

Формирование представлений о будущей специальности у студентов младших курсов в рамках дисциплины «Введение в специальность»

© В.С. Зарубин, Г.Н. Кувыркин, И.К. Марчевский

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассмотрены вопросы преподавания курса «Введение в специальность», знакомящего студентов со сферой их будущей профессиональной деятельности. Предлагаемая тематика лекций направлена на расширение кругозора и повышение уровня общей эрудиции обучающихся, что способствует более качественному и осмысленному освоению профессиональных дисциплин и усилению мотивации к дальнейшему обучению.

Ключевые слова: *прикладная математика, математическая модель, вычислительный алгоритм, компьютерная программа, вычислительная машина, математический анализ, линейная алгебра.*

Введение. Дисциплина «Введение в специальность» включает в себя курс лекций, читаемых на втором семестре студентам, обучающимся в МГТУ им. Н.Э. Баумана по специальности 231300 «Прикладная математика». Такое положение дисциплины в учебном плане объясняется следующими соображениями. С одной стороны, необходимо сформировать у студентов понимание значения и места прикладной математики среди математических наук. Это нужно сделать на начальной стадии обучения студентов в Университете, одновременно с изучением общеинженерных дисциплин до перехода к освоению профессиональных дисциплин. С другой стороны, преподавание дисциплины «Введение в специальность» на первом семестре, в самом начале обучения студентов в МГТУ им. Н. Э. Баумана, представляется нецелесообразным, поскольку даже для первоначального знакомства с простейшими основами математического моделирования физических процессов и технических систем, принципами и технологиями построения и анализа математических моделей, одних лишь школьных знаний недостаточно. Требуются базовые знания в области математического анализа (теория пределов, дифференциальное исчисление функций одного действительного переменного) и аналитической геометрии (уравнения прямых и плоскостей, кривые и поверхности второго порядка, решение систем линейных алгебраических уравнений), которыми студенты обладают именно к началу второго семестра.

Курс лекций строится таким образом, чтобы на доступном студентам-первокурсникам уровне рассказать о развитии некоторых разделов и идей математики [1–6]. Поскольку основной вид деятельности выпускников специальности «Прикладная математика» так или иначе связан с математическим моделированием физических процессов и технических (а также экономических, социальных, биологических и др.) систем, уже на первом курсе полезно познакомить студентов с классической триадой математического моделирования «Модель — Алгоритм — Программа» А. А. Самарского и обсудить свойства всех ее звеньев.

Математические модели. Свойства математических моделей [7] и степень удовлетворения предъявляемых к ним требований (полнота, точность, адекватность, робастность и др.) можно наглядно проанализировать на примере хорошо известных студентам простых моделей: в задачах о малых колебаниях физического маятника, движении брошенного под углом к горизонту тела и некоторых других. Отметим, что знакомство с простейшими основами математического моделирования позволит студентам более широко смотреть на тот математический аппарат, который будет изучаться ими позднее (кратные и криволинейные интегралы, обыкновенные дифференциальные уравнения и уравнения математической физики, теория функций комплексного переменного и др.), в контексте его возможного применения для математического описания различных явлений и процессов. Целесообразно уделить внимание единицам измерения различных физических величин и продемонстрировать некоторые примеры, в которых можно установить вид функциональной зависимости между физическими величинами, основываясь на общих принципах анализа размерностей и использовании теории подобия [8].

Важно в начале обучения донести до студентов удачно сформулированную выдающимся инженером и математиком А. Н. Крыловым мысль о том, что точность математической модели не может быть выше точности исходных предположений, положенных в ее основу, а также тот факт, что любая математическая модель имеет строго определенную ограниченную область применимости. Студенты должны четко понять, что в большинстве случаев залогом успеха при решении математиком-прикладником стоящей перед ним задачи отнюдь не является умение создавать принципиально новые математические модели; в этом чаще всего нет необходимости, так как для описания интересных процессов и явлений можно воспользоваться известными, хорошо зарекомендовавшими себя подходами. Искусство специалиста в области прикладной математики состоит в умении «собрать» из известных «частей» такую модель, в которой будет достигнут определенный компромисс между противоречивыми требованиями простоты и точности, наглядности и экономичности и т. п. Более подробно

с вопросами построения и анализа математических моделей студенты будут знакомиться в рамках дисциплины «Основы математического моделирования» [7] на четвертом курсе, когда они уже будут иметь достаточную математическую подготовку.

