

УДК 004.43

DOI 10.25205/1818-7900-2021-19-1-80-92

Вопросы мотивации обучения сложным профессиям

**М. М. Лаврентьев¹, Л. В. Городня^{1,2}, М. А. Держо¹, Н. А. Иванчева¹
Д. В. Иртегов¹, Д. С. Мигинский¹, Б. Н. Пищик^{1,2}**

¹ Новосибирский государственный университет
Новосибирск, Россия

² Институт систем информатики им. А. П. Ершова СО РАН
Новосибирск, Россия

³ Федеральный исследовательский центр вычислительных и информационных технологий
Новосибирск, Россия

Аннотация

Цель статьи – привлечь внимание к образовательному значению стандартов на профессиональную квалификацию в области ИТ с точки зрения обучения сложным профессиям и формирования профессионального корпуса. Сформулировано предложение по уточнению стандарта на профессию «системный программист».

Ключевые слова

обучение программированию, системное программирование, создание компиляторов, конструирование операционных систем, разработка баз данных, парадигмы программирования, семантические системы, профессиональная квалификация, проблемно-ориентированные языки, DSL-языки

Для цитирования

Лаврентьев М. М., Городня Л. В., Держо М. А., Иванчева Н. А., Иртегов Д. В., Мигинский Д. С., Пищик Б. Н. Вопросы мотивации обучения сложным профессиям // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2021. Т. 19, № 1. С. 80–92. DOI 10.25205/1818-7900-2021-19-1-80-92

Problems of Motivation for Studying Complex Professions

**M. M. Lavrentiev, L. V. Gorodnyaya, M. A. Derzho, N. A. Ivancheva
D. V. Irtegov, D. S. Miginsky, B. N. Pishchik**

¹ Novosibirsk State University
Novosibirsk, Russian Federation

² A. P. Ershov Institute of Informatics Systems SB RAS
Novosibirsk, Russian Federation

³ Federal Research Center Institute of Computing and Information Technologies
Novosibirsk, Russian Federation

Abstract

The purpose of the article is to draw attention to the educational value of standards for professional qualifications in the field of IT in terms of training in complex professions and the formation of a professional community. A proposal has been formulated to improve the standard for the profession “system programmer”.

Keywords

programming training, system programming, compiler construction, design of operating systems, development of databases, programming paradigms, semantic systems, professional qualifications, problem-oriented languages, DSL languages

For citation

Lavrentiev M. M., Gorodnyaya L. V., Derzho M. A., Ivancheva N. A., Irtegov D. V., Miginsky D. S., Pishchik B. N. Problems of Motivation for Studying Complex Professions. *Vestnik NSU. Series: Information Technologies*, 2021, vol. 19, no. 1, p. 80–92. (in Russ.) DOI 10.25205/1818-7900-2021-19-1-80-92

© М. М. Лаврентьев, Л. В. Городня, М. А. Держо, Н. А. Иванчева,
Д. В. Иртегов, Д. С. Мигинский, Б. Н. Пищик, 2021

ISSN 1818-7900 (Print). ISSN 2410-0420 (Online)

Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2021. Том 19, № 1

Vestnik NSU. Series: Information Technologies, 2021, vol. 19, no. 1

Введение

В сентябре 2018 г. факультет информационных технологий (ФИТ) НГУ открыл новую четырехлетнюю образовательную программу подготовки бакалавров «Компьютерные науки и системотехника (Computer Science and System Design)» в рамках направления «09.03.01 Информатика и вычислительная техника». Новая программа соответствует актуальным международным принципам и практике образования в этой области и сфокусирована на ранней мотивации студентов и развитии у них востребованных профессиональных навыков [1; 2].

Следует отметить, что выпускники новой программы востребованы в сфере переноса программного обеспечения на новые компьютерные архитектуры, особенно на массово распространяемые мобильные устройства, чувствительные не только к эффективности вычислений, но и к оптимизации энергопотребления. Флагманы компьютерной индустрии испытывают серьезные трудности в привлечении специалистов, имеющих навыки приаппаратного программирования и обладающих изобретательскими способностями для повторного программирования системных библиотек. Не меньшая востребованность выпускников новой программы имеется в области суперкомпьютерных технологий, производительность которых требует высокой квалификации системных программистов, способных создавать параллельные алгоритмы и выполнять их масштабируемую реализацию для широкого класса многопроцессорных систем. Обе эти линии проблем отмечены в ряде докладов престижной конференции ACM по языкам программирования¹.

