
ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЮ НАУКОВО-ТЕХНОЛОГИЧНОГО ПОТЕНЦИАЛУ

УДК 004.92

Е.М. Лаврищева

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

Статья, посвященная 90-летию со дня рождения академика В.М. Глушкова, отражает его вклад в разработку технологии ЭВМ, компьютерных систем и программ. В 1970-х годах он предвидел появление фабрик сборки компьютеров, систем и программ. Предложенные им технологии соответствуют понятиям Computer Engineering, Systems Engineering, Software Engineering, одновременно возникших в Computer Science. Определена сущность каждой из этих технологий, рассмотрено их развитие и современное состояние. Дана классификация новых дисциплин, способствующих более наукоемкой и обоснованной сборке программных продуктов для массового использования

Академик Виктор Михайлович Глушков создал отечественную кибернетическую школу. Он оставил нам парадигмы, ставшие основой формирования новых научных направлений, а также концептуальных положений, в значительной степени определивших развитие кибернетики и информатики. Его ученики Ю.В. Капитонова и А.А. Летичевский в книге [1] сформулировали семь его научных парадигм: математическая теория проектирования ЭВМ; самоорганизация и совершенствование компьютерных систем; теория доказательства теорем, алгебраическое программирование для вычисления математических задач; принципы и методы построения информационных систем, АСУ и 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 этому списку необходимо отнести и столь важную парадигму, как технология программирования (ТП), которую В.М. Глушков сформулировал и развил в 60-х годах прошлого столетия как метод повышения уровня создания ЭВМ, вычислительных систем, а позже (1975) – как сборочный конвейерный способ изготовления программных продуктов (ПП), обеспечивающий постепенный переход от ремесленного к промышленному производству компьютеров, систем и программ.

© Е.М. Лаврищева, 2013



В.М. Глушков

Автор данной статьи работала непосредственно с В.М. Глушковым по проблематике технологии создания сложных систем и многие годы развивает его сборочный тезис. Технологию он рассматривал как двигатель прогрессивного развития любой науки, в том числе – теории создания ЭВМ, программного обеспечения ЭВМ и АС: автоматизированных систем управления (АСУ), автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), систем автоматизированного проектирования (САПР) и др.

Под руководством В.М. Глуškova в Институте кибернетики АН УССР начали (1957) создавать новые теории и технологии, связанные с ЭВМ:

1) общая теория построения ЭВМ, построение вычислительных машин для инженерных расчетов «Мир» с алгебраическим языком «Аналитик», ЭВМ для управления технологическими процессами предприятий («Днепр-1», «Днепр-2»), машин со схемной интерпретацией языков программирования «Украина», мозгоподобных («умных»), рекурсивных, макроконвейерных, многопроцессорных машин «Маяк» и др.;

2) методы автоматизации процессов создания системного программного обеспечения новых ЭВМ (операционные системы, трансляторы, редакторы и т.п.), больших программных систем, пакетов прикладных программ математического, экономического, транспортного типа и др.;

3) теория и практика автоматизированных систем управления АС, АСУ, АСУ ТП для предприятий СССР и общегосударственной сети управления предприятиями (ОГАС), оборудованными устройствами сбора и обработки данных с автоматизированных рабочих мест (АРМ) предприятий и заводов страны.

В.М. Глушков рассматривал технологию ЭВМ как комплексное проектирование вычислительных систем, технических средств и базового системного математического обеспечения. Именно так разработана серия машин «Мир-1», «Мир-2» и «Мир-3» для инженерных расчетов с использованием математических методов, формульных алгебраических преобразований и математического доказательства теорем. В то время у него возникла идея «умной» (мозгоподобной) машинной структуры, частично промоделированной в проекте машины «Украина» [2], а также концепция управления средствами ЭВМ АСУ и АСУ ТП, нашедшая отображение в управляющей машине «Днепр-1» (1962–1964) и управляющем вычислительном комплексе (УВК) «Днепр-2» (1965–1969).

Технологии ЭВМ. При изготовлении первой ЭВМ под руководством академика С.А. Лебедева была сформирована 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 в СССР изготавливались такие ЭВМ, как «МЭСМ», «Стрела», «БЭСМ», «М-20» и др. В совместной работе В.М. Глуškova и В.А. Мясникова предложены новые виды рекурсивных, микро- и макроконвейерных ЭВМ с новой элементной базой организации высокопроизводительных вы-

числений для решения сложных математических и народнохозяйственных задач.

Принципы построения высокопродуктивной супер-ЭВМ макро-конвейерного типа и реализации на ней семейства языков программирования для проектирования вычислительных систем В.М. Глушков обосновал на конференции в Новосибирске (1979) и опубликовал в журнале «Кибернетика» (1981, №1). Эти концепции и принципы были реализованы в 1985-1991 гг. коллективом отдела В.М. Глушкова (А.А. Летицкий, Ю.В.Капитонова, Г.И.Горлач, Н.М.Мищенко, С.С.Гороховский и др.) в системе «МАЯК» на макроконвейере ЭВМ ЕС-2701, принятом Государственной комиссией СССР (1990), и в высокопроизводительном много-процессорном кластере (А.В. Палагин, 2010).

