

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ИНФОРМАЦИОННЫМ И КОММУНИКАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ НА БАЗЕ СЕМЕЙСТВА СТАНДАРТОВ “ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА”

Ю. А. БОГОЯВЛЕНСКИЙ

Заведующий кафедрой информатики и математического обеспечения
Математический факультет, Петрозаводский государственный университет
пр. Ленина, 33
г. Петрозаводск, Республика Карелия
185910, Россия
ybgv@cs.karelia.ru

Говорят: “Будут гурии, мёд и вино —
Все улады в раю нам вкусить суждено”.
Потому я повсюду с любимой и с чашей, —
Ведь в итоге к тому же придем всё равно.

Омар Хайам, Рубаи

Введение

В этой статье мы будем использовать термин “Информационные и коммуникационные технологии” (ИКТ) в широком смысле, как аналог принятого в США термина “Computing”. Сфера ИКТ быстро расширяется, государства и частные компании инвестируют в ее развитие огромные средства. Новые парадигмы, концепции, стандарты, инструменты, прикладные системы появляются и внедряются очень быстро, дополняя и/или заменяя друг друга.

Рассматривая этот процесс, авторы [1] отмечают, что в 90-е годы XX века произошла диверсификация деятельности специалистов по ИКТ, которая привела к образованию семейства из пяти дисциплин: “ЭВМ, комплексы, системы и сети” (Computer Engineering) [2], “Информатика” (Computer Science — ИН) [3, 4], “Информационные системы” (Information Systems — ИС) [5], “Информационные технологии” (Information Technology — ИТ) [6] и “Технология разработки программного обеспечения” (Software Engineering — ТП) [7]. Авторы [1] полагают, что содержанием ИН по-прежнему остается теоретическая информатика, а ИС — проектирование информационных систем, генерирующих, обрабатывающих и распределяющих данные в организации с точки зрения их содержания и деловых процессов для достижения конкурентных преимуществ. Отмечено также, что ТП постепенно выделилась из ИН, а ИТ появилась недавно для подготовки специалистов по управлению, поддержке и планированию сложных сетевых инфраструктур, без которых не могут работать современные организации.

Естественно, что такое развитие значительно увеличивает как актуальность, так и сложность проблем разработки и внедрения образовательных стандартов для решения задачи подготовки специалистов, способных к долговременной эффективной профессиональной работе в ИКТ (Задача). Эта проблема постоянно находится в центре внимания ИКТ сообществ в США [1–7], а также ученых, учебно-методических объединений Министерства науки и образования и индустриальных ассоциаций в России [9–21].

В [1] предлагается строить отдельные руководства по разработке учебных планов для подготовки специалистов в каждой из пяти дисциплин. Мы не будем рассматривать в этой статье дисциплину “ЭВМ, комплексы, системы и сети”. Цель статьи — показать, что подготовку специалистов по четырем остальным дисциплинам возможно (и целесообразно) эффективно организовать в рамках семейства Российских государственных образовательных

стандартов “Прикладная математика и информатика”, прежде всего, на базе направления подготовки бакалавров 010500 (“старый” шифр 510200), с последующей (при необходимости) специализацией.

1. Мотивация использования семейства стандартов “Прикладная математика и информатика”

Разработка стандартов подготовки для новых дисциплин является, безусловно, важной задачей. В то же время высшая школа обладает большой инерцией и скорость введения и стабилизации новых стандартов, которую она может обеспечить, значительно ниже, чем наблюдаемая сейчас скорость изменений в дисциплине ИКТ [1, 22]. С другой стороны, реагировать на диверсификацию ИКТ нужно уже сейчас. В России давно существуют стандарт по ТП – 220400 “Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем” (инженер) и стандарт по ИС – 654700 “Информационные системы” (бакалавр, инженер, магистр). В России ожидается значительный рост потребности в специалистах по ИКТ, по некоторым прогнозам [23] — 40 000 тыс. за предстоящие пять лет. В этих условиях одной из целесообразных реакций, направленных на решение Задачи, является адаптация существующих, широко распространенных в университетах стандартов.

Важным требованием к стандартам ИКТ является гибкость, которая позволит успешно использовать их для решения Задачи в условиях диверсификации в течение достаточно длительного периода времени. Естественно, что при этом стандарт должен содержать постоянную часть, дающую основы, и переменную часть, обеспечивающую реакцию на изменения. При построении постоянной части стандарта в России естественно опираться на сложившуюся у нас традицию обеспечения фундаментальности образования. Суть ее в том, что студент изучает не набор средств решения конкретных задач, а теории, методы и подходы, лежащие в основе разработки этих средств. Фундаментальность квалификации обеспечивает высокое качество и производительность труда выпускников, их способность к самообучению и быстрой адаптации к любым нововведениям, высокий потенциал карьерного роста. Этот принцип разделяют и авторы [3, 4, раздел 9.1.6.].