Интересно, что при поступлении на ФИТ НГУ многие студенты отчетливо сознают ключевую роль системного программирования в успехах ИТ-индустрии и с бесспорным энтузиазмом включаются в учебный процесс. Картина несколько искажается на этапе получения диплома. Выпускники приходят к пониманию, что после двух-трех лет профессионального программирования им предстоит переквалифицироваться на руководителей проектов или технических писателей или менеджеров, более приспособленных к карьерному росту.

Карьерные перспективы в области ИТ

Новая образовательная программа базируется на нескольких профессиональных стандартах и ориентирована на реализацию наиболее важных принципов: создание условий для развития и профессионального роста; гибкость системы подготовки, учитывающая инновационный и научный векторы интересов студентов, их индивидуальные таланты и интересы. Преимущества такого подхода состоят в представлении студента как будущего профессионала с самого первого дня. Обучение сосредоточено на их профессиональной практике, для Computer Science это дизайн и реализация программного, аппаратного и иного обеспечения компьютерных систем [1; 2].

К настоящему времени разработано и утверждено большое число стандартов на профессиональную квалификацию, на которые должна опираться профессиональная подготовка в учебных заведениях, нацеленная на предстоящий переход к сертификации соответствия профессиональным стандартам в производственной деятельности. Дальнейшее развитие принятых стандартов требует достаточно четкой методики измерения фактической сложности работ и необходимого для них уровня знаний и квалификации. Важно обратить внимание на положения, сформулированные относительно такой ключевой профессии, как «Системный программист», препятствующие мотивации обучения из-за отсутствия перспективы карьерного роста и системы послевузовской поддержки квалификационного развития². Примеры отдельных параметров стандартов в ИТ-индустрии приведены в табл. 1.

¹ ACM Federated Computing Research Conference (FCRC), <https://pldi19.sigplan.org/> PLDI is the premier forum in the field of programming languages and programming systems research, covering the areas of design, implementation, theory, applications, and performance.

² <http://fgosvo.ru/docs/101/69/2/6>

Таблица 1

Отдельные характеристики стандартов в порядке регистрации

Table 1

Individual characteristics of standards in the order of registration

Стандарт	Профессия	Число станций	Уровни квал ификации
06.001	Программист	21	3–6
06.003	Архитектор программного обеспечения	62	4–6
06.004	Специалист по тестированию в области информационных технологий	26	4–6
06.011	Администратор баз данных	36	4–7
06.012	Менеджер продуктов в области информационных технологий	24	4–7
06.014	Менеджер по информационным технологиям	34	6–9
06.015	Специалист по информационным системам	248	4–7
06.016	Руководитель проектов в области информационных технологий	117	6–8
06.017	Руководитель разработки программного обеспечения	24	6–7
06.019	Технический писатель (специалист по технической документации в области информационных технологий)	47	4–8
06.022	Системный аналитик	44	4–7
06.025	Специалист по дизайну графических и пользовательских интерфейсов	25	4–7
06.026	Системный администратор информационно-коммуникационных систем	50	4–7
06.027	Специалист по администрированию сетевых устройств информационно-коммуникационных систем	32	4–7
06.028	Системный программист (разработка драйверов и компиляторов)	38	6 *
	Системный программист (разработка БД)	38	7 **
	Системный программист (разработка ОС)	38	7
06.029	Менеджер по продажам информационно-коммуникационных систем	38	5–8
06.035	Разработчик Web и мультимедийных приложений	35	3–7
06.040	Специалист по контролю качества информационно-коммуникационных систем	30	5–7
06.041	Специалист по интеграции прикладных решений	21	4–7
06.044	Консультант в области развития цифровой грамотности населения (цифровой куратор)	14	3–5

* Уровень 6 – выпускник бакалавриата с годом стажа.

** Уровень 7 – выпускник магистратуры.

Результаты анализа системы стандартов в области ИТ

Анализ и сравнение опубликованных стандартов разного уровня требований к профессиональной квалификации позволяет выделить заметные различия в возможностях карьерных перспектив для представителей разных профессий. Более ясно разница видна при упорядочении

дочении стандартов по квалификационным уровням, что представлено в табл. 2, которая показывает прикладное и образовательное значение выбора профессиональной подготовки и направления специализации при формировании профессионального корпуса специалистов в области ИТ. Примерное различие в карьерных лифтах для большинства ИТ-профессий, согласно Стандарту, составляет 4–5 позиций против одной позиции для системных программистов. Профессиональная подготовка системных программистов как ключевой профессии согласно такому спектру стандартов не имеет карьерного лифта внутри профессии.

