



Ключевые слова: *дисциплина программной инженерии: научная, инженерная, управленческая, экономическая, производственная, учебная; целевой объект, инфраструктура, технология, реюзинг, индустрия.*

ВВЕДЕНИЕ

Программная инженерия (ПИ) сформировалась как комплекс средств и методов для программирования и производства программных продуктов (ПП) на инженерной основе, достигнув их качества и продуктивности. Практически она использовалась сорок лет. В ней нашли отражение принципы математики, информатики, компьютерных и других фундаментальных наук.

Формирование ПИ обеспечивалось мировым компьютерным сообществом специалистов, которые:

- создали ядро знаний SWEBOK (Software Engineering body of Knowledge, www.swebok.com, 2001г.), состоящее из десяти разделов, в которых систематизированы принципы, методы и средства разработки и организации управления программным обеспечением (ПО);

- учредили научные журналы по SE, в частности IEEE Transactions on SE, ACM Transactions on SE and Methodology, IEEE Software и др., опубликовали множество монографий и учебников, например [1–4];

- сформировали международную программу обучения ПИ Curricula- 2004 (www.computing.org/education/cc2004, intuit.ru [5]), в которой зафиксировали разделы SWEBOK для обучения информатике студентов в международных университетах (в Украине введена с 2007 г.);

- образовали Институт по программной инженерии (Software Engineering Institute SEI) при университете Карнеги Меллона (Carnegie Mellon University, 1984 г.), кафедры SE во многих университетах (США и Европы) для обучения и развития теории и практики ПИ;

- проводят международные научные конференции по разным направлениям SE и публикуют их материалы;

- предлагают новые парадигмы программирования (объектно-ориентированное, компонентное, сервисное, агентное и др.);

- создают технологические линии разработки целевых объектов — приложений, программных систем, семейств программных систем, программных проектов в различных доменах и др.;

- определяют технические правила и приемы обновления (reengineering, reverse engineering) важных и устаревших программ, разработанных для компьютеров прошлого поколения, для платформы компьютеров нового поколения;

- разрабатывают автоматизированные инструментальные средства, среды и методологии (Microsoft Visual Studio Teams Systems, MSF, IBM Rational Rose,

COM, CORBA и др.), предназначенные для поддержки проектирования и производства разнотипных целевых объектов из готовых программных ресурсов (компонентов, сервисов и др.);

— проводят научные исследования и разработки по проблематике ПИ (например, методы композиции, тестирования, оценки сложности, надежности и др.).

Накоплен большой объем знаний, частично отображенный в ядре знаний SWEBOK ПИ, включающий разделы по проектированию и управлению ПП, которые вошли и в программу обучения Curricula–2004. Но эти разделы недостаточно полно отображают содержание предмета ПИ с точки зрения обеспечения индустрии ПИ, уровня научно-технических наработок в ПИ (например, отсутствует теория экспертного анализа проектных решений, описание специфики доменов, защита данных, документирование и т.п.), также теорий разработки, управления и экономики. Кроме того, они ориентированы на реализацию ПП, не охватывают сущность производства новых видов целевых объектов и инструментов их изготовления [6–14], а также не отображают последние научно-технические достижения в ПИ, особенно в плане реализации стратегического курса индустриализации ПП.

С учетом этого, а также многолетнего опыта разработок и преподавания предмета ПИ автор провел анализ дисциплин для преподавания ПИ в вузах, утвержденной Министерством науки и образования (декабрь 2006 г.), и сформировал новые дисциплины ПИ, а именно: научную, инженерную, управленческую, экономическую, производственную, образовательную и т.п. Эти дисциплины строятся на новейших подходах и научной основе соответствующих фундаментальных наук. В целом они обеспечат разные направления производства ПО сложных объектов (доменов, предметных областей, семейств систем, программных проектов и т.п.). Данные дисциплины предназначены также для улучшения уровня подготовки разных видов специалистов (аналитиков, менеджеров, верификаторов, тестировщиков и т.п.), готовых участвовать в цикле производственных работ для массового выпуска продукции, удовлетворяющей современным потребностям рынка. Приведем анализ подготовки специалистов ПИ согласно действующей программы Curricula–2004, дадим краткое толкование сформулированных новых дисциплин ПИ и определим их роль в индустрии ПП.

1. АНАЛИЗ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПИ

Ключевыми дисциплинами, ориентированными на разработку ПО, считались программирование и языки программирования (ЯП), а также формальные математические дисциплины, такие как дискретная математика, математическая логика, теория алгоритмов, процессы Хоара и др. Эти дисциплины формируют математическое мышление и формальные подходы к разработке ПО. В программу обучения включены разделы ядра SWEBOK, а также отдельные виды программирования: объектно-ориентированное, компонентное и др.