Роль математики в становлении и развитии ИКТ является основополагающей, поскольку профессионал ИКТ имеет дело с формальными, абстрактными концепциями и объектами. В [3, 4, раздел 9.1.1.] отмечается: “Математические методы и формальные рассуждения являются составной частью большинства областей информатики. <...> Учитывая глубокую роль математики в информатике, программы обучения должны включать математические концепции как можно раньше и как можно чаще”.

Более того, в моделях учебных планов по ИН для исследовательских университетов США рекомендовано включать в программу “от одного до трех и более” [3, 4, раздел 9.4.1] семестровых курсов математического анализа (заметим, что в стандарте 010500 предусмотрено до пяти семестров). В [7] рекомендовано включать в планы инженеров ТП два семестра математического анализа и отмечено, что такова практика большинства университетов Северной Америки. В перечень углубленных курсов [3, 4, раздел 9.3.] включены “Комбинаторика”, “Вероятность и статистика”, “Методы вычислений”, “Исследование операций”, “Теория языков и автоматов” и другие, которые являются обязательными в стандарте 010500. В работах [1–7] также подчеркивается важность математической подготовки в пяти перечисленных в [1] (и инженерных по определению) дисциплинах ИКТ. Отметим, что при этом имеется в виду именно прикладная математика.

Все это позволяет обоснованно зафиксировать крайне важный для дальнейшего изложения тезис: методы прикладной математики являются фундаментом дисциплины “Информатика”. Последняя, в свою очередь, является прародительницей дисциплин ИС, ИТ и ТП.

Итак, очевидно, что в порожденных диверсификацией условиях неопределенности необходимо использование “обратного” подхода к построению стандартов, когда соответствующие инженерные компоненты вносятся в стандарты, предусматривающие полноценную математическую подготовку. Этот подход, во-первых, идеально обеспечивает фундаментальность образования и гибкость стандартов и, во-вторых, позволяет решать Задачу путем адаптации существующих, широко распространенных в университетах стандартов.

Несмотря на то что важность математической компетенции выпускника неоднократно отмечена в [1–7], там не сформулирована задача формирования у выпускника именно целостной математической культуры (МК), которая, на наш взгляд, является важнейшим требованием к стандартам ИКТ. Раскроем этот тезис.

А. В [1–7] подчеркивается необходимость формирования у выпускника творческого, абстрактного и даже “в целом математического” [7] мышления. Но ведь именно такое самостоятельное, быстрое, гибкое, строгое аналитическое и логическое мышление и формируется у студента в процессе освоения МК. Как следствие, он способен формулировать и решать самые разнообразные сложные задачи, что также является важнейшим компонентом квалификации специалиста по ИКТ [24, раздел 4.1 и ссылки из него; 3–7].

Б. Основы МК являются универсальным инструментом как текущей профессиональной деятельности, так и самообучения. Владая ими, выпускник будет быстро осваивать любые современные и будущие концепции, методы и технологии ИКТ, что имеет решающее значение в условиях наблюдаемых быстрых изменений ИКТ. Отметим также, что владение МК позволит студенту быстрее осваивать инженерные компоненты ИКТ.

В. Неясен прогноз развития процесса диверсификации в ИКТ (как и прогноз потребности в специалистах по ИКТ с высшим образованием). Одним из весьма вероятных представляется сценарий, когда за счет монополизации и концентрации исследований и разработок произойдут существенные упрощения архитектур и интерфейсов прикладных, прежде всего административных, систем и инфраструктур, а процесс диверсификации сменится на обратный. В этом случае фундаментально подготовленный выпускник, владеющий МК, имеет гораздо больше шансов найти работу в отраслях, отличных от ИКТ.

Г. МК является абсолютно необходимой базой при воспроизводстве кадров высшей квалификации (кандидатов и докторов наук) — преподавателей, исследователей и администраторов, способных к генерации и реализации инновационных идей и необходимых как высшей школе, так и промышленности. Заметим, что схема “бакалавр — магистр” существенно облегчает аспирантам задачу подготовки высококачественной диссертации, обеспечивая увеличение срока работы над ней, при соответствующей организации, с трех до почти пяти лет. Последнее крайне важно для решения все более актуальной задачи восстановления кадрового потенциала высшей школы и науки России.

Далее мы рассмотрим, насколько можно адаптировать к решению Задачи семейство стандартов 01050{0|1} — “Прикладная математика и информатика”, 13-летний опыт применения которого имеется в ПетрГУ. Проблемы использования для этой цели других стандартов выходят за рамки данной статьи.

2. Характеристика семейства стандартов 01050{0|1} — “Прикладная математика и информатика”

В России существует семейство государственных образовательных стандартов [25– 27] “Прикладная математика и информатика” с подготовкой по специальности 010501 (специалисты — 5 лет) и направлениям 010500 (бакалавры — 4 года, магистры — 6 лет). Направление подготовки бакалавров 010500 было утверждено Комитетом по высшей школе в 1992 г., первая, временная, версия стандарта принята в 1993 г., и следующие его версии принципиально от нее не отличаются.

