостроения (г. Москва) в составе технологии создания программ для бортовых систем "ПРОТВА", которая реализовывалась под руководством В. В. Липаева [16]. Главное нововведение системы АПРОП — интерфейс (межмодульный, межъязыковый и технологический) [8, 13, 17], а также библиотека интерфейсных функций преобразования нерелевантных типов данных, описанных на разных языках и платформах. Впервые автором было определено понятие интерфейса и языка его описания (1976 г.) в проекте АПРОП [7]. Идеи обеспечения связи разноязычных модулей в АПРОП во многом опередили появление зарубежных языков интерфейсов (MIL API, IDL, SIDL и др.). Интерфейс начал использоваться в процессе создания новых программных систем из модулей. Понятие "интерфейс" стало общепризнанным после международной конференции "Интерфейс СЭВ-1987".

Технология сборочного программирования начала формироваться при В. М. Глушкове как средство программирования и сборки сложных прикладных систем, а также семейств трансляторов. Основные положения этой технологии были связаны с выделением общих средств в языках программирования операционной системы единой системы ЭВМ (ОС ЕС), их программной реализацией и сборкой из них трансляторов в системе "Терем" в отделе В. М. Глушкова. В этой системе методом сборки разработанных общих компонентов языковых процессов в классе языков ОС ЕС реализовано семейство языков МАЯК [18].

Становление в СССР сборочного программирования поддерживали академик АН СССР А. П. Ершов [19] и проф. В. В. Липаев в проекте "ПРОТВА" [16]. А. П. Ершов считал, что сборочное программирование эффективно, поскольку готовые программные модули позволяют быстро решить многие задачи из определенной проблемной области.

В дальнейшем сборка стала важным технологическим решением для индустрии создания программных продуктов. Это обстоятельство было подтверждено защитой в 1989 г. автором настоящей статьи докторской диссертации "Методы, средства и инструменты сборочного программирования".

Таким образом, сборочное программирование сложных систем из готовых программных модулей было де-факто сформулировано как новый подход к программированию и, в соответствии с концепцией академика В. М. Глушкова, как основа фабрик для конвейерной разработки программ.

Индустриальная технология сборки программных продуктов

Методика создания технологических линий (ТЛ) предложена учениками В. М. Глушкова, включая автора, в 1987 г. [20]. Она апробирована на шести линиях автоматизированной ИС "Юпитер-470" Института кибернетики АН УССР для военно-морского флота СССР (1983—1991 гг.). Эти ТЛ стали первой практической реализацией идеи сборки ТЛ из процессов и операций, которые отображаются в маршрутной схеме ТЛ.

Фабрики программ разрабатывают как инфраструктуру создания в промышленном режиме программных продуктов с заданными функциями, структурой и качеством. В основе фабрики — большое число разного рода готовых к использованию ресурсов и средства разработки из них продуктов различного уровня сложности и назначения. Основные механизмы фабрики — ТЛ, задающие порядок разработки сложной продукции из готовых ресурсов, которые находятся в хранилище (складе) фабрики или, при необходимости, подбирают из разных библиотек и репозитариев Интернет.

Исходя из опыта автоматизированной сборки разнородных программ в АПРОП и анализа современных зарубежных фабрик индустриального типа [21], автор сформулировала общий набор элементов, которые характеризуют любую фабрику программ:

- готовые ресурсы (артефакты, программы, сервисы, многократные компоненты и т. п.);
- спецификаторы интерфейсов (паспортных данных готовых программных ресурсов), которые описывают в одном из языков интерфейса (IDL, API, SIDL и др.);
- операционная среда, которая содержит программные средства и инструментарий для системной сборки разнородных ресурсов;
- технологические и продуктовые линии производства программной продукции;
- метод проектирования, разработки и сборки готовых ресурсов;
- сборочный конвейер производства программ [21—23].

Следует отметить, что к настоящему времени сложились необходимые условия для решения научных и технических задач в рамках Европейских проектов Grid. В рамках этих проектов функционируют фабрики программ системного и прикладного характера с представленными выше элементами производства программных продуктов [24—27].