Curricula–2004 рекомендует типовой факультативный учебный план обучения ПИ, который включает и некоторые разделы SWEBOK: проектирование ПО, интерфейсы приложений, программные средства и окружение, процессы разработки ПО, требования к ПО и проверку их реализации, методы эволюции ПО, управление программными проектами и качество ПО.

Дипломированные специалисты, получившие знания по такой программе, не пользуются большим спросом на рынке труда по производству программной продукции. Им не хватает знаний и опыта работы в современных технологиях, организации планирования и управления, распределения ресурсов проекта (людских, аппаратных, программных), оценки трудозатрат, повышения качества и в других важных вопросах ведения крупных промышленных проектов. Это, а также нехватка финансирования или неукладывание в заданную заказчиком стоимость выполнения проекта — одна из причин провалов проектов (около 42 %).

Недостаточная подготовка специалистов проявляется также и в том, что в программе их обучения практически отсутствуют дисциплины, ориентированные непос-

редственно на промышленное производство, а именно, управление, сборка, экономика, технология, стандарты жизненного цикла (ЖЦ), оценивание инфраструктуры организации-разработчика ПО, т.е. уровня зрелости организации и ее специалистов по модели СММ (Capability Maturity Model). Зачастую руководители проектов используют таких специалистов в качестве кодировщиков программ или организуют курсы повышения квалификации по некоторым важным для них задачам разработки ПП. Поэтому к перспективным направлениям дальнейшего развития современного программирования и производства ПО относятся предлагаемые новые дисциплины ПИ. Научная и инженерная дисциплины ПИ рассмотрены в [13], здесь они излагаются более кратко с акцентом на определение их роли в производстве ПП.

2. НОВЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

2.1. Программная инженерия как научная дисциплина. Научную основу дисциплин ПИ составляют классические науки (теория алгоритмов, теория множеств, теория доказательств, математическая логика и т.п.), теория программирования, теория построения языковых средств проектирования на уровне абстрактных моделей и архитектур целевых программных объектов. ПИ содержит основные базовые понятия и объекты, формальные подходы, методы, средства программирования и методы управления изготовлением ПП [6–9].

Основные понятия ПИ составляют типы и структуры данных, функции и композиции, простые и сложные целевые объекты. Разработка простых объектов выполняется посредством их определения и формального описания, спецификации, а составных целевых — с применением инженерных методов проектирования и организации управления процессов их изготовления.

Теория программирования является фундаментом научной дисциплины ПИ, она включает:

- методы, языки, средства спецификации и проектирования целевых объектов, методы доказательства их правильности (верификация, тестирование);
- формальные методы управления (персоналом, материальными и финансовыми ресурсами) проектом и отдельными его характеристиками;
- методы оценивания промежуточных и конечных результатов проектирования для достижения заданных показателей качества ПП (надежность, корректность и т.п.).

Таким образом, научная дисциплина является теоретическим фундаментом ПИ и изучать ее необходимо не только для повышения уровня квалификации будущих компьютерщиков, но и для поддержки и развития новых возможностей и средств программирования, которые усовершенствуют соответствующие направления индустрии ПИ. Одна из важных научных проблем для индустриального производства ПП — это интеграция (композиция, синтез) составных элементов будущего продукта, основанная на совместимости их интерфейсов. Ее надо решать, опираясь на фундаментальную теорию синтеза, как одну из ветвей теории программирования и научной дисциплины ПИ.

Именно научная дисциплина, которую, на наш взгляд, необходимо представить общим теоретическим курсом, а также курсами систематического программирования (объектно-ориентированного, компонентного, агентного и т.п.), отдельными действующими классическими курсами и дополнительными курсами из программы Curricula-2004, например инженерия качества [10] должна стать главным курсом обучения в вузах.

2.2. Инженерная дисциплина ПИ. Инженерная дисциплина определяет совокупность инженерных приемов, средств и стандартов, ориентированных на изготовление целевых объектов ПП с применением научной дисциплины ПИ [9–14]. С нашей точки зрения, базовыми компонентами этой дисциплины являются:

- ядро знаний SWEBOOK как набор методов и средств разработки ПП и управления проектами;
- базовый процесс ПИ как стержень процессной деятельности в организа-

ции-разработчике ПП;

— стандарты как набор регламентированных правил конструирования промежуточных артефактов на процессах ЖЦ;

— инфраструктура — условия среды, методическое и организационное обеспечение базового процесса ПИ и поддержки деятельности исполнителей ПП;

— общие системные средства и инструментальные среды поддержки процессов изготовления ПП.