Стандарт имеет следующие основные характеристики. Общий объем работы студента 7 314 часов за 132 учебные недели (8 семестров), или около 73 условных семестровых курса (УСК, примерно соответствует 2 ч. лекций + 2 ч. практических занятий + 2.12 ч. самостоятельной работы в неделю в течение 16.5 недель одного семестра). Ниже приведено разбиение курсов стандарта по блокам. Первая цифра – процент времени в блоке от общего количества, вторая — количество УСК в блоке:

- гуманитарные и социально-экономические — 24 %, 17;
- естественно-научные — 9 %, 6;
- общие математические — 28 %, 21;
- прикладной математики — 16 %, 12;
- ИКТ общие — 12 %, 9;
- ИКТ по решению факультета / по выбору студента 11 %, 8.

В курсы блока ИКТ мы включили непосредственно относящиеся к ним курсы из естественно-научного и общепрофессионального циклов. Время, предусмотренное для цикла специальных дисциплин, а также курсов по выбору, региональных и факультативных, мы поделили поровну между блоками прикладной математики и ИКТ.

Таким образом, в рамках стандарта на изучение ИКТ можно выделить около 1 700 часов, эквивалентных 17 УСК, что составляет 23 % времени, которое за счет допустимых в стандарте вариаций может быть увеличено, при необходимости до 30 % (2 190 часов, 22 УСК).

В стандарте 010501 подготовки специалистов предусмотрен общий объем работы студента 8 032 часа в девяти семестрах, десятый семестр отводится для практики на предприятиях и разработки дипломной работы. Содержание и структура стандарта практически совпадают со стандартом бакалавра 010500, а объем работы увеличен относительно последнего на 718 часов (примерно 7 УСК). Из них 10 часов приходится на национально-региональный компонент, 20 — на дисциплины по выбору и 688 — на дисциплины специализаций. Это означает, что пятый год обучения позволяет увеличить время на изучение ИКТ до 2 418 часов, эквивалентных 24 УСК (30 % учебного времени).

В стандарте 010500 подготовки магистров предусмотрен общий объем работы магистранта 4 100 часов за 88 учебных недель в течение 2 лет после получения степени бакалавра.

Гибкость стандарта обеспечивают двенадцать различных направлений подготовки (проблемных полей), три из которых непосредственно относятся к ИКТ. Это “510209. Математическое и программное обеспечение вычислительных машин”, “510210.

Программное обеспечение вычислительных сетей” и “510211. Системное программирование”. Стандарт имеет следующее разбиение по блокам дисциплин:

- обязательные — 27 % (из них 10 % региональный компонент);
- специализация — 20 %;
- по выбору — 5 %;
- научно-исследовательская работа — 27 %;
- работа над диссертацией — 21 %.

Таким образом, 73% учебного времени предназначено для совершенствования магистранта по выбранному направлению специализации.

Эти стандарты, являясь, по сути, руководствами по разработке учебных планов, функционально аналогичны руководствам [2–7] АСМ и обладают следующими важными свойствами, позволяющими решать Задачу.

1. В постоянной части предусмотрено формирование целостной МК, которая является фундаментом компетенции в ИКТ.
2. Предусмотрено достаточное количество времени для обязательных курсов по ИКТ.
3. Объем специальных и альтернативных дисциплин полностью обеспечивает факультетам возможность отражать в учебных планах текущие изменения в сфере ИКТ.
4. Адаптация стандарта к решению Задачи может быть реализована не путем апробации и утверждения нового стандарта, а за счет создания новых специализаций, что процедурно существенно проще.
5. Стандарт хорошо зарекомендовал себя в России. В [10, 11] отмечено, что подготовленные на его базе выпускники, работающие в ИКТ, обладают высокими профессиональными качествами.

Рассмотрим вопрос, достаточно ли учебного времени в стандарте бакалавриата 010500 для размещения обязательных тем (Core – Ядро) совокупностей базовых знаний (Body of Knowledge – СБЗ) дисциплин ИН, ИС, ИТ и ТП, определенных в [3–8].

3. Сравнительные временные характеристики Ядер совокупностей базовых знаний

Нами было выполнено сравнительное исследование учебного времени, выделенного на Ядра СБЗ дисциплин ИС [5], ИТ [6] и ТП [7] относительно Ядра СБЗ ИН [3, 4]. В таблице 1 представлена общая часть Ядер, а в таблице 2 — специальные части Ядер ИТ и ТП, не входящие в Ядро ИН. Специальная часть Ядра ИС описана ниже. В столбцах “темы” таблицы 1 названия тем для ИН приведены полностью, а для ИТ и ТП представлены их символьные обозначения из [6] и [7] соответственно. Такие обозначения не приведены в [5], поэтому мы ввели собственные, которые состоят из определенных в [8] номеров разделов второго уровня, буквенных аббревиатур названий разделов и номеров разделов нижних уровней в скобках. Строки таблицы 1 содержат темы и соответствующие количества часов, которые, согласно нашей экспертной оценке, являются общими для Ядер.