Тезис конвейерной сборки сложных программ из готовых программных заготовок (разноязыковых модулей) с использованием фондов алгоритмов и программ В.М. Глушков высказал на научном семинаре Института кибернетики в 1975 г. Этот тезис получил дальнейшее развитие в сборочном программировании, ориентированном на технологические линии создания и сборки компьютерных продуктов как на фабрики производства программ для массового применения.

Базовые принципы построения управляющих машин с набором устройств и средств для связи с внешними производственными объектами предприятий и приоритетного управления их АРМ и устройствами сбора и обработки данных в АСУ и АСУ ТП реализованы в УВК «Днепр-2» (1965–1967).

Перспективной тенденцией В.М.Глушков считал переход от однопроцессорных фон-неймановских машин к многопроцессорным, рекурсивным и «умным» интеллектуальным структурам машин [2–7].

Первым шагом на пути создания интеллектуальных машин была серия машин для инженерных расчетов «Мир-1»,

«Мир-2», «Мир-3». В ней реализован новый алгебраический язык «Аналитик» для аналитических преобразований, доказательства теорем и решения задач численно-аналитическими методами. На современной версии машины «Мир» под руководством И.Н. Молчанова представлены программы решения систем линейных, нелинейных, интегральных и дифференциальных уравнений, численного интегрирования задач Каши и краевых задач, кратные интегралы и др. Начиная с 2007 г., под его руководством разработана интеллектуальная рабочая станция «Инпарком» как ориентированный комплекс с параллельной организацией вычислений этих программ при решении сложных математических задач.

Язык «Аналитик» постоянно развивают в Институте математических машин и систем НАН Украины до уровня компьютерной алгебры, ориентированной на создание математических моделей для исследования технических, компьютерных объектов и процессов обработки информации [4].

Новым по меркам того времени видом ЭВМ для управления технологическими процессами на промышленных предприятиях стал УВК «Днепр-2». Для него было реализовано оригинальное общесистемное программное обеспечение, необходимое для организации разработки систем управления АСУ ТП и проведения вычислений соответствующих задач предприятий:

– операционные системы (ОС) управления разными задачами и вычислениями со сбором и обработкой данных в реальном масштабе времени, а также диалоговый, многопультный режим разработки, отладки и выполнения программ (Г.Я. Машбиц, В.И. Конозенко, Е.И. Калайда и др.);

– трансляторы с языков Автокод, АЛГАМС и КОБОЛ (Е.М. Лаврищева, Л.П. Бабенко, Е.Л. Ющенко и др.), разработанные на основе нового СМ-метода анализа программ [36] с табличным представлением грамматик языков

программирования и положившие начало созданию синтаксико-семантических управляемых трансляторов. Данный метод впервые реализовал семантику ЯП и является усовершенствованием известного метода синтаксического контроля программ Замельсона и Бауэра. На едином множестве семантических программ был построен общий арифметический блок (Л.Г. Усенко и С.Л. Берестовая) для языков АЛГАМС и КОБОЛ. На основе СМ-метода в 1972 г. разработан компилятор с подмножества языка SQL – в трехмесячный срок при командировке в ГДР для внедрения УВК «Днепр-2».

Техническое и математическое обеспечение «Днепр-2» прошло успешные испытания перед государственной комиссией 1967 г. под председательством директора Вычислительного центра АН СССР академика А.А. Дородницына.

Комплекс «Днепр-2» был представлен на первой Международной выставке ЭВМ в Москве в 1969 г. Огромный интерес проявили иностранные специалисты в области ЭВМ США, Франции, Германии (из IBM, CDC, Bull General Electric и др.), которые хотели выявить новые оригинальные идеи, реализованные в архитектуре этого комплекса (концепцию прерывания, средства связи и управления объектами и др.). После выставки был составлен контракт для передачи УВК «Днепр-2», включающего вычислительный комплекс Днепр-21 и управляющий комплекс «Днепр-22» (1971), и построения АСУ ТП для управления прокатом металлов на металлургических комбинатах Берлина и Лейпцига. В реализации АСУ ТП принимали участие разработчики комплекса и программного обеспечения [7–9]. В.М. Глушков был членом межгосударственной комиссии по сдаче АСУ ТП, «Днепр-2» и руководил данным проектом, давая ценные предложения по его реализации.

«Днепр-2» стал надежной технической базой АСУ ТП для управления металлургическими комбинатами ГДР до 1991 г. Межгосударственный проект

ГДР-СССР был успешно выполнен сотрудниками Института кибернетики и получил важный для того времени экономический эффект от внедрения этих комплексов и АСУ ТП в ГДР – десять миллионов марок. Коллектив СКБ математических машин и систем Института кибернетики и Киевского завода электронных вычислительных и управляющих машин (10 человек), который провел внедрение системы ОМО и участвовал в разработке АСУ ТП, был награжден орденом Немецко-Советской дружбы; каждый из 10 специалистов получил медаль «Ударник социалистического труда ГДР» с денежной премией и публикацией информации в журнале «Für Dich» в № 2 за 1971 г.