Технология инженерного производства ПП базируется на повторном использовании компонентов (ПИК), готовых средствах, ресурсах и инструментах их построения. К таким технологиям относятся: инженерия ПИК (Reuse Engineering), инженерия приложений (Application Engineering), доменов (Domain Engineering) и семейство систем (Family of systems Engineering) [11–14].

Инженерия ПИК сформировалась как систематическая и целенаправленная деятельность по поиску и подбору готовых ПИК, которые размещаются в современных хранилищах (репозиториях или библиотеках) [3, 8, 9, 15]. Базис изготовления из них ПП — каркас, набор вновь реализованных компонентов и готовых функциональных ПИК. В новых ПП могут использоваться готовые прикладные системы (например, используемые в бизнесе, коммерции, экономике и т.п.), а также системы общего назначения (трансляторы, редакторы, ОС, СУБД, системы интеграции, генерации и т.п.).

Инженерия приложений и инженерия доменов также основываются на многократном использовании разных ПИК и других программных элементов. Основная задача этих видов инженерной деятельности — построение прикладных систем или семейств систем, которые реализуют задачи приложения или домена с учетом общих и изменяемых характеристик составляющих их элементов (членов семейства). Технология изготовления доменов вплотную подошла к современным принципам конвейерного производства продуктов из готовых деталей типа ПИК по модели домена в DSL (Domain Specific Language) и спецификациям каждого члена семейства [9, 12]. Основная суть этой технологии — управление работами по изготовлению ПП, базирующееся на план-графиках работ, контроле и экспертизе результатов работ, оценивании степени применимости готовых ресурсов в процессе реализации специфических задач домена.

Базовые компоненты данной инженерной дисциплины должны непрерывно совершенствоваться и адаптироваться к новому типу целевых объектов и условиям производственной среды (что в духе концепций совершенствования, заложенных в моделях CMM, SPICE, Trillium и др.).

Значение инженерной дисциплины в производстве первостепенное. Без инженерии не мыслится ни один промышленный продукт. Здесь нужно тщательно исследовать все наработки (как научные, так и инженерные) в области компьютерных наук и на их основе создать фундамент инженерной дисциплины, который будет включать описание стандартных принципов инженерии и базовых компонентов, а также современных языков спецификации доменов, членов семейств и процессов производства ПП средствами и инструментами инженерных технологий.

2.3. Дисциплина управления в ПИ. Базис этой дисциплины — классическая теория управления, менеджмент производства проектов и стандарт IEEE Std.1490 PMBOK (Project Management Body of Knowledge). Теория управления, а также теория организационного управления разработана акад. В.М.Глушковым в 70-х годах прошлого столетия. Эта теория проверена практикой при построении технологических процессов в металлургической, судостроительной и химической промышленности, а также при внедрении для целей массового производства (например, АСУ «Львов»). После смерти акад. В.М. Глушкова (1982 г.) математическая теория управления не получила должного развития.

Вместе с тем теория управления сложными системами, особенно теория планирования производства, развивалась зарубежом. Так, на фирме для планирования и создания планов-графиков больших комплексов работ для модернизации

заводов был разработан метод CRM (Critical Path Method), базис которого — графическое представление работ, соответствующих видов операций и времени их выполнения. Другой метод — сетевое планирование PERT (Program Evaluation and Review Technique), был апробирован при реализации проекта разработки ракетной системы aris, которая объединяла около 3800 подрядчиков (число операций свыше 60 тыс.). Применение метода было настолько успешным, что проект завершили на два года раньше запланированного срока. Каждый из этих методов возник в недрах промышленного производства. Они адаптированы к среде программирования и стали базовыми в индустрии программных продуктов.

Элементы теории управления и планирования нашли отображение в стандарте РМВОК. В нем определены процессы ЖЦ проекта и главные области знаний, сгруппированные по таким задачам, как инициация, планирование, мониторинг, управление и завершение. Основная область знаний этого ядра — интеграция — включает концепцию управления организационной деятельностью коллектива исполнителей проекта. Она базируется на методах принятия решений, касающихся ресурсов, общих задач проектирования, служб контроля правильности проекта и вкладывания в заданную заказчиком стоимость проекта [4, 7, 16].

Эти базовые наработанные теории управления и планирования, стандартные положения РМВОК, серии стандартов ISO 9001, регламентирующих управление качеством, и соответствующее методическое обеспечение проекта должны стать базисом дисциплины управления в ПИ. Сформированный курс обучения этой дисциплины с применением теории управления обеспечит подготовку в вузах будущих высококвалифицированных менеджеров проектов и других специалистов в области организационного управления выпуском ПП на производственной основе.