В столбцах “часы” приведено количество лекционных часов для ИН [3, 4], ИТ [6] и ТП [7]. Для ИС в [5] общий лекционный объем Ядра определен в количестве 10 курсов по 48 часов в семестре, объем лекций по отдельным темам не приводится, и он получен нами на основе экспертной оценки близости описаний тем из детализирующего [5] документа [8]. Для всех четырех дисциплин общий объем учебного времени определен в [3–7] как лекционное время, умноженное на четыре. Для приближения временных характеристик ИН к ТП мы добавили в столбце “часы” для ИН 2 часа к теме PL, 1 час к теме SE.1, 1 час к теме SE.4. и 2 часа к теме SE.6., что не влияет на общую картину. Математическая тема DS в руководствах для ИС и ИТ явно не определена и включена в общую часть их Ядер нами, исходя из общих рекомендаций в [5, 6]. Данные в строке “Лекций в Ядре” для ИС, ИТ и ТП взяты из [5–7].

В таблице 2 за названием темы в скобках следует число часов, предусмотренных руководством, в столбце “часы” — количество часов, оставшееся после переноса части часов в общую часть Ядер. Столбцы таблицы 2 не связаны между собой.

Таблица 1. Общая часть Ядер совокупностей базовых знаний четырех дисциплин сферы ИКТ

№	Информатика		Информационные системы		Информационные технологии		Технология разработки программного обеспечения	
	темы	часы	темы	часы	темы	часы	темы	часы
1	DS. Дискретные структуры	43	включено	43	включено	43	FND.mf.1 – 6	43
2	PF. Основы программирования	38	1.3 PL (1,3,4), 1.2 ADS (1-3,8)	38	PF	38	CMP.cf.1,3	38
3	AL. Алгоритмы и теория сложности	31	1.2. ADS (1.2.6-7)	31		0	CMP.cf.2	31
4	AR. Архитектура ЭВМ	36	1.1 Comp(1,3,4,6)	36	PT2	3	CMP.cf.5	26
5	OS. Операционные системы	18	1.4 OS (1-5)	18	PT1, PT3, SA1	15	CMP.cf.10	18
6	NC. Сети ЭВМ	15	1.5 Tele (1-5,7,9)	15	IAS5, NET1, WS4	16	CMP.cf.12	2
7	PL. Языки программирования	23	1.3 PL (4-7)	23		0	CMP.cf.9, cf.13, ct9	23
8	HC. Интерфейс человек ЭВМ	8	1.4 OS (10), 3.9 ISD (6)	8	HCI1, HCI4	9	DES.hci.1 - 10	8
9	GV. Графика и визуализация	3	3.9 ISD(6)	3		0	в спец. областях	0
10	IS. Интеллектуальные системы	10	1.7 AI	10		0	в спец. областях	0
11	IM. Управление информацией	10	1.6 DB (1-3), 3.3 SDCM (2)	10	IM1	8	CMP.cf.11	10
12	SP. Профессионал и общество	16	2.9 Pro (7), 2.8 LEA (1-7)	16	SP2 ,3, 5, 8,9	11	PRF.pr.1-4, 6	16
13	SE. Технология разработки ПО	35		27		0		35
	SE1. Проектирование	9	3.4 SDTT	9			DES.con, ES.str	9
	SE2. Использование API	5		0			CMP.ct.1	5
	SE3. Инструменты и среды	3	3.2 ASD (1)	3			CMP.tl.1-5	3
	SE4. Процесс разработки	3	3.3 SDCM (1)	2			PRO.con	3
	SE5. Спецификации и требования	4	3.9 ISD (7)	4			MAA.rfd.1-10	4
	SE6. Проверка соответствия	5	3.9 ISD (7)	3			VAV.fnd	5
	SE7. Эволюция	3	2.2 ISM (15)	3			EVO.pro.1 – 3	3
	SE8. Управление проектами	3	3.10 SITS (7)	3			MGT.con.1-5.	3
Итого лекций в общей части Ядер		286		278		143		250
Без математической темы DS								
Лекций в общей части Ядер		243		235		100		207
Лекций в специальных частях		нет		245		181		244
Лекций в Ядре		243		480		281		451
Учебного времени в специальных частях		нет		980		724		976
Учебного времени в Ядре		972		1920		1124		1804

Таблица 2. Специальные части Ядер совокупностей базовых знаний

Информационные технологии		Технология разработки программного обеспечения	
темы	часы	темы	часы
ITF. Основы ИТ (33)	33	СMP. Основы ИКТ (172)	17
HCI. Интерфейс человек ЭВМ (20)	11	FND. Математические и технологические основы (89)	46
IM. Управление информацией (34)	26	PRF. Практика в профессии (35)	19
IAS. Достоверность и безопасность данных (23)	21	MAA. Моделирование и анализ ПО (53)	49
IPT. Интегрирующие технологии программирования (23)	23	DES. Проектирование ПО (45)	28
NET. Сети ЭВМ (20)	9	VAV. Верификация и проверка соответствия ПО (42)	37
PT. Технологии платформ (14)	0	EVO. Эволюция ПО (10)	7
SA. Администрирование и эксплуатация систем (11)	7	PRO. Процесс разработки ПО (13)	10
SIA. Системная интеграция и архитектура (21)	21	QUA. Качество ПО (16)	16
SP. Профессионал и общество (23)	12	MGT. Управление ПО (19)	15
WS. Web системы и технологии (21)	18		
Итого	181	Итого	244

СБЗ ИС состоит из трех разделов — информационные технологии (ИТ), концепции организации и управления (ОМС) и теория и разработка систем (TDS). Раздел ИТ практически полностью входит в Ядро СБЗ ИН за исключением незначительного количества тем. Раздел ОМС полностью входит в специальную часть СБЗ ИС, за исключением темы “Профессионал и общество”. Раздел TDS посвящен проектированию и реализации информационных систем, но содержит примерно 20 % тем по технологии разработки ПО, входящих в Ядро СБЗ ИН.