По результатам создания ОС и системы программирования для УВК «Днепр-2» основные разработчики 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 в системе «Днепр-2»).

Технологии автоматизированных систем. Теория построения АСУ изложена В.М. Глушковым в 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, АСУ ТП и информационные системы. К их числу относятся: АСУ ТП для Лисичанского химкомбината, Донецкого горно-обогатительного комбината, Львовского телевизионного завода, металлургических комбинатов ГДР и др.

В 1976 г. В.М. Глушков предложил Кабинету Министров СССР проект системы для объединения и централизованного управления всеми автоматизированными системами СССР, в том числе АСУ промышленных предприятий страны, в Общую Государс-

твенную Автоматизированную систему (ОГАС). XXV съезд ЦК КПСС не поддержал этот проект, так как требовались огромные финансовые ресурсы на его реализацию (более 7,5 млрд рублей). Идеологически проект ОГАС, восходящий к концу 50-м гг. XX в., предвосхитил появление Интернет.

Основы теории управления и построения информационных систем (ИС) развиты В.М. Глушковым в его последней продиктованной им в кремлевской больнице в январе 1982 г. монографии «Безбумажная информатика» [3]. Идеи, принципы и методы В.М. Глушкова в области ИС постоянно развиваются его последователями — учеными и практиками с учетом новых условий, которые предоставляет Интернет и современные общесистемные среды (IBM, MS.Net, Grid и другие). В период глобальной информатизации и компьютеризации методы В.М. Глушкова получили дальнейшее развитие в системе электронного документооборота Академии педагогических наук Украины 2007 г. [11]. По материалам идей, связанных с развитием ИС и систем документооборота, разработан учебник для студентов высших учебных заведений. В нем изложены основополагающие идеи В.М. Глушкова по ИС, новые современные подходы к обработке деловой информации и управлению ИС через Интернет [37].

Процесс изготовления компьютерных систем приближается к автоматизированной технологии сборки технических и программных продуктов. В настоящее время разные виды компьютеров собираются по принципу сборочного конвейера в массовом порядке в разных фирмах и странах [14]. В мировом информационном сообществе взят курс на построение суперкомпьютеров, кластеров, Cloud и Grid-систем для выполнения глобальных проектов. В Институте кибернетики НАН Украины создан энергоэффективный суперкомпьютер СКИТ-4 для проведения высокопроизводительных вычислений, направленных на ре-

шение сложных народнохозяйственных и математических задач. Такой подход потребует активного совершенствования технологий создания и сопровождения программ на основе новых ИТ и промышленных технологий.

Технология создания программных продуктов. Появлению современной технологии предшествовало программирование программ разных математических задач решения численных методов для первых ЭВМ. Их описание выполнялось языками программирования типа Ассемблер, Algol-60, Fortran, PL и др. Для практического использования этих языков разрабатывались программирующие программы для ЭВМ. Идеи и концептуальные положения автоматизации программирования были в центре внимания зав. отделом ИКАН УССР Е.Л. Ющенко. Вместе с аспирантом Г.Е. Цейтлиным в те годы были разработаны теоретические аспекты использования алгебраических методов в программировании, концептуальные положения синтаксического и семантического анализа языков программирования, система алгоритмических алгебр (САА) на основе теории автоматов Глушкова [5–7]. В этих работах представлена формальная теория универсальных алгебр САА, контекстно-свободных языков программирования и метаязык СМ-грамматик для описания трансляторов. На протяжении многих лет Г.Е. Цейтлин постоянно развивал САА, создал теорию алгоритмики, подготовил более десяти кандидатов наук и реализовал систему Мультипроцессист [6].

В 1975 г. В.М. Глушков предложил перспективный способ для постепенного перехода от «ремесленного» производства к промышленному выпуску компьютеров, программ и аппаратно-программных систем. Индустрия компьютерных программ по его замыслу должна 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 [7] академик В.М. Глушков сформулировал три перспективных направления технологии програм-мирования:

- модульная система автоматизации производства программ (АПРОП) из стандартизированных программных заготовок в сложные системы [8];

- метод формализованных технических заданий для проектирования сложных программных комплексов с использованием нескольких алгоритмических языков для описания отдельных блоков систем на уровнях последовательной детализации компьютерного проекта МАЯК [1–3];

- Р-технология программирования для автоматизации проектирования систем средствами графического Р-языка для представления структур программ и данных в АСУ [10].

В результате поисковых и прикладных исследований на этих направлениях были разработаны методы, технологии, инструментальные средства. К их числу относятся: Р-технология (И.В. Вельбицкий); сборочная технология из разнородных модулей и интерфейсов АПРОП (Е.М. Лаврищева); технология систем и пакетов прикладных программ (И.Н. Молчанов); ряд пакетов прикладных программ математического, экономического, статистического типов (И.В. Сергиенко, В.Н. Редько, А.С. Стукало). Этими работами был внесен весомый вклад в индустрию создания программных продуктов на ЕС ЭВМ.

