

# Теория и практика проектирования

*Гейн Александр Георгиевич, доктор педагогических наук, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры алгебры и фундаментальной информатики Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург*

## ФУНДАМЕНТАЛЬНОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА ИТ-АНАЛИТИКОВ

Рассматриваются проблемы высшего математического образования в свете расширяющегося спроса на специалистов по информатике. Предложена модель обучения, ориентированная на подготовку математиков, способных к аналитической деятельности и теоретическим разработкам в информатике.

**Ключевые слова:** *высшее математическое образование; теоретическая информатика; преподавание информатики; алгоритмический анализ.*

Значительные качественные изменения, произошедшие в российском обществе в течение последних десяти-пятнадцати лет, определили ряд факторов, требующих, на наш взгляд, кардинального пересмотра концепции компьютерного образования высокого уровня на факультетах, ведущих подготовку по направлениям «Прикладная математика», «Компьютерные науки» и «Компьютерная безопасность».

Основными среди них являются:

- 1) бурное развитие информационных технологий и информатизация российского общества как в производственной, так и в социальной сферах;
- 2) неуклонное возрастание на рынке труда спроса на специалистов в информационной сфере;

Действие первого фактора вынуждает скорректировать подход к обучению: в современных условиях



важно не только дать студенту знания о конкретных информатических объектах и продуктах (сетях, языках программирования, пакетах программ и т.п.) и сформировать умения с ними работать, но и подготовить к встрече с новыми разработками в этой области, содержание которых на сегодняшний день, вообще говоря, неизвестно. Более того, высококвалифицированный выпускник должен не только уметь решать такими средствами типовые задачи, но и быть способным понимать возможность применения (при необходимой адаптации) этих средств к тем задачам, которые перед ним ставит работодатель.

Второй фактор в действительности проявляет себя таким образом, что речь идёт уже не просто об увеличении численности работников ИТ-сферы как в абсолютных цифрах, так и в доле занятых в этой сфере от общего числа работающего населения, но о значительной дифференциации ИТ-специалистов по различным направлениям. Если изданный в 2008 году комитетом по образованию Ассоциации предприятий компьютерных и информационных технологий (АП КИТ) сборник профессиональных стандартов в области информационных технологий [1] содержал стандарты по девяти наиболее массовым профессиям в ИТ-сфере, то его современная версия, опубликованная на сайте <http://www.apkit.ru/committees/education/meetings/standarts.php>, содержит уже семнадцать профессиональных стандартов.

Очевидно, что назрела реформа компьютерного образования. При разработке собственной концепции такой реформы Институт математики и компьютерных наук УрФУ счёл недальновидным, крайне ошибочным ориентироваться лишь на сиюминутные потребности рынка труда и сосредоточить всё внимание на рассмотрении новых технологий, упуская из виду фундаментальные основы науки. Но более важным, на наш взгляд, является понимание различий между инженерной и фундаментальной подготовкой специалистов. Специалист-инженер обязан уметь решать непосредственные производственные задачи, оперативно применять технологии, освоенные им в период обучения. Разумеется, это вовсе не исключает творчества, изобретательности и конструктивного анализа своей деятельности. Специалист фундаментальной подготовки нацелен на разрешение узловых проблемных ситуаций, на анализ текущей ситуации и прогнозирование вариантов развития. Именно широкая фундаментальная подготовка позволяет решать такие задачи. И как современному специалисту ему, разумеется, необходимо глубокое знание технологий, причём как можно в более широком ракурсе.

Понимая, что для направления «Компьютерные науки» весь набор проблем наблюдается, но носит менее острый характер, было решено начать реформу именно с направлений подготовки «Математика. Компьютерные



науки» и «Компьютерная безопасность». Подробно эта реформа и начальные результаты её реализации описаны в [2]. И здесь основной являлась парадигма инженерного образования. К сегодняшнему дню имеется значительный опыт преподавания компьютерных дисциплин в соответствии с изложенной в указанной работе концепцией, подтвердивший принципиальную правильность выдвинутых в ней положений.