Ниже для словосочетания “стандарт бакалавриата 010500” мы будем использовать термин “стандарт Б”. Объем учебного времени в этом стандарте, отводимый на изучение ИКТ, примем за 1 920 часов и обозначим как Б–ИКТ.

Анализ полученных временных характеристик показывает, что знания Ядра ИН почти полностью включены в Ядра ИС, ТП и ИТ. При этом объем общих тем Ядра ИТ существенно меньше за счет отсутствия тем AL, PL, GV, IS, SE и существенно меньшего объема темы AR. Это означает, что стандарт Б, с учетом естественного включения темы DS в блок общих математических курсов, позволяет свободно разместить в Б–ИКТ общий объем учебного времени Ядер СБЗ каждой из четырех дисциплин.

Таким образом, мы приходим к основополагающему заключению: знания Ядра ИН являются базовыми знаниями сферы ИКТ в целом, т. е. являются фундаментальными для дисциплин ИС, ИТ и ТП, что позволяет считать последние прикладными дисциплинами по отношению к ИН. Это заключение хорошо согласуется с разделами [4–7], посвященными связям Ядер ИС, ИТ и ТП с Ядром ИН.

Анализ таблиц 1 и 2 позволяет сделать следующие выводы о соотношениях общего учебного времени, предусмотренного в стандарте Б и в руководствах [3–7], для дисциплин ИН, ИС, ИТ и ТП.

А. В [3, 4] отмечено, что общий объем учебного времени по ИН в университетах США и Канады сильно варьируется и конкретный объем его не приводится. Если вычислить его, полагая, что всего выпускник должен, кроме курсов Ядра, изучить 12 курсов ИН по 160 часов (без учета темы DS), то это дает 237 часов лекционного времени в специальной части дополнительно к 243 часам Ядра, т. е. всего 480 часов лекций или 1 920 часов учебного времени. Это означает, что весь объем учебного времени ИН (не только СБЗ) полностью размещается в Б–ИКТ, особенно если учесть, что в его математических блоках предусмотрены курсы, которые в [3, 4, раздел 9.3] (см. также раздел 1 данной статьи) рекомендуется включать в учебные планы как углубленные. Таким образом, стандарт Б можно считать эквивалентным руководству [3, 4] как по содержанию, так и по объему знаний по ИН.

Б. Весь объем учебного времени ИТ (1 800 часов лекций) не только полностью размещается в Б–ИКТ, но и позволяет (при использовании стандарта Б для подготовки по ИТ) дать выпускникам рекомендуемую математическую подготовку [6, раздел 8.1.1] и продвинутые курсы [6, раздел 8.2].

В. Объем Ядра ИС также полностью размещается в Б–ИКТ. В [5] отмечено, что это Ядро рассчитано на изучение в течение двух лет, а рекомендации по планированию полного объема учебного времени приводятся в общей форме: “Темы, необходимые для учебного плана ИС, включают... дискретную математику, введения в математический анализ и статистику... принципы экономики, бухгалтерское и финансовое дело, человеческие ресурсы, маркетинг и логистику”. При использовании стандарта Б для подготовки специалистов по ИС изучение математических курсов происходит естественным образом, а экономические и организационные курсы, не входящие в Ядро ИС, можно давать за счет времени гуманитарного блока и частично блока прикладной математики.

Г. Объем Ядра ТП полностью размещается в Б–ИКТ. При этом дополнительные курсы, которые рекомендованы в [7] для включения в полный учебный план (“Математический анализ”, “Физика”, гуманитарные и социальные курсы), входят также и в стандарт Б. Таким образом, значительная часть полного объема учебного времени по ТП также может быть размещена в стандарте Б.

Вопрос возможности размещения полного объема учебного времени дисциплин ИС и ТП в стандарте Б выходит за рамки данной статьи и требует дополнительного исследования. В то же время наш анализ однозначно показывает, что стандарт Б можно использовать для обучения как знаниям Ядер СБЗ, так и значительной части знаний полных учебных планов всех четырех дисциплин. При этом можно с уверенностью сказать, что стандарт специальности 010501 (5 лет обучения) позволяет готовить выпускников по всем 4 дисциплинам в полном соответствии с рекомендациями [3–8], а стандарт магистратуры 010500 обеспечивает углубленное изучение дисциплин и подготовку к обучению в аспирантуре.