Сформировалась технология программирования и новый вид программирования – сборочное программирование для объединения разнородных модулей средствами системы АПРОП. Такая система разрабатывалась по договору с Институтом приборостроения (Москва) в составе технологии создания программ для бортовых систем «ПРОТ-ВА», реализованной под руководством В.В. Липаева [12–15]. Главное нововведение этой системы – интерфейс

(межмодульный, межязыковый и технологический) [8] и библиотека интерфейсных функций преобразования нерелевантных типов данных, описанных на разных языках и платформах. В 1976 г. впервые было определено понятие интерфейса и языка его описания [12–14]. Идеи, заложенные в понятие интерфейса для связи разноязычных модулей в АПРОП, опередили появление зарубежных языков MPL API, IDL, SIDL и др. Интерфейс и сегодня используется в процессе создания новых программных систем из готовых компонентов повторного использования (КПИ) в современных глобальных и сетевых средах.

Развитие сборочного программирования поддержали академик АН СССР А.П. Ершов и проф. В.В. Липаев в проекте «Протва» [15, 16]. А.П. Ершов считал, что «сборочное программирование эффективно потому, что готовые запрограммированные модули позволяют быстро решить любые задачи из определенной проблемной области для ЕС ЭВМ и мини-, микро- и макро-ЭВМ.

В дальнейшем сборка стала важным технологическим решением для индустрии создания ПП в СССР. Это обстоятельство было подтверждено защитой Е.М. Лаврищевой докторской диссертации «Методы, средства и инструменты сборочного программирования» (1989). Ее оппонировали известные в СССР специалисты – Э.Х. Тыгу, Э.З. Любимский и И.В. Вельбицкий. Были опубликованы монографии [13, 15].

Таким образом, в соответствии с концепцией академика В.М. Глушкова сборочное программирование сложных систем из готовых КПИ было сформировано как новый вид программирования и основа фабрик программ конвейерного типа.

Адекватные технологии Computer Science. Одновременно с представленными выше направлениями развития технологий программирования в СССР, за рубежом сформировалась конструкторская технология или инженерия ком-

пьютеров (Computer Engineering), систем (Systems Engineering), программного обеспечения (Software Engineering). Информация о Software Engineering (SE) впервые прозвучала на конференции НАТО в 1968 г. Официальное определение SE сформировано международным комитетом специалистов ACM и IEEE в SWEBOOK (Software Engineering Body Knowledge) в 2001 г. [38]. Ядро знаний SWEBOOK постоянно развивается этим комитетом в направлении добавления новых знаний и составляющих их методов и средств для эффективного применения в индустриальном производстве и сопровождении ПП. С точки зрения автора, термин технология программирования по отношению к инженерии создания программных продуктов имеет более широкое содержание (теория, методы и средства), чем это представлено разделами знаний в SWEBOOK.

Профессионально занимаясь вопросами технологии программирования и SE, Е.М. Лаврищева (с 1980 г. —руководитель отдела «Программная инженерия») при участии аспирантов и студентов Киевского национального университета (КНУ) им. Тараса Шевченко и филиала МФТИ разработала метод сборки, технологические процессы и сборочные линии программ. Преподавая дисциплины «Технология программирования» и «Программная инженерия» в КНУ с 1965 г. и в МФТИ с 2001 г., автор предложила новую классификацию разделов SE, отражающую новые методы и средства индустриального построения качественных ПП [9, 17–19].

К дисциплинам Computer Science (CS) относится: компьютерная инженерия (Computer Engineering), системная инженерия (System Engineering) и программная инженерия (Software Engineering), входящие в науку «информатика». Центральное место в ней занимают Software Engineering и технология программирования сложных систем.

Компьютерная инженерия представляет собой дисциплину, включающую

теоретические положения и принципы построения компьютеров, фреймворков, вычислительных кластеров, суперкомпьютеров и их системного программного обеспечения. Теоретические основы: теории Тьюринга, фон Неймана, автоматов, алгоритмов и положения кибернетики, разработанные В.М. Глушковым [2–3, 5, 7–8]. Эта дисциплина использует математику, логику, теории анализа и систем. Она предназначена для построения компьютеров, фреймворков, многопроцессорных, макроконвейерных машин, устройств, блоков, микросхем и т.п. Компьютерная технология обстоятельно описана в монографии [44].

Системная инженерия — это теория, методы и принципы построения информационных, компьютерных, автоматизированных систем (АС), а также систем управления ими. Она представляет междисциплинарный подход, объединяющий теоретические положения, методы и средства, направленные на создание и объединение системных решений, поддерживающих создание и функционирование сложно организованных объектов. Применительно к средствам вычислительной техники этот подход базируется на технологиях компьютерных систем для разных областей применений и новых средств управления информационными системами: ОС, базы данных (БД), системы управления базами данных (СУБД и др. Системная технология включает теорию АСУ и информатики, разработанные В.М. Глушковым [2, 3], а также методологию математики и компьютерных наук и методы, применяемые в экономике, финансовой деятельности и других областях. В настоящее время можно отметить значительные достижения в создании технологий АС различного назначения, которые являются результатом деятельности разных международных организаций.