Построение ТЛ выполняется на этапе технологической подготовки работ для создания специальной схемы линии (технологического маршрута) с помощью процессов и операций, которые обеспечивают продуцирование элементов системы средствами языков программирования или комплекса соответствующих средств [27, 28]. Линии комплектуют из процессов ТЛ, которые отвечают задачам реализации будущей предметной области, стандартных инструментальных средств, технологических модулей и комплекса соот-

ветствующего нормативно-методического обеспечения. При этом могут дополнительно подбираться готовые прикладные ресурсы, инструментальные средства для реализации отдельных функций или элементов программ. Согласно положениям SWEBOOK процессами являются анализ требований, конструирование, разработка, тестирование, эксплуатация и модернизация. С помощью соответствующих технологических ресурсов их поддержки и видов обеспечения формируется технологический маршрут линии для выполнения отдельных задач разработки и сборки программных продуктов.

Все ресурсы и процессы связаны между собой технологическим маршрутом, который устанавливает порядок операций и процессов, выполняемых разными видами обеспечения (информационным, методическим, математическим и программным). На конечной операции маршрута выполняется операция оценивания качества продукта по принятой методике. Набор процессов формируется с учетом международных стандартов ISO/IEC 12207—96, 2007 и ГОСТ 3918—99. Процессы ТЛ описывают специальным языком со ссылками на соответствующие инструментальные средства, технологические модули и правила управления деятельностью специалистов по выполнению отдельных операций таких процессов.

Построенные ТЛ стали первым вариантом промоделированного сборочного конвейера Глушкова. С помощью ТЛ было создано более 500 программ обработки данных для разных объектов автоматизированной ИС "Юпитер".

Позже (2004 г.) появился альтернативный подход — линии продуктов Института программной инженерии США (http://sei.cmu.edu/productlines/frame_report/). Этот подход основан на интеграции ранее разработанных программных продуктов в семейство продуктов с помощью модели характеристик, общей для членов этого семейства. Подход используется при коммерческой сборке готовых программных продуктов, которые написаны на "старых" традиционных языках программирования. Такие продукты, как правило, сложны для понимания и их трудно модифицировать и эксплуатировать. По этой причине инициаторы этого подхода выдвинули концепцию вариабельности программного продукта (способности продукта к изменениям, адаптация продукта). Согласно ее положениям, к уже созданным продуктам применяют методы реинженерии и реверсной инженерии программных продуктов. Такие методы помогают решать некоторые вопросы, обусловленные сложностью больших программных продуктов, созданных с использованием традиционных технологий. Уменьшению сложности реализации больших программ может способствовать их сборка из готовых стандартизованных программных элементов и объектный подход Г. Буча. В подобной сборке могут быть использованы готовые ресурсы, находящиеся в репозиториях фирм производителей программных продуктов или в сети Интернет. Использование этих подходов значительно упрощает

разработку больших систем и снижает сложность их реализации.

Следует отметить, что объектно-ориентированные языки программирования (ООП) и системы программирования в современных операционных средах еще не получили должного распространения в режимах промышленной реализации. Более распространенным подходом при производстве больших систем стал сборочный конвейер — *continuous integration* М. Фаулера (2007 г.), который поддерживается в ряде коммерческих проектов компании ЕПАМ. Такие продукты не способны к автоматизированному управлению изменениями, так как создаются не с использованием ООП, а традиционными методами.

Хотелось бы отметить, что вопросу индустрии программных и информационных систем большое внимание уделяет правительство Украины. По его инициативе и при поддержке 17—18 ноября 2011 г. и 25—27 октября 2012 г. были проведены два международного конгресса по инфраструктуре электронного правительства и индустрии программных продуктов. Отмечено, что эта индустрия развивается в основном зарубежными фирмами, которых в Украине более 1000. Они создают продукты силами студентов университетов и институтов. Такие продукты находят потребителей, в том числе и в Украине [28]. На конгрессе поддержана концепция отечественной сборочной технологии и продемонстрирована экспериментальная студенческая фабрика программ Киевского национального университета им. Т. Шевченко (КНУ).