Таблица 2

Характеристики стандартов по уровням квалификационного роста

Table 2

Characteristics of standards by levels of qualification growth

Стандарт	Профессия	Число станиц	Уровни квалификации
06.014	Менеджер по информационным технологиям	34	6–9
06.016	Руководитель проектов в области информационных технологий	117	6–8
06.029	Менеджер по продажам информационно-коммуникационных систем	38	5–8
06.019	Технический писатель (специалист по технической документации в области информационных технологий)	47	4–8
06.017	Руководитель разработки программного обеспечения	24	6–7
06.040	Специалист по контролю качества информационно-коммуникационных систем	30	5–7
06.011	Администратор баз данных	36	4–7
06.012	Менеджер продуктов в области информационных технологий	24	4–7
06.015	Специалист по информационным системам	248	4–7
06.022	Системный аналитик	44	4–7
06.025	Специалист по дизайну графических и пользовательских интерфейсов	25	4–7
06.026	Системный администратор информационно-коммуникационных систем	50	4–7
06.027	Специалист по администрированию сетевых устройств информационно-коммуникационных систем	32	4–7
06.041	Специалист по интеграции прикладных решений	21	4–7
06.028	Системный программист (разработка БД)	5 из 38	7
06.028	Системный программист (разработка ОС)	15 из 38	7
06.035	Разработчик Web и мультимедийных приложений	35	3–7
06.001	Программист	21	3–6
06.003	Архитектор программного обеспечения	62	4–6
06.004	Специалист по тестированию в области информационных технологий	26	4–6
06.028	Системный программист (разработка драйверов и компиляторов)	6 из 38	6
06.044	Консультант в области развития цифровой грамотности населения (цифровой куратор)	14	3–5

Для гармонизации системы стандартов нужна методика оценки, прогнозирования и представления сложности разных видов работ, их трудоемкости, зависимости от спектра требований к качеству результата, возможности измеримых характеристик достигнутого результата, необходимости определенного квалификационного уровня, что может быть представлено средствами деловой графики, успешно применяемыми для представления сложных данных, традиционно сводимых к числовым соотношениям. Можно обратить внимание на разброс числа требований к одному уровню квалификации для разных профессий. Если системный программист (разработка драйверов и компиляторов) должен выполнять 27–36 требований, то руководителю проектов в области информационных технологий того же 6-го уровня достаточно выполнять 5–8 требований, а менеджеру по информационным технологиям – 12–16. Примерно такой же дисбаланс имеет место и для системных программистов в области разработки баз данных, которые должны выполнять 32–54 требования, и операционных систем – 28–56 требований, в то время как руководителю проектов в области информационных технологий того же 7-го уровня достаточно выполнять 4–19 требований, а менеджеру по информационным технологиям – 12–15 требований³.

Анализ содержания модели основных трудовых функций

При анализе трудовых функций программирования можно рассмотреть и сравнить содержательную сложность трудовых функций специалистов одного уровня. Для примера рассмотрим 6-й уровень стандарта на профессию «Программист» и стандарт на профессию «Системный программист». Разница в числе требований сосредоточена на требованиях, нацеленных на понимание смысла решаемых задач, развитие области приложения решений, определение границы применимости полученных результатов и достижение системности при обобщении созданных инструментальных средств, важнейших для решения задач современных ИТ.

Результаты программирования, интегрированные как ИТ-индустрия, справедливо объясняются системным подходом к решению массово востребованных задач. Характерной чертой системного подхода как ведущего метода программирования является переход к классу задач при содержательном анализе постановок задач. Границы класса устанавливаются выбором процесса решения задач. Результаты содержательного анализа в конце концов овеществляются в форме, достаточно удобной для их массового заимствования: программная документация, языки программирования, системы команд компьютера – архитектура, операционные системы, системы программирования, программные инструменты, библиотеки программ, алгоритмы, руководства по применению. Это позволяет переходить к массовому решению аналогичных задач без глубокого анализа каждой из них.