Программная инженерия — это система методов, способов и дисциплин в области планирования, разработки, эксплуатации и сопровождения

программного обеспечения, предназначенного для его промышленного производства [38]. Она охватывает все аспекты создания программного обеспечения от начала формулировки требований к разработке и его использования, сопровождения и списания. Основы программной инженерии: теории алгоритмов, программирования, методы вычислений и распределенных коммуникаций [12–25]. Массовое сопровождение готовых ПП основывается на теориях менеджмента, методах планирования процессов и необходимых для этого ресурсов, верификации и тестирования, оценивания рисков и качества [20]. Технологии создания программных продуктов в рамках программной инженерии развиваются в направлении построения индустриальных методов конструирования распределенных программных, информационных и бизнес-систем массового использования. Для развития теории SE автором предложена новая классификация разделов – ключевых дисциплин, теоретически влияющих на производительность и управление качеством ПП [9]:

- научная дисциплина, включающая методологию классических наук (теория алгоритмов, множеств, доказательства, математическая логика и др.), теорию программирования и средства проектирования абстрактных моделей и архитектур целевых объектов; теорию композиции, интеграции (сборки) и др.;

- инженерная дисциплина – совокупность технологических средств и методов проектирования ПП с помощью стандартных моделей жизненного цикла (ЖЦ); техника анализа готовых для употребления Legacy Systems; инженерия требований, приложений, доменов, технологических линий (ТЛ) и линии продуктов (Product Lines); сопровождение, изменение и адаптация ПП к другим платформам и средам;

- управленческая дисциплина – общая теория управления, адаптированная к коллективной управляемой разработке

ПП, включающая графики работ, слежение за их выполнением, управление рисками, версиями, вариантами ПП; методы их сопровождения и эксплуатации;

- экономическая дисциплина – совокупность методов экспертного, качественного и количественного оценивания промежуточных артефактов и конечного результата изготовления ПП, процессов тестирования, а также экономических методов расчета времени, объема, трудозатрат исполнителей и стоимости изготовления ПП в целом;

- производственная дисциплина – линии производства программных систем (ПС) из готовых ресурсов (модулей, объектов, компонентов, сервисов, аспектов, агентов и других) из библиотек и репозиторий организаций разработчиков ПП и Интернета, а также методы обеспечения тестирования, конфигурирования и оценивания качества и надежности работы ПП.

Информационные технологии с 1990-х гг. стали базисом компьютерной инфраструктуры современных корпораций, предприятий и государственных органов управления. С их помощью решаются разные задачи, связанные с обработкой информации, размещенной, в том числе, в глобальных сетях. На разработку информационных технологий, подготовку высококвалифицированных ИТ-специалистов, поддержку информационных ресурсов и доступа к ним через сеть Интернет выделяются огромные ресурсы. Цели и задачи информатики, направленные на создание информационных систем и технологий академик В.М. Глушков сформулировал в своей последней монографии [3]. Эти идеи и сегодня имеют большое значение. В значительной степени на их основе создана современная информационная технология документооборота [11].

Информационные системы – это компьютерные системы обработки разнообразной информации, которая относится к различным сферам деятельности человека. В их числе – бухгалтерский

учет, документооборот на всех уровнях управленческой деятельности. Информационные системы предоставляют средства управления и обработки информации с целью обеспечения эффективной работы разных организаций. В настоящее время информационно-поисковые и аналитические системы стали главным инструментом поиска и отбора, накопления и анализа различных информационных ресурсов для их массового использования.

Сегодня информационные системы, технологии и дисциплины CS образуют научное пространство информатики. В ней центральное место занимают Software Engineering и технология программирования сложных систем и программ с помощью соответствующих теорий, методов и средств, а также новые методы их разработки, развертывания и конфигурирования ПП для современных гетерогенных сред.

Дисциплины информатики достигли высокого уровня развития в современном информационном обществе, используются в разных сферах жизни, в том числе при создании электронного государства, индустрии ПП и в современной мировой системе образования (Education-2025).

Индустриальные технологии сборки программных продуктов. Методика создания ТЛ предложена нами в 1987 г. [22] и апробирована на 6 линиях автоматизированной информационной системы «Юпитер-470» Института кибернетики АН УССР для военно-морского флота СССР в 1983-1991 гг. Эти ТЛ стали первой работой по формализации и применению ТЛ в проектах разработки больших информационных систем. Концепция технологических линий была частично автоматизирована с помощью модулей посредников, которые генерировала система АП-РОП для готовых разнородных объектов. Этот подход способствовал сокращению объема работ при сборке таких объектов и тестировании интерфейсов.

Построенные ТЛ стали первым вариантом промоделированного сборочного конвейера В.М. Глушкова. С помощью ТЛ было создано более 500 программ обработки данных для разных объектов АИС.

В 2004 г. появилась альтернатива ТЛ – линии продуктов (Product Lines) Института SE США [39]. Этот подход основан на интеграции семейств продуктов из готовых ранее разработанных ПП. Подход предназначен для коммерческой реализации и основан на готовых ПП, которые написаны на «старых» языках программирования. Такие продукты сложно модифицировать и эксплуатировать. Сегодня специалисты пытаются создать методы реинженерии ПП, которые решали бы некоторые проблемы кризиса сложности больших ПП, созданных традиционными методами программирования. Способом уменьшения сложности больших программ является, в частности, сборка из готовых стандартизованных программных объектов и объектный подход Г. Буча. Однако, хотя и появились объектно-ориентированные языки программирования в современных системных средах, он еще не получил промышленной реализации.