Нарастающее давление указанных выше факторов в отношении выпускников математического направления и достигнутые успехи в преподавании компьютерных дисциплин на направлениях компьютерного профиля привели нас к выводу, что пришло время провести реформу преподавания компьютерных дисциплин у математиков. Первая проблема, которую нам пришлось здесь преодолевать, связана с экстенсивностью и несистемностью развития содержания компьютерного образования у математиков, особенно контрастирующими с собственно математическим образованием, где содержательное ядро сформировалось достаточно давно и оно довольно устойчиво. Для направления «Компьютерные науки» эта проблема ощущается заметно в меньшей степени, поскольку в нём представление об информатическом содержании обучения в целом уже сложилось и даже частично нашло своё отражение в образовательных стандартах (см., например, версию 2014 г. в [3]). Однако дублирование информати-

ческого содержания компьютерного направления подготовки в математическое нам представляется идейно неправомерным. Во-первых, мы относим математическое образование к фундаментальному. Во-вторых, такое дублирование не исполнимо в силу различий объёмов отводимого для этого учебного времени. Поскольку почти 70 процентов выпускников математического направления идут работать в ИТ-сферу, мы считаем, что именно этим выпускникам предстоит заполнять нишу специалистов-аналитиков в ИТ-компаниях, и это профессионально отличает их от плеяды разработчиков программных продуктов, тестировщиков и других работников таких компаний. Наша позиция находит положительный отклик у работодателей. В последние несколько лет фирмы ИТ-сферы предпочитают брать на некоторые вакансии выпускников-математиков нашей программы подготовки (о которой речь идёт ниже), а не выпускников компьютерных направлений.

Первым шагом к разрешению сформулированной проблемы явилось построение иной модели выпускника нашего факультета. Целевые установки были определены следующим образом.

1. Цель бакалавриата — массовая подготовка математиков-прикладников.
2. Цель магистратуры — подготовка теоретиков как в области собственно математики, так и в области информатики.

Под математиком-прикладником понимается выпускник, который умеет в реальной задаче видеть её математическую модель, проводить декомпозицию задачи и определять средства, позволяющие реализовать решение для каждого компонента, выстраивать необходимые связи между компонентами (в частности, с использованием программирования).

Математик-теоретик обладает навыками исследовательской работы на базе фундаментальных математических знаний и умеет использовать прикладные средства (в том числе программирование) для проведения математических экспериментов при выдвижении и проверке гипотез.

Информатик-теоретик — это математик, работающий в области исследования и разработки алгоритмов и других аспектов математического обеспечения вычислительных процессов.

Основным содержанием математической подготовки является овладение средствами исследования разнообразных математических объектов, их взаимосвязей и преобразований. Современное состояние прикладных аспектов математики таково, что всё большую роль играют объекты, задаваемые как результат исполнения тех или иных алгоритмов. На алгоритм в этом случае надо смотреть как на некий преобразователь, точно так же, как на алгебраические операции или функции. В докомпьютерный период преобразователи создавались и изучались преимущественно ана-

литическими средствами (к примеру, дифференциальное и интегральное исчисление, матричный аппарат и т.д.). Воспитание целостного восприятия математики требует, чтобы алгоритмически создаваемые объекты и сами алгоритмы (как преобразователи математических объектов) рассматривались с тех же позиций, что и аналитические структуры. К примеру, для любого алгебраического или функционального объекта первым вопросом является выяснение структуры его носителя (замкнутость относительно рассматриваемых операций, область определения функции и т.п.), для алгоритмов это соответствует выявлению области его применимости. С другой стороны, функциональная аналогия имеет свои ограничения — зависание на некоторых входах, переполнение на внутренних операциях и т.д. Можно сказать, что речь идёт о разработке такого направления в преподавании информатики, которое можно условно назвать «алгоритмическим анализом». Стержнем здесь является не изучение программирования на тех или иных языках, а сущностное понимание процесса алгоритмизации и связанных с этим проблем. Как логическое следствие возникает необходимость изучения различных парадигм программирования — императивной, логической, функциональной, объектной и т.д. Вершиной такого рассмотрения является введение понятий универсального вычислителя и алгоритмически неразрешим-



мых задач. Теоретическую основу в реализации этого подхода составило  $\lambda$ -исчисление. Практическая часть основывается на использовании специально разработанных программных средств, а также языка Haskell.