Всё это не представляет собой ничего особенного, если не обращать внимание на то, что применение компьютеров и телекоммуникаций при реализации программ, порождающих механизмов и решений конкретных задач допускает соблазнительную возможность вместо непосредственного решения задач, переходить к практике применения готовых решений независимо от достижения хорошего понимания задачи. Результат увлечения этой возможностью общеизвестен – избыточная сложность программного обеспечения, обуславливающая неудовлетворительную надежность его применения и рост накладных расходов на его изучение, сопровождение и перенос на новые архитектуры. Попытки преодоления этого эффекта аналитическим путем привели к постановке не менее сложных проблем. Это можно рассматривать как обоснование необходимости более фундаментального подхода к программированию, особенно к системному программированию. Поэтому подготовка специалистов в такой сфере требует налаженного взаимодействия университетов с наукой и ИТ-индустрией, поддерживающей экспериментально-исследовательскую активность, включая разработку необ-

³ <http://fgosvo.ru/docs/101/69/2/6>

ходимых методик и создание системы непрерывной переподготовки кадров. Вопрос оценки сложности систем программирования был подробно исследован Т. С. Васючковой [3].

Обсуждение проблемы

Проблема подготовки системных программистов внимательно рассмотрена на конференции «ИТ-образование в РФ», ежегодно проводимой АПКИТ, в решении которой отмечена необходимость совершенствования системы профессиональных стандартов. Большинство участников обсуждения – университетские преподаватели ведущих университетов РФ из многих городов (Москва, Санкт-Петербург, Тверь, Таганрог, Красноярск, Томск, Новосибирск и др.), выполняющие специализацию по системному программированию, нашедшие исключительные средства и методы решения основных проблем такого рода. Стоит обратить внимание, что эта проблема упоминается в лекциях многих лауреатов премии Тьюринга⁴.

Обсуждение было продолжено в рамках программы 12-й Ершовской международной конференции «Перспективы систем информатики» (ПСИ-19), состоявшейся в новосибирском Академгородке 3 июля 2019 г. в форме круглого стола и объединившей работу всех трех рабочих семинаров конференции: «Наукоемкое программное обеспечение», «Информатика образования» и «Семантики программ, спецификация и верификация», участники которых – представители науки и ИТ-индустрии.

В работе Круглого стола приняло участие более 40 человек, включая профессора, доктора физико-математических наук, заведующего кафедрой программирования ММФ НГУ, заведующего лабораторией ИСИ СО РАН А. Г. Марчука (председатель), главного научного сотрудника Института системного программирования РАН, профессора кафедры автоматизации систем вычислительных комплексов факультета вычислительной математики и кибернетики (ВМК) МГУ им. М. В. Ломоносова, Заслуженного деятеля науки РФ А. Н. Томилина, вице-президента НИУ «ВШЭ» И. Р. Агамирзяна, ответственного секретаря Совета ИТ кластера Ассоциации «СибакадемСофт» Ю. М. Зыбарева, профессора, доктора физико-математических наук, декана ФИТ НГУ М. М. Лаврентьева, директора ИСИ СО РАН А. Ю. Пальянова, доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника Института системного программирования РАН, лауреата государственной премии СССР Е. М. Лаврищеву, генерального директора и основателя компании «Ланит-Терком», члена Правления всероссийской ассоциации РУССОФТ, члена ACM и IEEE CS, заведующего кафедрой системного программирования Санкт-Петербургского государственного университета, профессора, доктора физико-математических наук А. Н. Терехова, научного сотрудника ИСИ СО РАН, кандидата физико-математических наук, доцента Д. С. Мигинского, старшего научного сотрудника Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН А. В. Климова, старшего научного сотрудника Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН А. И. Адамовича, заместителя директора по науке ИСИ СО РАН, кандидата физико-математических наук, доцента Ф. А. Мурзина, заведующего лабораторией ИСИ СО РАН, кандидата технических наук, доцента Ю. А. Загоруйко, старшего научного сотрудника ИСИ СО РАН, кандидата физико-математических наук, доцента Л. В. Городнюю, кандидата физико-математических наук, доцента Т. В. Батуру, кандидата экономических наук, ведущего научного сотрудника Института экономики и организации промышленного производства СО РАН Т. Н. Есикову, доцента кафедры систем информатики ФИТ НГУ Н. А. Иванчеву, старшего научного сотрудника ИВМиМГ СО РАН, кандидата физико-математических наук, доцента НГУ И. Н. Скопина, кандидата физико-математических наук Н. В. Шилова, старшего научного сотрудника ИСИ СО РАН, кандидата физико-математических наук, доцента

⁴ Полунов Ю. Л. Лауреаты премии Тьюринга за период с 1966 по 2004 г. URL: <https://www.computer-museum.ru/frgnhist/turingpr.htm>; Turing Prize winners. URL: http://whinger.krc.karelia.ru/paper/cl/Turing_Award_presentations.doc.html