2.4. Экономическая дисциплина в ПИ. Экономика ПИ является самостоятельной дисциплиной ПИ и связана с экономическими аспектами индустрии ПП. В ее основе лежат экономические расчеты разных сторон деятельности исполнителей проекта с учетом знаний всех экономических факторов и текущих затрат в проекте. Эта дисциплина имеет свою теорию и практику решения задач по проведению экспертизы проекта, оценке стоимости, сроков и экономических показателей, устанавливаемых в требованиях к ПП при заключении контракта на его разработку. В рамках этой дисциплины проводится оценка требований, проектных решений, архитектуры, рисков разработки, связанных с имеющимися материальными и людскими ресурсами, показателями качества ПП, а также финансовых расчетов на всех этапах выполняемых договоров с каждым исполнителем.

Эта дисциплина наиболее развита с точки зрения методов экономических расчетов в ПИ, а именно, наличие методологий прогнозирования размера ПП (Function Points Analyses, Feature Points, Mark-II Function Points, 3D Function Points и др.); оценки трудозатрат на разработку ПП с помощью семейства моделей COCOMO, ряда других математических моделей оценки трудозатрат на разработку ПП (Angel, Slim, Seer-SEM и др.), а также моделей, связывающих экономические показатели ПП с характеристиками качества [10, 16].

При формировании этой дисциплины необходимо использовать фундаментальные экономические методы, связанные с принципами распределения и экспертизы работ в сложных системах, методы расчета стоимости отдельных частей систем в зависимости от размера ее составляющих и системы в целом, существующие стандарты, обеспечивающие оценку и сертификацию готового продукта и т.п. Систематизированный и научно обоснованный курс экономической дисциплины ПИ закроет пробел в ПИ, вызванный отсутствием соответствующих пособий и учебников для обучения специалистов, которые будут заниматься экономическими задачами в индустриальном цикле производства ПП.

2.5. Производственная дисциплина ПИ. Главным вопросом индустрии, как таковой, является не только выпуск программной продукции, но и получение прибыли. В области ПИ продукты массового производства, создаваемые извес-

тными фирмами Microsoft, IBM, Intel и др., а также результаты аутсорсинга (обновление устаревшего, унаследованного ПО) приносят владельцам большие прибыли. Этим подтверждается (в соответствии с толкованием понятия производство), что виды ПП этих фирм выпускаются на индустриальной основе. Производство ПП базируется на технологических процессах изготовления определенных видов продуктов с применением теории проектирования и инструментальных сред поддержки выпуска ПП.

Первыми попытками индустриального производства являются технологическая подготовка разработки ПП (ТПР) [12], линия продукта (Product line) института SEI США [17], обеспечивающая удовлетворение рыночных потребностей пользователей на некоторые виды программной продукции. К более передовым инженерным технологиям производства ПП относятся инженерия приложений, доменов, семейств систем, а также средства поддержки их производства (ОС, общесистемные средства, новые языки, интегральные среды и т.п.).

ТПР применялась при разработке АИС «Юпитер» для производства программ обработки данных на нескольких объектах этой системы. В последние годы ТПР не развивалась из-за отсутствия такого рода систем. Производство ПП на упомянутой линии продуктов осуществляется из готовых программ, информационных ресурсов, ПИК, средств и инструментов по технологической линии, в которую включаются необходимые методы разработки, тестирования и оценивания конечного результата. Технология конструирования на такой линии выполняется с помощью каркаса ПП и применения подобранных ПИК. Инструментальная среда их разработки содержит необходимые средства и инструменты производства, а также механизмы отслеживания процесса построения продукта в соответствии с планом, установленным заказчиком.

За последние годы в Украине практически не разрабатываются такие технологические линии и инструментальные среды. Сложился новый стиль работы — внедрение, аутсорсинг готовых зарубежных систем и инструментов, который составляет свыше 35 % общего объема работ от программирования. Возникают трудности при сопровождении таких систем, поскольку они не всегда получены по лицензиям и поэтому, как правило, не имеют соответствующей документации по принципам построения и использованию готового продукта.

В индустрии ПП пока не решены проблемы, касающиеся сложности объектов и процессов изготовления ПП. Мало научных работ, в которых предлагаются эффективные способы преодоления сложности, особенно при интеграции больших программных проектов из разных простых и готовых программных ресурсов, а также при их эволюции.