В любом курсе анализа существенную роль играют средства, позволяющие такой анализ проводить. Открытие, а затем обоснование дифференциальных и интегральных методов было поворотным моментом в исследовании функциональных зависимостей, заданных аналитическим способом. Это никак не отменило «спуск» к более детальному рассмотрению вопросов, служащих базой для данных методов (теория пределов и т.д.), однако со временем выкристаллизовался взгляд на эти методы и как на некую частность в вещах более общего — топологического и функционального — характера. В алгоритмике аналогичную роль играет понятие вычислителя, от которого напрямую зависят и организация алгоритмического процесса, и понятие объектной обработки. В первом случае фактически речь идёт о вопросах, относящихся к архитектуре вычислителей; во втором — о так сказать глобальных средствах обработки данных (в частности, пакетах прикладных программ).

Таким образом, реформа преподавания компьютерных дисциплин у математиков приобрела вполне конструктивные контуры:

1. Введение на первом курсе предмета по освоению пакетов прикладных программ.
2. Разработка и введение принципиально нового четырёхсеместрового курса «Алгоритмический анализ» (в течение первых двух лет обучения).
3. Разработка методики изучения языка, поддерживающего алгоритмический анализ.
4. Чтение одновременно с курсом алгоритмического анализа традиционного курса, знакомящего студентов с архитектурными аспектами компьютерно организованными вычислителями.
5. Введение со второго семестра второго курса изучения разноплановых языков программирования в виде совокупности спецкурсов.
6. Организация чтения курсов в рамках межвузовского взаимодействия и взаимодействия с ИТ-компаниями, начиная с третьего курса и включая магистратуру (Школа анализа данных Яндекс-МФТИ, спецкурсы специалистов фирм Наумен, СКБ-Контур и др.). Отметим, что в этой части ведётся совместная подготовка как математиков, так и студентов компьютерных направлений.

Для реализации курса «Алгоритмический анализ» разработаны учебное пособие [4] и программные средства, позволяющие организовать соответствующий практикум.

К сегодняшнему дню первые студенты, которых коснулась данная реформа, заканчивают второй курс магистратуры. Соответственно, обучение студентов полному курсу



бакалавриата осуществлёно трижды. Более 70 процентов выпускников сегодня успешно делают карьеру в отделах разработки программного обеспечения таких крупных ИТ-компаний, как Яндекс и СКБ-Контур, несколько выпускников при-

глашены в Google и Facebook. Более половины выпускников продолжили обучение в магистратуре, и значительная часть из них совмещает это с работой в ИТ-компаниях. Поэтому мы считаем, что цели реформы в основном достигнуты.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Профессиональные стандарты в области информационных технологий — М.: АП КИТ, 2008. — 616 с.
2. Баклановский М.В., Гейн А.Г., Лахтин А.С. Подготовка по компьютерным дисциплинам студентов математического и компьютерного направлений // VII Международная конференция памяти академика А.П. Ершова «Перспективы систем информатики»: секция «Информатика образования»: Материалы конференции, Н., 15 — 19 июня 2009 г. — Н., ИСИ РАН, 2009. — С. 27–32.
3. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования. Уровень образования: бакалавриат. Направление подготовки: 02.03.01 Математика и компьютерные науки / Электронный ресурс: Режим доступа: [www.osu.ru/docs/fgos/vo/bak\\_02.03.01.pdf](http://www.osu.ru/docs/fgos/vo/bak_02.03.01.pdf) (дата доступа: 05.01.2018).
4. Лахтин А.С., Кумков С.С., Гальперин А.Л., Гейн А.Г. Алгоритмический анализ. Методическое пособие. — ИМКН УрФУ, 2011 — 29 с. / Электронный ресурс: Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/urfu/145/folder:7752/#1868590> (дата доступа: 05.10.2017).