З. В. Апанович, старшего научного сотрудника ИСИ СО РАН, кандидата физико-математических наук Е. А. Сидорову, кандидата технических наук, доцента В. И. Шелехова, исполнительного директора Кадрового агентства Алексея Сухорукова А. Панькову, учителя информатики физико-математического лицея-интерната «ЮГРА» В. А. Новожилову, научного сотрудника ИСИ СО РАН Е. В. Бодина, научного сотрудника ИСИ СО РАН Т. В. Нестернко, научного сотрудника ИСИ СО РАН Г. Б. Загорулько, научного сотрудника ИСИ СО РАН Т. И. Тихонову, программиста-исследователя ООО «АкадемДжин» С. С. Крайниковского. Работой круглого стола руководил профессор А. Г. Марчук. Выступали А. Г. Марчук, Е. М. Лаврищева, А. Н. Томилин, Д. С. Мигинский, Ю. М. Зыбарев, А. Н. Терехов, И. Р. Агамирзян, Л. В. Городняя, А. Панькова, В. А. Новожилова. Многие участники задавали вопросы и выражали свое мнение по ключевым линиям выступлений.

Были рассмотрены следующие темы:

- вопросы перспектив системного и прикладного программирования;
- проблема поиска талантливой молодежи, способной решать задачи системного программирования;
 - актуальность создания средств программирования, исключающих на практике обилие непринципиальных ошибок в программах, поддерживающих понимание всех подходов к созданию программ и программных систем;
 - экспериментальное направление подготовки молодых специалистов на базе ФИТ НГУ, нацеленное на усиленную подготовку по системному программированию и сокращение разрыва между исторически сложившимися программами подготовки программистов и международными требованиями к таким программам, особенно в области соответствия требованиям работодателей;
 - эксперимент по одновременному продвижению по теоретическому фундаменту и профессиональной практической подготовке ради устойчивости становления молодых специалистов;
 - проблемы инженерного образования в свете вовлечения высококвалифицированных специалистов в государственные программы цифровой экономики;
 - иллюзия насыщения потребности в ИТ-специалистах;
 - прецедент успешного образования программистов под Ершовским лозунгом «Программирование – вторая грамотность» формировался шире, чем чисто университетское обучение, дополнением было и самообразование, и дистанционное общение, и факультативные формы типа Летних школ юных программистов;
 - классическая математика, традиционно выполняющая роль фундамента программирования, мало уделяет внимания моделям времени и ресурсов;
 - школьный курс информатики претерпел резкий крен в сторону пользовательских навыков, сдерживающих созревание алгоритмического мышления;
 - тенденция перепрофилирования программистов в грамотных пользователей или менеджеров;
 - важность привлечения представителей работодателей к постановке учебной практики программистов;
 - проблемы взаимодействия учебных программ с требованиями ФГОС;
 - госстандарты на профессии «Программист» и «Системный программист», в отличие от остальных ИТ-профессий, не предусматривает карьерного роста для высококвалифицированных программистов в области создания компиляторов, СУБД и ОС;
 - кадровый дефицит в ИТ-индустрии, потребность в специалистах с уникальными навыками, применимыми у конкретного работодателя;
 - только 10 % выпускников вузов соответствуют требованиям работодателей;
 - успешный опыт преподавания программирования в Ханты-Мансийске, выпускники поступают в самые престижные университеты РФ.

В результате обсуждения сделаны конструктивные выводы относительно места системного программирования в сфере ИТ-индустрии, подходов к образованию программистов и особенно системных программистов, вопросов формирования и исследования математических моделей как фундаментального базиса для решения особо важных проблем эффективности, надежности и безопасности программного обеспечения и перспектив организации системы поддержки квалификационного и карьерного роста программистов, включая системных программистов.

1. Востребованность системного программирования как ключевого механизма решения важных задач по проекту цифровой экономики ждет своего описания, определяющего круг проблем, решаемых экспериментальной, системной и теоретической информатикой, дающей основания для перехода к инженерным решениям, отвечающим вызовам компьютерных технологий. В числе таких задач следует отметить задачи системного программирования по созданию конструктивных средств программирования, достаточных для общего владения разными подходами к созданию надежных и безопасных программ в разных областях приложения.

2. Образование программистов и особенно системных программистов требует непрерывного взаимодействия основных уровней образовательной системы (школа – колледж – вуз), дополненного системами факультативного, дистанционного образования и поддержкой самообразования, достаточных не только для привлечения талантливой молодежи, но и для сохранения мотивации к совершенствованию профессиональной квалификации, в частности учета мирового опыта подготовки информатиков в области системного программирования.