Не менее распространенным подходом к производству больших и сложных систем стал сборочный конвейер – continuous integration М. Фаулера (2007), который поддерживается в ряде коммерческих проектов ЕПАМ [23–25]. Их продукты не являются переменными, изменяемыми, так как создаются традиционными методами.

Хотелось бы отметить, что вопросу индустрии программных и информационных систем большое внимание уделяет правительство Украины. По его инициативе и при его поддержке 17–18 ноября 2011 г. и 25–27 октября 2012 г. проведены два международных научных конгресса

по инфраструктуре электронного правительства и индустрии ПП. Отмечено, что индустрия ПП 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 [34]. На конгрессе обсуждались концепции и демонстрировалась экспериментальная фабрика программ КНУ.

Анализ фабрик программ показал [28, 35], что в мире разработан спектр технологий, претендующих на индустрию ПП. Это - мультитехнология К. Чернецкого и К. Айзенкера 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 и Г. Ленца; сборочный конвейер М. Фаулера и ЕПАМ.

Общее, что идейно объединяет фабрики – линии разработки отдельных программ определенными методами и сборки их для массового использования. Для поднятия уровня индустриального производства ПП в отделе «Программная инженерия» ИПС НАН Украины в рамках фундаментальных проектов НАН Украины и диссертационных исследований были разработаны новые теории и технологии [22–26]:

- объектного моделирования предметных областей с использованием теории Фреге и Буча и алгебры операций объектного анализа доменов;

- компонентного проектирования ПС с помощью оригинальных моделей компонентов, сред и систем, а также внешней и внутренней компонентной алгебры;

- генерирующего программирования ПС и их семейств на основе методов трансформации и конфигурации гото-

вых компонентов в переменные и интероперабельные структуры для выполнения в современных гетерогенных средах;

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

- онтологического представления жизненного цикла ПС стандарта IS/IEC 12207, общих типов данных стандарта Ю/IEC 11404 и их реализации с целью генерации новых вариантов ЖЦ для конкретных областей применения;

- тестирования отдельных элементов данных технологий и процессов, их оценки на качество и функциональность.

Основные аспекты этих технологий представлены линиями (спектром линий), каждая из которых повышает производительность изготовления как элемента продукта, так и ПП, улучшает условия работы исполнителей, сокращает число сборщиков, повышает качество и снижает себестоимость выпускаемой продукции [26].

Фабрика программ к 90-летию академика В.М. Глушкова. Таким образом, ускоренное развитие компьютерной, системной и программной технологий определяется прогрессивными методами, которые В.М. Глушков определил в своих работах, докладах и монографиях.

Концепция сборочного конвейера В.М. Глушкова реализована с участием студентов факультета кибернетики КНУ и МФТИ в виде экспериментальной фабрики программ [40].

Автор осуществляла научное руководство этим проектом. Министерство образования Украины в соответствии с программой Curricula-2004 в 2006 г. ввело обучение студентов вузов Украины предметам «Технология программирования» и «Программная инженерия» [17–20]. Студенты КНУ и МФТИ изучают основы этих дисциплин с помощью

электронного учебника SE, представленного на веб-сайте фабрики и выполняют лабораторные работы по тематике SE [28–33]. Для обучения студентов SE автором разработаны русскоязычные и украинские учебники [17–20]. В 2007–2011 г. ряд студентов принял участие в разработке фундаментального проекта НАН Украины в ИПС НАН Украины по теории и технологии ПП. В рамках проекта разработана теория, методология и практика изготовления ПП, включая теорию и практику фабрик программ, представленную в журнале «Кибернетика и системный анализ» за 2010 г. и в работе [41], а также на конкурсе учебников по SE, проведенном фирмой Майкрософт в Москве в 2006 г. (после конкурса учебник опубликован [42]) и в Киеве в 2007 г. За учебник SE [20] Е.М. Лаврищева награждена дипломом по номинации «Учитель-новатор».

Фабрика программ демонстрировалась на международном конкурсе [28, 35]. Многие идеи этого проекта реализованы в Инструментально-технологическом комплексе (ИТК) ИПС НАН Украины [23–33, 43].

Фабрика программ разработана как самостоятельный веб-сайт и вошла в комплекс ИТК ИПС. Она оборудована созданными студентами линиями, в числе которых: программирование на языках C #, VS.Net, Java; построение артефактов для информационных и программных систем с их сохранением в репозитории ИТК, сборка программных компонентов в сложные структуры ПС; трансформация передаваемых типов данных; метрический анализ и оценка качества ПС; обучение теоретическим и прикладным аспектам SE по e-учебнику. Основа этой фабрики - готовые КПИ и артефакты студентов. Фабрика представлена в Интернет в декабре 2011 г. За это время к ней об-

ратилось более 10 000 пользователей из разных стран.