Адаптацию стандарта Б к подготовке выпускников по четырем дисциплинам ИКТ следует проводить путем фиксации в нем трех профессиональных блоков: Математического Ядра, Ядра ИКТ и специальных блоков, соответствующих каждой из дисциплин. Содержание блоков можно считать сформированным, и задача состоит в разработке разумных связей между ними. С процедурной точки зрения в стандарт Б достаточно ввести четыре специализации ИН, ИС, ИТ и ТП.

4. Опыт использования стандарта подготовки бакалавров 010500 на математическом факультете Петрозаводского государственного университета

В ПетрГУ бакалавратура по направлению 010500 (510200) была открыта в 1993 г. [28–31] и магистратура — в 1997 г. Учебный план был разработан с учетом рекомендаций Computing Curricula 1991. За тринадцать лет факультет выпустил 269 бакалавров, 191 специалиста и 73 магистра. Характерно, что только единичные студенты покидали университет, получив дипломом бакалавра, как правило, для продолжения образования в других университетах, в том числе за границей. Большинство студентов продолжали обучение в течение одного или двух лет, получая диплом специалиста или магистра. Часто магистранты продолжали образование в аспирантуре.

Наш опыт подтверждает, что стандарт Б обеспечивает исключительную гибкость, позволяющую отражать в учебных планах текущие изменения в сфере ИКТ. За прошедшие 13 лет мы последовательно ввели в учебный план курсы “Введение в процессоры”, “Компьютерные сети”, “Операционные системы”, “Технология разработки программного обеспечения”, “Язык процессов shell”, “Объектно-ориентированное программирование в средах Java и .NET”, “Архитектура ЭВМ”, “Технологии Web”, “Групповой проект по ТП”.

За счет курсов по выбору и факультативных в 2001 г. было открыто специализированное направление подготовки “Системные сетевые технологии”, на котором читаются курсы “Взаимодействующие системы (Concurrent Systems)”, “Программирование в ОС Unix”, “Сетевое программирование”, “Распределенные системы”.

Учебные планы на основе стандарта Б легко адаптируются к международным требованиям, что подтверждается нашим опытом по разработке общего ядра учебных планов с отделением информатики (Computer Science) Хельсинкского университета (Финляндия) [32].

В настоящее время факультет использует следующую последовательность вводных курсов ИКТ (математические курсы не представлены).

1-й семестр	УСК	2-й семестр	УСК
Введение в ИКТ	0.5	Язык процессов shell	0.5
Введение в процессоры (язык ASM)	0.5	Введение в процессоры (язык ASM)	0.5
Введение в программирование и алгоритмы (язык C)	1	Алгоритмы, структуры данных и введение в ООП (язык C++)	1
Дискретная математика	1	Математическая логика	0.75

3-й семестр	УСК	4-й семестр	УСК
Комбинаторные алгоритмы	1	Комбинаторные алгоритмы	1
Базы данных	1	Операционные системы	0.75
Компьютерные сети	0.75	ООП в среде .NET	0.75
ООП в среде Java	0.75		

Идея этой последовательности — параллельное ознакомление с архитектурой процессора и основными стандартными приемами процедурного программирования на языке C. При этом используется разработанная нами методика преподавания курса “Введение в процессоры” для первокурсников с разработкой простых программ на языке ассемблера для реальных процессоров [33, 34]. Такой подход, в частности, позволяет избежать серьезных трудностей, возникающих при использовании в первом курсе по программированию объектных языков (например, Java), которые детально анализируются в [35].

Мы опираемся на языки C и C++, потому что они являются прародителями большинства современных языков, активно используются в индустрии ПО и, по сути, являются основой современной культуры программирования и средством общения в профессиональных сообществах. На базе культуры C легко строить курсы по методам ООП, операционным

системам, сетевым технологиям, компиляторам компиляторов и другим базовым курсам ИКТ.

Заключение

Мы рассмотрели проблему разработки и внедрения образовательных стандартов для решения задачи подготовки специалистов, способных к долговременной эффективной профессиональной работе в сфере информационных и коммуникационных технологий в условиях ее диверсификации и быстрых значительных изменений. В статье предлагается удовлетворять растущую потребность в таких специалистах, в том числе и за счет адаптации существующих, широко распространенных стандартов, что существенно сокращает время реакции высшей школы на изменения содержания и потребностей сферы ИКТ.

Исходя из тезиса, что методы прикладной математики являются фундаментом дисциплины “Информатика”, мы подчеркиваем важность математической культуры для всех дисциплин ИКТ и предлагаем “обратный” подход к построению стандартов, когда соответствующие инженерные компоненты вносятся в стандарты, предусматривающие усиленную математическую подготовку. При этом в качестве базовых стандартов подготовки естественно использовать семейство стандартов 01050{0|1} – “Прикладная математика и информатика”, которое широко распространено в университетах России, давно и успешно апробировано, а его выпускники имеют хорошую профессиональную репутацию.