Данная дисциплина, как предмет обучения, должна включать классические методы и технологии производства разных видов продуктов, методы анализа сложности структуры, средства описания специфических особенностей целевых объектов, оценки готовых ресурсов и особенностей инструментальных сред, языков спецификации этих объектов, стандартных положений по производству и документированию готового продукта.

3. Обучение предмету ПИ. Все рассмотренные выше дисциплин ПИ и их базовые теории, по нашему мнению, должны стать самостоятельными предметами обучения студентов в вузах, специализирующихся в области программной инженерии с ориентацией на индустриальное производство ПП.

В плане обучения ПИ нами было разработано первое учебное пособие на украинском языке (2001 г.) [8], посвященное основам ПИ, оно частично применяется в нескольких университетах страны. Кроме того, опубликован учебник на русском языке [11] и разработан на украинском [14] для современного преподавания предмета ПИ, включая краткое изложение некоторых из перечисленных дисциплин. В новом учебнике представлены базовые элементы и инструменты инженерии разработки разных целевых объектов ПИ, а также процессы ЖЦ, методы проектирования и управления коллективами исполнителей, качеством, сро-

ками и стоимостью. Описаны базовое ядро SWEBOOK, PMBOOK и некоторые стандарты, используемые в инфраструктуре менеджмента проекта.

Структура учебников соответствует типовой программе SE201 Curricula-2004, современным требованиям к предмету преподавания и рабочей программе по программной инженерии Министерства науки и образования Украины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные дисциплины ПИ обобщают многолетние исследования, разработки прикладных систем и научных проектов, связанных с проблемами ПИ, а также курсы лекций по технологии программирования и программной инженерии в Киевском национальном университете и филиале МФТИ при Институте кибернетики НАН Украины. Автор надеется, что в перспективе эти дисциплины будут рассмотрены рабочим комитетом Curricula-2010 и все или некоторые из них будут включены в новую программу обучения ПИ в вузах как необходимые средства подготовки специалистов для участия в индустриальном производстве ПП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jacobson I. Object-oriented Software Engineering. A use case Driven Approach, Revised Printing.- New York: Addison Wesley, Publ. Co., 1994. — 529 с.
2. Pfleeger S.L. Software Engineering. Theory and practice. — New Jersey: Printice Hall: Upper Saddle River, 1998. — 576 p.
3. Jacobson I., Griss M., Jonsson P. Software Reuse. — N.-Y.: Addison-Wesley, 1997. — 497 p.
4. Сомервилл И. Инженерия программного обеспечения. — М.; СПб; Киев: Изд. дом «Вильямс», 2002. — 623 с.
5. Рекомендации по преподаванию программной инженерии и информатики в университетах. — Computing Curricula-2001: Comput. Sci. / Перев. с англ. — М.: Университет информ. технологий, 2007. — 462 с.
6. Лаврищева Е.М., Грищенко В.М. Сборочное программирование. — Киев: Наук. думка, 1991. — 213 с.
7. Андон Ф.И., Лаврищева Е.М. Методы инженерии распределенных компьютерных приложений. — Киев: Наук. думка, 1998. — 228 с.
8. Бабенко Л.П., Лаврищева К.М. Основы программной инженерии. — КиВв: Знання, 2001. — 269 с.
9. Лаврищева Е.М. Методы программирования. Теория, инженерия, практика. — Киев: Наук. думка, 2006. — 450 с.
10. Основы инженерии качества программных систем / Ф.И. Андон, Г.И. Коваль, Т.М. Коротун, Е.М. Лаврищева, В.Ю. Сулов // 2-е изд. — Киев: Академперіодика, 2007. — 680 с.
11. Лаврищева Е.М., Петрухин В.А. Методы и средства инженерии программного обеспечения. — М.: Министерство образования и науки РФ, 2007. — 415 с.
12. Лаврищева Е.М. Становление и развитие модульно-компонентной инженерии программирования в Украине. — Преп. 2008-1. — Инс-т кибернетики им. Глушкова. — 33 с.
13. Лаврищева Е.М. Программная инженерия — научная и инженерная дисциплина. — Кибернетика и системный анализ. — 2008. — № 3. — С. 19-28.
14. Лаврищева К.М. Програмна інженерія. — КиВв: ВНУ, 2008. — 435 с.
15. Бабенко Л.П. Проблемы повторного использования в программной инженерии // Кибернетика и системный анализ. — 1999. — № 2. — С. 155-166.
16. Боэм Б.У. Инженерное проектирование программного обеспечения. — М: Радио и связь, 1985. — 511 с.
17. Northrop L.M. SEI's Software Product Line Tenets // IEEE Software. — 2002. — 19, N 4. — P. 32-39.

Поступила 26.06.2008