Результаты работ студентов представлены в магистерских проектах и статьях [29–31]. Фабрика пополняется новыми линиями: генерация прикладных систем в языке DSL (Domain Specific Language); онтология стандарта ISO/IEC 12207-ЖЦ, трансформация общих типов данных GDT стандарта ISO/IEC 11404 к фундаментальным типам FDT; построение распределенных ПС с помощью готовых программных ресурсов (КПИ, объектов, модулей, сервисов, программ).

Перспективы. Технология программирования, инициированная в 1980 г. академиком В.М. Глушковым в отделе «Программная инженерия» в ИПС НАН Украины, получила научную и практическую реализацию в виде экспериментальной сборочной фабрики программ КНУ и ИТК ИПС, доступных через сайты, уникальные в плане реализации в них теоретических и прикладных аспектов ТП и SE. Технология программирования представлена простыми ТЛ создания программ и сборки их в более сложные системы с возможностью их взаимодействия в разных гетерогенных средах. Сайт фабрики ориентирован на e-обучение студентов фундаментальным основам SE по электронному учебнику. Как показывает статистика Google, сайты используют ВУЗы Украины, стран СНГ и других стран, обучающие специальностям: информатика, программная инженерия, Computer Sciences. Наши теории и технологии разработки программ и подход к e-обучению докладывались на международной конференции «ICT in Education, Research and Industrial Applications; Integration» (ICTERI-2012 и ICTERI-2013) и будут использоваться во многих Европейских университетах [32–34].

1. *Капитонова Ю.В., Летичевский А.А.* Парадигмы и идеи академика В.М. Глушкова. – К.: Наук. думка. – 2003. – 355 с. – URL: www.isofts.kiev.ua.
2. *Глушков В.М.* Кибернетика, ВТ, информатика (АСУ). / Глушков В.М. Избр. труды в 3-х томах. – К.: Наук. думка, 1990.
3. *Глушков В.М.* Основы безбумажной информатики / В.М. Глушков. – М.: Наука, 1982. – 552 с.
4. *Системы компьютерной алгебры семейства АНАЛИТИК. Теория. Реализация. Применение.* – К., 2010. – 762 с.
5. *Глушков В.М., Цейтлин Г.Е., Ющенко Е.Л.* Алгебра. Языки. Программирование. – К.: Наук. думка, 1974. – 318 с.
6. *Цейтлин Г.Е.* Введение в алгоритмику / Г.Е. Цейтлин. – Сфера. – 1998. – 310 с.
7. *Глушков В.М.* Фундаментальные основы и технология программирования / В.М. Глушков // Программирование, 1980. – № 2. – С. 3–13.
8. *Глушков В.М., Лаврищева Е.М., Стогний А.А. и др.* Система автоматизации производства программ (АПРОП). – К.: ИК АН УССР, 1976. – 134 с.
9. *Lavrishcheva E.M.* Classification of software engineering disciplines / E.M. Lavrishcheva // Springer. – 2008. – V. 44, No. 6. – P. 791–796.
10. *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.
11. *Задорожная Н.Т., Лаврищева К.М.* Менеджмент документооборота в информационных системах образования. – К.: Педагог. думка, 2007. – 220 с. – URL: <http://lib.iitta.gov.ua/view/creators>.
12. *Лаврищева Е.М., Грищенко В.Н.* Связь разноразличных модулей в ОС ЕС. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 127 с.
13. *Лаврищева Е.М., Грищенко В.Н.* Сборочное программирование. – Киев: Наук. думка, 1991. – 213 с.
14. *Лаврищева Е.М., Грищенко В.Н.* Сборочное программирование. Основы индустрии программных продуктов. – К. Наук. думка, 2009. – 319 с. – URL: www.twirpx.com.
15. *Липаев В.В., Позин Б.А., Штрик А.А.* Технология сборочного программирования. – М.: 1992. – 272 с.
16. *Еришов А.П.* Научные основы доказательного программирования. – Научное сообщение в президиуме АН СССР на звание академика СССР, 1984. – С.1–11.
17. *Бабенко Л.П., Лаврищева Е.М.* Основы программной инженерии, Киев: Знання, 2001. – 269 с.
18. *Лаврищева Е.М.* Методы программирования. Теория, инженерия, практика / Е.М. Лаврищева. – Наук. думка, 2006. – 451 с. – URL: http://www.twirpx.com/технология_программирования.
19. *Лаврищева Е.М., Петрухин В.А.* Методы и средства инженерии программного обеспечения. – М.: МОН РФ, 2007. – 415 с. www.programsfactory.kiev.ua URL: http://www.twirpx.com/технология_программирования_Aviable www.intuit.ru.
20. *Лаврищева К.М.* Програмна інженерія / К.М. Лаврищева. – К.: Академперіодика, 2009, 371 с. – URL: <http://www.programsfactory.kiev.ua>.
21. *Андон Ф.И., Коваль Г.И., Коротун Т.М. и др.* Основы инженерии качества программных систем. – К.: Академперіодика, 2007. – 680 с. – URL: http://www.twirpx.com/технология_программирования.
22. *Лаврищева Е.М.* Основы технологической подготовки разработки и прикладных программ СОД / Е.М. Лаврищева / Препринт 87-5 ИК АН УССР. – 1987. – 30 с.
23. *Лаврищева К.М., Коваль Г.И., Бабенко Л.П. та ін.* Нові теоретичні засади технології виробництва сімейств ПС у контексті ГП / Електронна монографія. – ДНТІ України, ВІНИТИ Росії та ДНТБ, 2012. – 277 с. – URL: <http://www.nbu.gov.ua>.
24. *Лаврищева К.М.* Компонентне програмування. Теорія і практика / К.М. Лаврищева // Проблеми програмування. – 2012. – №1. – С. 3–14. URL: <http://www.isofts.kiev.ua>.
25. *Лаврищева К.М.* Генерувальне програмування ПС і сімейств / К.М. Лаврищева // Проблеми програмування. – 2009. – № 1. – С. 3 – 16. – URL: <http://www.isofts.kiev.ua>.
26. *Лаврищева К.М., Слабоспицька О.О., Коваль Г.И., Колесник А.О.* Теоретичні аспекти керування варіабельністю в сімействах програмних систем. – Вісник КГУ. Серія фіз.-мат. наук. – 2011. – №1. – С. 151–158.
27. *Лаврищева Е.М., Зинькович В.М., Колесник А.Л. и др.* Инструментально-технологический комплекс разработки и обучения приемам производства программных систем (укр.). – Гос. служба интеллектуальной собственности Украины. – Свид. о регистрации авторского права. – № 45292 от 27.08.2012. – 103 с.
28. *Андон П., Лаврищева К.* Розвиток фабрик програм в інформаційному світі. Вісник НАН України. – 2010. - №10. – С. – URL: <http://www.nbu.gov.ua/portal/all/herald/2010-10/a3.pdf>.
29. *Аронов А.О., Дзюбенко А.І.* Підхід до створення студентської фабрики програм // Проблеми програмування. – 2012. – № 1. – С. 3–14. – URL: <http://www.isofts.kiev.ua>.