Выполненный нами сравнительный анализ временных характеристик Ядер совокупностей базовых знаний дисциплин “Информатика”, “Информационные системы”, “Информационные технологии” и “Технология разработки программного обеспечения” показывает, что эти Ядра полностью размещаются в объеме учебного времени стандарта бакалавриата 010500, выделенного на изучение ИКТ. При этом адаптация стандарта к современным требованиям ИКТ процедурно может быть выполнена за счет введения четырех специализаций, соответствующих дисциплинам ИН, ИС, ИТ и ТП.

Подход, основанный на адаптации семейства 01050{0|1} к современным потребностям и состоянию сферы ИКТ, имеет следующие преимущества:

- направленное формирование целостной математической культуры;
- апробированная двухступенчатая схема “бакалавр — магистр”;
- гибкая структура, обеспечивающая возможность реакции на изменения;
- легкая адаптация к международным требованиям;
- процедурная простота процесса адаптации по сравнению с процессом разработки, апробации и введения новых стандартов.

Опыт использования семейства 01050{0|1} на математическом факультете ПетрГУ в течение 13 лет подтверждает представленные в статье тезисы.

Благодарности

Автор признателен администрации ПетрГУ в лице долгое время возглавлявшего ПетрГУ ректора В. Н. Васильева и действующего ректора А. В. Воронина, проректора Н. С. Рузановой и бывшего первого проректора А. А. Печникова, декана В. А. Шестакова за постоянное внимание к проблемам, рассмотренным в статье и неизменную поддержку. Написание этой статьи было бы невозможно без крайне полезных и заинтересованных обсуждений, в которых участвовали мои коллеги Т. Аланко, О. Ю. Богоявленская, А. Г. Варфоломеев, В. Т. Вдовицын, А. В. Воронин, А. В. Иванов, С. Т. Коржов, Д. Ж. Корзун, В. А. Кузнецов, А. А. Печников, В. В. Поляков, В. А. Пономарев, А. А. Рогов, Г. С. Сиговцев, А. В. Соколов, В. В. Старков, Л. В. Щеголева. Всем им автор выражает глубокую благодарность.

Список литературы

1. IEEE/AIS/ACM Joint Task Force on Computing Curricula. Computing Curricula 2005. The Overview Report covering undergraduate degree programs in Computer Engineering, Computer Science, Information Systems, Information Technology, Software Engineering. 2005 (<http://www.computer.org/curriculum> или <http://www.acm.org/education/curricula.html>).
2. IEEE/ACM Joint Task Force on Computing Curricula. Computer Engineering 2004. Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Engineering. IEEE Computer Society Press and ACM Press, 2004 (<http://www.computer.org/curriculum> или <http://www.acm.org/education/curricula.html>).
3. ACM/IEEE–Curriculum 2001 Task Force. Computing Curricula 2001, Computer Science. IEEE Computer Society Press and ACM Press, 2001 (<http://www.computer.org/curriculum> или <http://www.acm.org/education/curricula.html>).
4. Рекомендации по преподаванию информатики в университетах / Ред. В. Л. Павлов, А. А. Терехов. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002. С. 367 (русский перевод [3]).
5. ACM/AIS/AITP Joint Task Force on Information Systems Curricula. IS2002 Model Curriculum and Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems, Association for Computing Machinery, Association for Information Systems, and Association for Information Technology Professionals. 2002 (<http://www.acm.org/education/curricula.html> или <http://www.computer.org/curriculum>).
6. The ACM SIGITE Task Force on IT Curriculum. Information Technology, Computing Curricula Information Technology Volume. Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Technology (<http://www.acm.org/education/curricula.html>).
7. IEEE/ACM Joint Task Force on Computing Curricula. Software Engineering 2004, Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering. IEEE Computer Society Press and ACM Press, 2004 (<http://www.computer.org/curriculum> или <http://www.acm.org/education/curricula.html>).
8. Detailed Body of Information Systems Knowledge (<http://192.245.222.212:8009/IS2002reportsPDF/rptBodyOfKnowledge.pdf>).
9. Терехов А. Н. Как готовить системных программистов / А. Н. Терехов // Компьютерные инструменты в образовании. 2001. № 3–4. С. 2–80.
10. Сухомлин В. А. “Информационные технологии” – актуальное образовательное направление / В. А. Сухомлин // Информационные технологии. 2002. № 8. С. 9–17.
11. Ивановский С. А. Профессиональная подготовка программистов в рамках специальностей и направлений государственных образовательных стандартов: Доклад на II конференции “Преподавание информационных технологий в Российской Федерации” / С. А. Ивановский, А. Р. Лисс, В. В. Романцев, А. В. Экало. 2004 (<http://www.it-education.ru/2004/reports/romantsev.htm>).
12. Материалы конференций “Преподавание информационных технологий в Российской Федерации”, 2003–2006 гг. (<http://www.it-education.ru/2006>).
13. Сухомлин В. А. ИТ-образование: концепция, образовательные стандарты, процесс стандартизации / В. А. Сухомлин. М.: Горячая линия – Телеком, 2005.
14. Никитин В. В. Совершенствование структуры и стандартов системы профессионального ИКТ-образования: Доклад на III конференции “Преподавание информационных технологий в Российской Федерации”. 2005 (http://www.it-education.ru/2005/reports/1_Nikitin.htm).
15. Труды первой международной научно-практической конференции “Современные информационные технологии и ИТ-образование”. М.: Изд-во МГУ, 2005.
16. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Специальность 010503 “Математическое обеспечение и администрирование информационных систем”, Квалификация математик-программист / Министерство образования Российской Федерации. М., 2000.

17. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Направление 010300 “Математика, компьютерные науки”. Степень — бакалавр математики / Министерство образования Российской Федерации. М., 2000.
18. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Направление 010400 “Информационные технологии”. Степень — бакалавр информационных технологий / Министерство образования Российской Федерации. М., 2002.
19. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Направление 010400 “Информационные технологии”. Степень — магистр информационных технологий (магистр науки) / Министерство образования Российской Федерации. М., 2002.
20. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Направление 080700 “Бизнес-информатика”, Степень (квалификация) — бакалавр бизнес-информатики / Министерство образования Российской Федерации. М., 2005.
21. Ассоциация предприятий компьютерных и информационных технологий (<http://www.apkit.ru>).
22. Андрианов С. Н. О ходе подготовки бакалавров по направлению “Информационные технологии” на факультете ПМ–ПУ СПбГУ / С. Н. Андрианов, Е. И. Веремей // Труды первой международной научно-практической конференции “Современные информационные технологии и ИТ-образование”. М.: Изд-во МГУ, 2005.
23. Решение конференции “Преподавание информационных технологий в Российской Федерации”. 2005 (<http://www.it-education.ru/2005>).
24. Goldweber M. Historical perspectives on the computing curriculum (Report of WG № 7), New-York, USA, in Working Group Reports and Supplemental Proceedings of ITiCSE'97 / M. Goldweber, J. Impagliazzo, A. G. Clear, G. Davies, I. A. Bogoiavlenski, H. Flack, J. P. Mayers, R. Rasala. Uppsala (Sweden): ACM Press, 1997. P. 94–111.
25. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Направление 010500 “Прикладная математика и информатика”. Степень — бакалавр прикладной математики и информатики / Министерство образования Российской Федерации. М., 2000.
26. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Специальность 010501 – Прикладная математика и информатика. Квалификация – математик, системный программист / Министерство образования Российской Федерации. М., 2000.
27. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Направление 010500 “Прикладная математика и информатика”. Степень — магистр прикладной математики и информатики / Министерство образования Российской Федерации. М., 2000.
28. Сиговцев Г. С. О проекте профессионально-образовательной программы для бакалавров по специальности “информатика” (Computer Science) / Г. С. Сиговцев, А. А. Печников., Ю. А. Богоявленский // Тезисы докладов Международного семинара “Двухступенчатое образование и самофинансирование ВУЗов”. Т. II. Юрмала: Балтик Легис Интернешнл, 1992.
29. Воронин А. В. Профессионально-образовательная программа для подготовки бакалавров по направлению E02 “Прикладная математика и информатика” / А. В. Воронин, Ю. А. Богоявленский, В. А. Кузнецов, В. В. Поляков, Г. С. Сиговцев // Тезисы докладов Всероссийской научно-методической конференции “Методические основы функционирования и развития системы многоуровневого образования”. Саратов: Изд-во Саратовского гос. тех. ун-та, 1993.
30. Печников А. А. Программа подготовки бакалавров в ПетрГУ по направлению E02 “Прикладная математика и информатика” / А. А. Печников, Ю. А. Богоявленский, А. В. Воронин, В. А. Кузнецов, В. В. Поляков, Г. С. Сиговцев. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1994. С. 75–80 (Сер. “Прикладная математика и информатика”, Т. 3).
31. Bogoiavlenski Iouri. Using of Computing Curricula 1991 for Transition from “Mathematics” to “Applied Mathematics and Computer Science” Baccalaureate Program / I. Bogoiavlenski, A.

- Pechnikov, G. Sigovtsev, A. Voronin // Abstracts of Conference ITiCSE'97. Uppsala: University of Uppsala, 1997. P. 8.
32. Bogoyavlenskiy Yury, Alanko Timo. Common Core of Working Study Program in Computer Science (http://www.cs.karelia.ru/fdpw/2003/YBGV/IOuri_Common-Core.pdf).
33. Bogoiavlenski I. Five Years Experience of Architecture and Assembly Language Introduction Course for First Year Students, Proceedings of the Interdisciplinary Workshop on Complex Learning in Computer Environment (CLCE'94) / I. Bogoiavlenski, A. Pechnikov. University of Joensuu (Finland). Report P8-1994-04, 1994. P. 124–128.
34. Богоявленский Ю. А. Центральные процессоры Intel 8086/8088. Архитектура и система команд / Ю. А. Богоявленский, А. А. Печников. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1992, 1997, 2000.
35. Bruce Kim B. Controversy on How to Teach CS 1: A Discussion on the SIGCSE-members Mailing List // Inroads — SIGCSE Bulletin. 2004. Vol. 36. № 4. December. P. 29–34.