Анализ фабрик программ показал [28, 29], что в мире разработан спектр технологий, претендующих на индустрию программных продуктов. Это мульти-технология К. Чернецкого и К. Айзенекера с лейтмотивом "от ручного труда к конвейерной сборке"; технология И. Бея с автоматизированным взаимодействием разноязычных программ; потоковая сборка — *use case UML*-фабрики программ Дж. Гринфильда (США), Г. Ленца (Германия) и С. Авдошина (Россия); сборочный конвейер М. Фаулера и компании ЕПАМ и др. Общее, что их объединяет — линии (схемы) сборки различных видов программ для массового использования. Для поднятия уровня индустриального производства программных продуктов в отделе "Программная инженерия" Института программных систем НАН Украины (ИПС НАНУ) в рамках фундаментальных проектов и диссертационных исследований были разработаны следующие новые теоретические положения и технологии [21, 22, 30—32]:

- объектного моделирования предметных областей с использованием теории Г. Буча и определения новых функций объектного анализа и алгебры операций;
- компонентного проектирования программных систем с помощью оригинальных моделей компонентов, сред и систем, а также внешней и внутренней компонентной алгебры;
- моделей и методов генерации, трансформации и конфигурации готовых компонентов с точками вариантов в интерфейсах в вариабельные и интеропера-

бельные семейства систем для выполнения в гетерогенных средах [31];

- сервисно-компонентного проектирования распределенных прикладных систем с использованием моделей SOA и SCA;

- онтологического представления жизненного цикла (ЖЦ) программной системы стандарта ISO/IEC 12207, общих типов данных стандарта ISO/IEC 11404 для их реализации в целях генерации новых вариантов ЖЦ и данных для конкретных предметных областей;

- тестирования отдельных элементов программ и процессов, а также их оценки на зрелость по модели CMM и качества по стандартным моделям качества.

Основные аспекты технологий представлены линиями (спектром линий) в инструментально-технологическом комплексе (ИТК) ИПС. Каждая из этих линий повышает производительность изготовления как отдельных элементов продукта, так и продукта в целом, улучшает условия работы исполнителей, сокращает число сборщиков и снижает себестоимость выпускаемой продукции [22].

Фабрика программ к 90-летию академика В. М. Глушкова

Концепция сборочного конвейера Глушкова реализована с участием студентов факультета кибернетики КНУ и МФТИ в виде экспериментальной фабрики программ (URL: <http://programsfactory.univ.kiev.ua>). Автор осуществляла научное руководство реализацией этого проекта на практических занятиях.

Министерством образования Украины в соответствии с программой Curricula-2004 в 2006 г. было введено обучение студентов вузов Украины по дисциплине "Программная инженерия" наряду с курсом "Технология программирования" [22, 33, 34]. Студенты КНУ и филиала кафедры МФТИ изучают основы этих дисциплин с помощью электронного учебника, представленного студентами на веб-сайте фабрики. Они выполняют лабораторные работы по тематике технологии программирования программной инженерии [24, 26, 35]. Для обучения студентов программной инженерии автором разработаны учебники на русском и украинском языках [20, 33, 34]. Ряд студентов приняли участие в разработке фундаментального проекта ИПС НАН Украины по теории и технологии программных продуктов (2002—2011 гг.). В рамках проекта разработаны новые теоретические положения объектного, компонентного, генерирующего программирования. Усовершенствована практика разработки систем из объектов, компонентов и сервисов на фабриках. Отдельные результаты этой деятельности представлены в журнале "Кибернетика и системный анализ" и переведены на английский язык [9]. По итогам конкурса учебников по программной инженерии, проведенной фирмой Майкрософт-МГУ в Москве в 2006 г., учебник Е. М. Лаврищевой и В. А. Петрухина [33] опубликован при поддержке Министерства обра-

Страна или регион	Посещения	Посещения, %
1. Ukraine	714	61,93 %
2. Russia	291	25,24 %
3. Kazakhstan	25	2,17 %
4. Belarus	24	2,08 %
5. (not set)	22	1,91 %
6. India	11	0,95 %
7. United States	9	0,78 %
8. Moldova	6	0,52 %
9. Germany	5	0,43 %
10. Latvia	5	0,43 %

[просмотреть весь отчет](#)

Google-статистика веб-сайта ИТК (II квартал 2013 г.)

зования России и представлен в Интернете на сайте www.intuit.ru

Фабрика программ демонстрировалась на ряде международных конференций [29, 36, 37]. Она включена в состав комплекса ИТК ИПС веб-сайта <http://sestudy.edu-ua.net>

Фабрика оборудована линиями, созданными студентами. В их числе технологии программирования на языках C#VS.Net, Java; построения программных артефактов и компонентов для информационных и программных систем, их сертификация согласно стандарту W3C и сохранение в репозитории; сборки готовых компонентов и компонентов повторного использования (КПИ) в сложные структуры программных систем; трансформации передаваемых типов данных между КПИ; метрического анализа и оценки качества составных элементов и программных систем, обеспечивающие взаимодействие систем между собой (VS.Net-Java, Java-Corba, VS.Net-Corba); поддерживающие процессы обучения теоретическим и прикладным аспектам программной инженерии по электронному учебнику. С декабря 2011 г. к фабрике обратилось более 10 000 пользователей из разных стран (см. рисунок).