30. *Лавріщева К.М.* Підхід до формального подання онтології життєвого циклу програмних систем / К.М. Лавріщева. – ТАAPSD-2013. – Теоретические и прикладные аспекты разработки программных систем. – С. 151–160.
31. *Лавріщева К.М., Стеняшин А.Ю.* Індустріальний підхід до розробки і виконання прикладних систем в гетерогенних розподілених середовищах // Високопродуктивні обчислення. –2013. – С. 123–131.
32. *Lavrishcheva K., Ostrovski A., Radetskyi I.* Approach to E-Learning Fundamental Aspects of Software Engineering. – Conference ICTERI–12. <http://sendlogo0039.springer-sbm.com/ocs/home/ICTERI2012>.
33. *Kolesnyk A., Clabospitskaya O.* Tested Approach for Variability Management Enhancing in Software Product Line – Conference ICTERI–12. Там же.
34. *Lavrishcheva E., Dzubenko A., Aronov A.* Conception of Programs factory for Representation and E-learning Disciplines of Software Engineering // 9-th International Conf. ICTERI-2013 “ICT in Education, Research and Industrial Applications; Integration,” Ukraine, June 17–21, 2013. –URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1000>.
35. *Андон П.І., Лавріщева К.М.* Методологія побудови ліній виробництва програмних продуктів і їх практичне застосування // Міжнародний науковий конгрес «Інформаційне суспільство в Україні» (24–25 жовтня, 2012). Держ. агентство з питань науки, інновацій та інформатизації України. – URL: <http://www.ict-congress.com.ua/attachments/article/102>.
36. *Lavrishcheva E.M., Yushchenko E.L.* A method of analyzing programs based on a machine language // Springer. – 1972. –V. 8. –No 2. – P. 219–223.
37. <http://lib.iitta.gov.ua/view/creators>.
38. <http://www.swebok.com>.
39. http://sei.cmu.edu/productlines/frame_report.
40. <http://programsfactory.univ.kiev.ua>.
41. *Lavrishcheva K.M.* Theory and practice of software factories / К.М. Lavrishcheva // Springer. –2011. –V.47. –No 6. – P. 961–972.
42. www.intuit.ru.
43. <http://sestudy.edu-ua.net>.
44. *Малиновский Б.Н.* Очерки по истории компьютерной науки и техники в Украине / Б.Н. Малиновский. – К.: Феникс, 1998. – 452 с.

Получено 16.09.2013

К.М. Лавріщева

Розвиток ідей академіка В.М. Глушкова з технології комп'ютерів, систем і програм

Стаття, присвячена 90-річчю з дня народження академіка В.М. Глушкова, віддзеркалює його внесок у розробку технології ЕОМ, комп'ютерних систем і програм. У 1970-х рр. він передбачив появу фабрик збірки комп'ютерів, систем і програм. Запропоновані ним технології відповідають поняттям Computer Engineering, Systems Engineering, Software Engineering, які одночасно виникли в Computer Science. Визначено сутність кожної з цих технологій, розглянуто їх розвиток та сучасний стан. Дана класифікація нових дисциплін, сприяючих більш наукоємній та обґрунтованій збірці програмних продуктів для масового використання.