Алгоритмы решения задач и их программная реализация. В рамках курса «Введение в специальность» ставится задача донести до студентов мысль о том, что построение математической модели, удовлетворяющей необходимым требованиям, — важный, но зачастую далеко не самый сложный этап математического моделирования. Необходимо твердо уяснить, что точное или хотя бы приближенное (с требуемой точностью) аналитическое решение уравнений, входящих в модель, возможно лишь в редких частных случаях, как правило, не представляющих практического интереса. В реальных ситуациях количественный анализ модели осуществляется методами вычислительной математики с привлечением современной вычислительной техники.

Разработка соответствующего алгоритма и работоспособной компьютерной программы, реализующей этот алгоритм, — звенья указанной выше триады — требуют от математиков-прикладников глубоких фундаментальных знаний и понимания взаимосвязей между различными дисциплинами.

Простейший пример, который может быть продемонстрирован студентам, — проблема отыскания корней алгебраического уравнения $f(x) = 0$ на отрезке $[a, b]$. Понятно, что первокурсники не готовы воспринять весь арсенал существующих численных методов решения нелинейных алгебраических уравнений (это они будут изучать позднее, на третьем курсе в рамках дисциплины «Методы вычислений»), однако алгоритмы метода бисекции и метода Ньютона им вполне доступны. При этом необходимо ясно продемонстрировать, что за этими методами стоят фундаментальные математические результаты, известные студентам из курса математического анализа первого семестра [9]: теорема Больцано — Коши об обращении непрерывной функции в нуль и теорема о возможности разложения дважды дифференцируемой функции по формуле Тейлора с остаточным членом в форме Лагранжа соответственно. Для этой же задачи вполне можно показать студентам в наглядной графической форме основную идею метода простой итерации. Демонстрация алгоритма приближенного извлечения квадратного корня — алгоритма Герона, который может быть получен в результате применения как метода Ньютона, так и метода простой итерации, с описательной характеристикой его точности дает возможность студентам познакомиться с простейшими, но вполне применимыми на практике численными методами.

Необходимо также уделить внимание вопросам программной реализации алгоритмов решения задач и организации вычислительного эксперимента [10]. Опыт общения со студентами младших курсов показывает, что они имеют весьма смутное представление об истории развития вычислительной техники и, следовательно, едва ли могут себе представить, какими ресурсами располагали математики-прикладники несколько лет и десятилетий назад. Тем не менее такие знания необходимы, поскольку понять в полной мере логику и направление развития математических методов в отрыве от истории развития ЭВМ едва ли возможно.

Студентов следует познакомить с основными вехами истории вычислительной техники, обращая внимание на то, что отечественные вычислительные машины 50 – 70-х годов XX в. («Стрела», МЭСМ, БЭСМ, «Урал», СМ, ЕС ЭВМ/ПЭВМ) не уступали, а по ряду параметров и превосходили зарубежные образцы. Эти вычислительные машины стали мощным инструментом в руках советских ученых, они позволили проводить исследования ряда сложнейших математических моделей, востребованных прежде всего в оборонной и космической отраслях. В частности, именно на машине «Стрела» – первой отечественной ЭВМ – в Институте прикладной математики Академии наук под руководством М. В. Келдыша был проведен расчет полета первого спутника и первого полета человека в космос. Отметим, что с 2002 г. в Институте прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН действует филиал кафедры ФН-2 «Прикладная математика» МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Выдающиеся ученые — математики и механики. С именем и научной деятельностью М. В. Келдыша во многом связано становление в нашей стране прикладной математики как научного направления. К сожалению, осведомленность сегодняшних студентов о творцах современной науки — наших соотечественниках — оставляет желать лучшего. Опыт общения с первокурсниками показывает, что на предложение назвать фамилии известных им советских и российских ученых-математиков и механиков, а также выдающихся инженеров, от целого студенческого потока удастся услышать пять-семь фамилий (вспоминают А. Н. Колмогорова, С. М. Никольского — по-видимому, как авторов школьных учебников математики, С. П. Королева, И. В. Курчатова, Л. Д. Ландау, последние двое — скорее физики-теоретики). После некоторых раздумий и серии «наводящих вопросов» называют еще несколько фамилий. Печально, но имя М. В. Келдыша — математика, инженера, ученого, крупного организатора науки, президента АН СССР — для многих студентов совершенно неизвестно. Поэтому несколько лекций (две-три) в рамках курса «Введение в специальность» посвящается рассказу о жизни и деятельности выдающихся

российских и советских ученых — уже упоминавшегося М. В. Келдыша, Н. Е. Жуковского, А. Н. Крылова. Целью таких лекций является повышение общей эрудиции студентов и воспитание элементов патриотизма: нередко приходится слышать от студентов фразы вроде «Я и не знал(а), что ... было впервые сделано в нашей стране!». В частности, оказывается, что все без исключения первокурсники знают об американской программе Space Shuttle и одноименных космических челноках, однако лишь отдельные студенты осведомлены о существовании программы «Энергия — Буран», продемонстрировавшей высочайшие достижения многих отраслей отечественной науки и промышленности. Опыт показывает, что такие лекции, сопровождаемые показом компьютерных презентаций с соответствующими иллюстрациями, вызывают значительный интерес у студентов, посещаемость лекций превышает 90 %. В конце лекций студенты активно задают вопросы.