Участвующие в работе по этой тематике студенты выполнили дипломные работы, написали магистерские диссертации и статьи [23, 28, 37, 38].

С участием студентов фабрика ИТК пополнена такими новыми линиями, как генерация прикладных систем в языке DSL (Domain Specific Language); онтология ЖЦ стандарта ISO/IEC 12207, трансформация общих типов данных GDT стандарта ISO/IEC 11404 к фундаментальным типам данных FDT; веб-сервисы для построения распределенных программных систем из готовых ресурсов, включая сервисы.

Результаты развития идей В. М. Глушкова

Технология программирования, инициированная академиком В. М. Глушковым, стала главной стратегической линией исследований и разработок отдела

Программная инженерия" (с 1980 г.) в ИПС НАН Украины. Сотрудниками отдела, аспирантами и студентами сформулирован ряд новых научных концепций и методов, используемых в технологии программирования (на основе которых написаны пять кандидатских и одна докторская диссертация), опубликовано более 50 статей. Веб-сайты ИТК ИПС и фабрики программ уникальны в плане представления фундаментальных основ понятия "Программная инженерия" и реализации концепций, моделей, методов и технологий создания программных систем.

Список литературы

1. Капитонова Ю. В., Летичевский А. А. Парадигмы и идеи академика В. М. Глушкова. Киев: Наукова думка, 2003. 355 с.
2. Глушков В. М. Кибернетика, ВТ, информатика (АСУ). Избр. тр. в 3-х томах. Киев: Наукова думка, 1990. 262 с., 267 с., 281 с.
3. Глушков В. М. Основы безбумажной информатики. М.: Наука, 1982. 552 с.
4. Системы компьютерной алгебры семейства АНАЛИТИК. Теория, реализация, применение: сб. науч. тр. / под ред. А. А. Морозова, В. П. Клименко, А. Л. Ляхова. Киев: НПП Интерсервис, 2010. 762 с.
5. Лаврищева Е. М., Никитин А. И., Усенко Л. Г. и др. АКД — Автокод машины "Днепр-2". Киев: Ин-т кибернетики АН УССР, 1969. 97 с.
6. Управляющая вычислительная система "Днепр-2" / под ред. А. Г. Кухарчука и В. М. Египко. Киев: Наукова думка, 1972. 260 с.
7. Глушков В. М., Лаврищева Е. М., Стогний А. А. и др. Система автоматизации производства программ (АПРОП). Киев: Ин-т кибернетики АН УССР, 1976. 134 с.
8. Лаврищева Е. М., Грищенко В. Н. Связь разноразрядных модулей в ОС ЕС. М.: Финансы и статистика, 1982. 127 с.
9. Lavrischeva K. M. Theory and practice of software factories // Cybernetics and Systems Analysis. 2011. Vol. 47, Is. 6. P. 961—972.
10. Глушков В. М., Цейтлин Г. Е., Ющенко Е. Л. Алгебра. Языки. Программирование. Киев: Наукова думка, 1974. 318 с.
11. В. М. Глушков: прошлое, устремленное в будущее. Сб. трудов. Киев: Академперіодика, 2013. 290 с.
12. Глушков В. М. Фундаментальные основы и технология программирования // Программирование. 1980. № 2. С. 3—13.
13. Лаврищева Е. М., Грищенко В. Н. Сборочное программирование. Киев: Наукова думка, 1991. 213 с.
14. Вельбицкий И. В., Ходаковский В. Н., Шолмов Л. И. Технологический комплекс автоматизации программ на машинах ЕС ЭВМ и БЭСМ-6. М.: Финансы и статистика, 1980. 253 с.
15. Редько В. Н., Сергиенко И. В., Стукало А. И. Пакеты прикладных программ. Киев: Наукова думка, 1992. 317 с.
16. Липаев В. В., Позин Б. А., Штрик А. А. Технология сборочного программирования. М.: Машиностроение, 1992. 272 с.
17. Лаврищева Е. М., Грищенко В. Н. Сборочное программирование. Основы индустрии программных продуктов. Киев: Наукова думка, 2009. 319 с.
18. Мищенко Н. М. О сборочном программировании языковых процессоров // Интеллектуализация программного обеспечения информационно-вычислительных систем. Сб. трудов. Киев: Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова АН УССР, 1990. С. 45—52.