3. Школьный уровень подготовки программистов следует нацелить на приоритет формирования алгоритмического мышления как основы для понимания роли точных, допускающих формализацию, математических методов надежного программирования и верификации программ, являющихся основой создания безопасных ИТ и развития ИТ-индустрии. Следует особо отметить рост требований к квалификации специалистов в области прикладного программирования, переходящего в мировой практике на уровень создания проблемно-ориентированных языков программирования, что резко повысит востребованность системного программирования в сфере массовых приложений в ближайшие годы.

4. При создании, формировании и исследовании математических моделей как фундамента для решения особо важных проблем эффективности, надежности и безопасности программного обеспечения следует обратить особое внимание на развитие моделей, связанных со временем и ресурсами, слабо представленных в курсах по классической математике. Именно одновременное продвижение по теоретическому фундаменту и практической подготовке дает устойчивость системе обучения программистов и делает практичным образование системных программистов.

5. Обучение профессии «Системный программист» связано с поиском талантливой молодежи и организацией специальных форм обучения, что возможно лишь для немногих сильных университетов. Среди форм обучения – многолетний, начиная со школьных лет, конкурсный отбор способных учеников на разных факультативных мероприятиях, включая международные программистские олимпиады, из которых на самых престижных мирового уровня чемпионатах российские команды показывают достойные результаты.

6. Квалификация системного программиста включает в себя глубокое владение фундаментальной математикой, ознакомление с современной физикой, формирование способностей изобретать решения новых задач и навыки повышать качество готовых решений.

7. Стремительное развитие ИТ заметно опережает возможности человека оперативно осваивать новые аппаратуру и системные средства ИТ, выходящие за пределы пользовательского уровня, поддерживаемого поставщиками инструментария и программных продуктов. Поэтому необходима система повышения квалификации и карьерного роста, нацеленная на регулярное ознакомление практиков, квалификация которых обрела жизненно важное для общества значение, с новыми возможностями ИТ. Такая система может удостоверить и по-

ощрять квалификационный рост специалистов на протяжении всей профессиональной деятельности в области практического программирования, научно-исследовательской активности и системного программирования.

8. В современных условиях расширения зависимости всех сфер жизнедеятельности от автоматизации на базе ИТ-технологий следует обратить внимание на роль квалификации ИТ-специалистов в области системного программирования, возможности карьерного роста в этом направлении и поддержки поствузовского повышения квалификации специалистов в этой жизненно важной системе общества, сравнимой с медициной и образованием. Следует особо отметить мировую тенденцию заимствования прикладным программированием средств и методов системного программирования, выявившуюся в форме массового создания проблемно-ориентированных компьютерных языков.

9. Нередко потребность в карьерном росте системные программисты реализуют переходом в технические писатели, руководители проектов или менеджеры. Это чревато не только накладными расходами на овладение иной профессией, но и утратой навыков практического программирования, обусловленной высоким темпом смены элементной базы и пользовательских интерфейсов.

10. В пространстве ИТ-индустрии профессия «Системный программист» не нацелена непосредственно на производство товара массового спроса, что затрудняет оценку вклада системного программирования в экономику ИТ-технологий. Миссия этой специализации – создание инструментария, позволяющего повышать качество сложных информационных систем, включая поиск решений по обеспечению надежности и безопасности информационных технологий.

11. Целесообразно создать систему поощрения квалификационного роста программистов в дополнение к профессиональным стандартам «Программист» и «Системный программист», согласованную с системой профессиональных стандартов в сфере ИТ, способствующую повышению уровня квалификации профессионального корпуса ИТ-специалистов, нацеленную на поддержку перспектив систем информатики и ИТ-индустрии в целом.

Предложение по систематизации уровней квалификации

Для профилактики потерь в квалификационном потенциале практического производственного программирования целесообразно дополнить определение стандарта 06.028 системой поощрения квалификационного роста, обмена опытом и повышения квалификации. Прежде всего бросается в глаза, что на верхних уровнях квалификации почему-то по всем направлениям выпала такая деятельность, как участие в разработке стандартов, а это важная деятельность, содержание которой требует внимания не только работодателей, но и квалифицированных ИТ-специалистов.

Есть мнение, что разработчикам нижних уровней квалификации не следует включать в список работ разработку простых компиляторов. Простые компиляторы в наше время никому не нужны, они не интересны работодателям, не имеют перспективы как продаваемый продукт, разве что в рамках учебных заданий.