19. Ершов А. П. Научные основы доказательного программирования. Научное сообщение в Президиуме АН СССР на звание академика СССР, 1984. 11 с.
20. Бабенко Л. П., Лаврищева К. М. Основы программной инженерии. Киев, Знання, 2001. 269 с.
21. Андон П., Лаврищева К. Развитие фабрик программ в информационному світі // Вісник НАНУ. 2010. № 10. С. 15—41.
22. Лаврищева К. М., Коваль Г. І., Бабенко Л. П. і др. Нові теоретичні засади технології виробництва сімейств ПС у контексті ГП. Електронна монографія. ДНТІ України, ВИНІТИ Росії та ДНТБ, 2012. 277 с.
23. Аронов А. О., Дзюбенко А. І. Підхід до створення студентської фабрики програм // Проблеми програмування. 2011. № 3. С. 87—93.
24. Лаврищева К. М. Компонентне програмування. Теорія і практика // Проблеми програмування. 2012. № 1. С. 3—14.
25. Лаврищева К. М. Генерувальне програмування ПС і сімейств // Проблеми програмування. 2009. № 1. С. 3—16.
26. Лаврищева Е. М., Зинькович В. М., Колесник А. Л. і др. Інструментально-технологічний комплекс розробки і об'учення приемам виробництва програмних систем, (укр.). Гос. служба інтелектуальної власності України. Свід. о реєстрації авторського права. № 45292, от 27.08.2012. 103 с.
27. Лаврищева К. М. Онтологічне подання життєвого циклу ПС для загальної лінії виробництва програмних продуктів // X Міжнародна научно-практична конференція ТАAPSD-2013. Теоретичні і прикладні аспекти розробки програмних систем. 25 травня — 2 червня, 2013 р. Україна, Ялта. Кіровоград: ПП "Центр оперативної поліграфії "Авангард", 2013. С. 81—90.
28. Андон П. І., Лаврищева К. М. Методологія побудови ліній виробництва програмних продуктів і їх практичне застосування // Міжнародний науковий конгрес "Інформаційне суспільство в Україні". 24—25 жовтня, 2012. Україна. Київ. Держ агентство з питань науки, інновацій та інформатизації України. URL: <http://www.ict-congress.com.ua/attachments/article/102>
29. Kolesnyk A., Clabospitskaya O. Tested Approach for Variability Management Enhancing in Software Product Line // ICTERI 2012, the 8th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications. 6—10 June 2012. Ukraine, Kherson. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-848/ICTERI-2012-CEUR-WSPaper-31-p-155-162.pdf>
30. Лаврищева К. М. Програмна інженерія. Київ: Академперіодика, 2009. 371 с.
31. Андон Ф. І., Коваль Г. І., Коротун Т. М. і др. Основы инженерии качества программных систем. Киев: Академперіодика, 2007. 680 с.
32. Лаврищева Е. М. Основы технологической подготовки разработки и прикладных программ СОД. Препринт 87-5 ИК АН УССРЮ. 1987. 30 с.
33. Лаврищева Е. М., Петрухин В. А. Методы и средства инженерии программного обеспечения. М.: МОН РФ, 2007. 415 с.
34. Лаврищева Е. М. Методы программирования. Теория, инженерия, практика. Киев: Наукова думка, 2006. 451 с.
35. Лаврищева К. М., Слабоспицька О. О., Коваль Г. І., Колесник А. О. Теоретичні аспекти керування варіабельністю в сімействах програмних систем // Вісник КГУ, серія фіз.-мат. наук. 2011. № 1. С. 151—158.
36. Lavrischeva E., Ostrovski A., and Radetskyi I. Approach to E-Learning Fundamental Aspects of Software Engineering // ICTERI 2012, the 8th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications. 6—10 June, 2012. Ukraine, Kherson. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-848/ICTERI-2012-CEUR-WSPaper-17-p-176-187.pdf>
37. Lavrischeva E., Dzubenko A., Aronov A. Conception of Programs factory for Representation and E-learning Disciplines of Software Engineering // ICTERI 2013, the 9th on ICT in Education, Research, and Industrial Applications. 19—22 June, 2013. Ukraine, Kherson. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1000/ICTERI-2013-p-252-263.pdf>