Нижние уровни квалификации – это разработка не простых продуктов, а небольших подсистем сложных продуктов, причем не только компиляторов, но и других инструментов – линкеры, ассемблеры, интерпретаторы сборочных скриптов, отладчики и мн. др. Не стоит при этом забывать, что разработка подсистем обладает примерно в три раза большей трудоемкостью, чем разработка эквивалентной по сложности автономной программы.

Впрочем, можно обратить внимание на уже сложившуюся мировую тенденцию экстенсивного порождения DSL-языков, число которых уже насчитывает не десятки или сотни, а десятки тысяч. Эта тенденция знаменует важный технологический переход. Такие языки программирования формируются в стабильных линиях производства, обладающих сложившейся речевой практикой, достаточной для формализации специального предметно-ориен-

тированного языка программирования. Отсутствие стабильных производственных линий позволяет мировые тенденции до поры до времени не замечать. Но можно ли рассчитывать, что со времени они не станут важными и у нас?

Для разработчиков компиляторов, кроме разработки небольших автономных систем, компонентов и переноса готовых изделий на новые архитектуры, целесообразно выделять такие уровни рабочих функций, как разработка простого компилятора с известного языка на массово используемую архитектуру, допускающая применение готовых инструментов по автоматизации процесса компиляции; разработка многоуровневого компилятора, требующего создания специальных промежуточных языков для преодоления семантической дистанции между реализуемым языком и целевой архитектурой, разработка оптимизирующего компилятора, требующего глубокого знания целевой архитектуры и теоретической схематологии для достижения необходимого уровня результирующего кода и разработка высокопроизводительного компилятора для производства программ, ориентированных на параллельные вычисления и распределенные системы, подчиненные требованиям особо высокой надежности и безопасности. Серия сложных, не достаточно изученных вопросов связана с проблемами управления скоростью, памятью, энергопотреблением.

Для разработчиков систем управления базами данных (СУБД) целесообразно в дополнение к разработке автономных БД для преодоления семантической дистанции между терминологией пользователя и реализационными возможностями целевых средств СУБД определить следующие уровни рабочих функций, ориентированных на разработчиков СУБД. Такие разработчики решают задачи компиляции и оптимизации запросов на входном языке для распределенных БД, синхронизации данных для распределенных БД, применяющих методы фрагментации и репликации, создания параллельных СУБД для современных аппаратных платформ. Отдельная линия должна быть нацелена на функцию обработки входного запроса. Как правило, версия СУБД для создания распределенных БД не входит в основную поставку СУБД. Можно считать это более сложным продуктом, требующим и большей квалификации.

Конкретно по операционным системам, на нижнем уровне. Кстати, разработчики оригинального документа Стандарта как раз постарались включить именно разработку подсистем, но почему-то только драйверов. Между тем в операционных системах множество других компонентов, которые можно доверить джуниору разработчику, например разного рода утилиты. На среднем уровне разработчики оригинального документа, видимо, ничего не слышали о таких направлениях, как контейнерная и гипервизорная виртуализация, системы управления пакетами и то, что сейчас называется оркестрацией сервисов (helm и kubernetes), а также задачи обеспечения безопасности, как на уровне управления доступом, так и на уровне обнаружения вторжений и защиты от них. Сети тоже нигде не упоминаются, а без сети операционная система в современном мире бесполезна. Высокие уровни квалификации, очевидно, должны включать разработку и анализ новых стратегий управления ресурсами – как универсальных, так и специализированных (для систем реального времени, высоконагруженных, массивно параллельных и т. д.). Анализ может включать как теоретическое исследование (например, доказательство корректности), так и имитационное моделирование, а также теоретический анализ средств обеспечения безопасности, в том числе криптографических.

Заключение

Описанные решения по анализу трудовых функций для упорядочения квалификационных уровней профессии «Системный программист» можно рассматривать как предварительную оценку понятийной сложности в применении к разным видам квалификации в области ИТ. Предложенные формы при оценке сложности и трудоемкости деятельности можно дополнить разделением требований к постановкам задач по сферам применения и качеству резуль-

татов, включая степень изученности решаемых задач, требования к результатам решения задач и возможность измерения достигнутых результатов. Разброс сложности квалификационных требований допускает выделение в профессии «Системный программист» уровней с 7-го по 9-й, особенно учитывая требования ФГОС к компетенциям по пониманию изучаемого материала и формированию способностей к развитию специалиста. Особо следует отметить, что фактический список трудовых функций может быть существенно дополнен с учетом роста актуальности работ в области новых мобильных архитектур и суперкомпьютеров.

Список литературы

1. **Лаврентьев М. М., Городняя Л. В., Держо М. А., Мигинский Д. С.** Вопрос карьерных перспектив в области ИТ // Научное программное обеспечение: Тр. семинара 12-й Междунар. Ершовской конф. по информатике (ПСИ'19). 2–3 июля 2019 г. / Ин-т систем информатики им. А. П. Ершова СО РАН, Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2019. С. 111–120.
2. **Лаврентьев М. М., Васючкова Т. С., Городняя Л. В., Держо М. А., Иванчева Н. А., Белого И. В., Бартош В. С.** Начальная профориентация студентов ФИТ НГУ // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: Материалы XVII Открытой всеросс. конф. (16–17 мая 2019 г.) / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2019. С. 180–183.
3. **Васючкова Т. С.** Методы измерения качества программного обеспечения. Препринт № 339. Новосибирск, ВЦ СО АН СССР, 1981. 30 с.

References

1. **Lavrentiev M. M., Gorodnaya L. V., Derzho M. A., Miginsky D. S.** The issue of career prospects in the field of IT. In: High-end software: Proceedings of the seminar of the 12th Int. Ershov Conf. in computer science (PSI'19). July 2–3, 2019. A. P. Ershov Institute of Informatics Systems SB RAS, Novosibirsk State Uni. Novosibirsk, 2019, p. 111–120. (in Russ.)
2. **Lavrentiev M. M., Vasyuchkova T. S., Gorodnaya L. V., Derzho M. A., Ivancheva N. A., Belago I. V., Bartosh V. S.** Initial career guidance of students of FIT NSU. In: Teaching Information Technologies in the Russian Federation: Materials of the Seventeenth Open All-Russian Conf. (May 16–17, 2019). Novosibirsk, 2019, p. 180–183. (in Russ.)
3. **Vasyuchkova T. S.** Methods for measuring software quality. Preprint № 339, Novosibirsk, Computing Center of the Siberian Branch of the Academy of Sciences of the USSR, 1981, 30 p. (in Russ.)

*Материал поступил в редколлегию
Received
29.01.2021*

Сведения об авторах

Лаврентьев Михаил Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, декан ФИТ, Новосибирский государственный университет (Новосибирск, Россия)
mmlavr@nsu.ru

Городняя Лидия Васильевна, кандидат физико-математических наук, доцент ММФ, Новосибирский государственный университет (Новосибирск, Россия), старший научный сотрудник, Институт систем информатики им. А. П. Ершова СО РАН (Новосибирск, Россия)

gorod@iis.nsk.su

Держо Марина Анатольевна, секретарь кафедры систем информатики, доцент ФИТ, Новосибирский государственный университет (Новосибирск, Россия)

m_derjo@mail.ru

Иванчева Наталья Александровна, старший преподаватель кафедры систем информатики ФИТ, Новосибирский государственный университет (Новосибирск, Россия)

nativ1957@mail.ru

Иртегов Дмитрий Валентинович, доцент кафедры систем информатики ФИТ, Новосибирский государственный университет (Новосибирск, Россия)

fat@nsu.ru

Мигинский Денис Сергеевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры систем информатики ФИТ, Новосибирский государственный университет (Новосибирск, Россия)

dmiginsk@gmail.com

Пищик Борис Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры компьютерных систем ФИТ, Новосибирский государственный университет (Новосибирск, Россия), старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр вычислительных и информационных технологий (Новосибирск, Россия)

Boris.Pishchik@gmail.com

Information about the Authors

Mikhail M. Lavrentiev, Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Professor, Dean of the Information Technologies Department, Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russian Federation)

mmlavr@nsu.ru

Lidia V. Gorodnyaya, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor, Mechanics and Mathematics Department, Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russian Federation), Senior Researcher, A. P. Ershov Institute of Informatics Systems SB RAS (Novosibirsk, Russian Federation)

gorod@iis.nsk.su

Marina A. Derzho, Secretary of the Department of Computer Science Systems, Associate Professor, Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russian Federation)

m_derjo@mail.ru

Natalia A. Ivancheva, Senior Lecturer, Department of Computer Science Systems, Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russian Federation)

nativ1957@mail.ru

Dmitry V. Irtegov, Associate Professor of the Department of Computer Science Systems, Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russian Federation)
fat@nsu.ru

Denis S. Miginsky, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor of the Department of Computer Science Systems, Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russian Federation)
dmiginsk@gmail.com

Boris N. Pishchik, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Systems, Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russian Federation), Senior Researcher, Federal Research Center Institute of Computing and Information Technologies (Novosibirsk, Russian Federation)
Boris.Pishchik@gmail.com