Реферат. Разумеется, в часы лекций невозможно даже бегло упомянуть о многих ученых (главным образом — математиках, механиках, инженерах) и конструкторах (в основном — авиационной и космической техники), создателях всемирно признанных научных школ и новых направлений современной науки, чьи имена составили славу и гордость советской и российской науки. Поэтому студентам в качестве домашнего задания предлагается подготовить реферат, посвященный жизни и деятельности одного из таких ученых. На выбор предлагается более 70 возможных тем рефератов (Н. Н. Боголюбов, В. В. Воеводин, Б. Г. Галеркин, В. В. Голубев, Б. Н. Делоне, А. А. Дородницын, А. Ю. Ишлинский, Л. В. Канторович, М. А. Лаврентьев, С. А. Лебедев, Г. И. Марчук, Н. Н. Моисеев, Д. Е. Охоцимский, Г. И. Петров, Ю. Н. Работнов, А. А. Самарский, Л. И. Седов, А. Н. Тихонов, А. Н. Туполев, С. А. Чаплыгин и др.).

Ясно, что при текущем уровне развития информационных технологий и доступности информации в основу реферата студентами будет положена информация, найденная в сети интернет. Широкое использование современных технологий приветствуется; при этом основное внимание при проверке рефератов уделяется качеству компиляции информации, полученной из различных источников. Многие сведения, которые были актуальны на момент публикации соответствующих материалов, к настоящему времени, очевидно, устарели, и от студентов требуется грамотно их скорректировать, а не «бездумно» переносить в текст своего реферата.

Кроме того, подготовка реферата проверяет умение грамотно оформить работу (речь идет об общепринятых правилах оформления печатных работ) и составить список использованных литературных

источников в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5–2008. Правилам оформления библиографических ссылок посвящается отдельная лекция, на которой также затрагиваются вопросы плагиата, вопросы этики в науке, философские основы понятия научной истины.

К сожалению, опыт показывает, что базовые навыки работы с литературой, умение отделять главное от второстепенного, также как и навыки грамотного оформления документов в MS Word, у большинства студентов развиты слабо. Последнее особенно удивительно в свете повсеместного распространения персональных компьютеров и их ежедневного использования. В частности, лишь немногие студенты способны сделать одинаковое во всем документе выравнивание текста, оформить рисунки, таблицы, списки и перечни, организовать рубрикацию и т. п. [11] Работа над рефератом в определенной мере способствует устранению указанных проблем. Кроме того, в ходе знакомства с литературой происходит расширение кругозора студентов, повышается их общая эрудиция.

Современные компьютерные технологии в прикладной математике. Было бы ошибкой ограничиться в рамках курса «Введение в специальность» одной лишь историей развития определенных разделов современной математики. Важно показать (конечно, на доступном студентам-первокурсникам уровне) современное состояние прикладной математики, обсудить актуальные направления развития. Одно из обязательных условий подготовки современного математика-прикладника — изучение широко распространенных математических пакетов. Знакомство с ними осуществляется на протяжении всего срока обучения в Университете, однако уже на первом курсе полезно сделать обзор возможностей существующих пакетов и области их применения. В частности, представляется полезным более подробно обсудить такое активно развивающееся сегодня направление, как системы компьютерной алгебры, которые позволяют по-новому взглянуть на возможности применения компьютера в математическом исследовании. Разумеется, такого плана лекции сопровождаются наглядными и понятными студентам первого курса демонстрациями и презентациями.

Преподаваемый студентам на младших курсах общеинженерный курс информатики знакомит с классическими основами устройства ЭВМ; в нем же обучающиеся осваивают какой-либо из языков программирования высокого уровня. К сожалению, в рамках сложившейся традиции изучения информатики едва ли делается хотя бы обзор тех возможностей, которые открывают перед пользователем современные технологии. В частности, не уделяется должного внимания широко доступной сегодня суперкомпьютерной технике, без которой невозможно решение большинства актуальных задач,

в то время как эффективное использование суперкомпьютеров дает возможность многократно (в десятки-сотни, а иногда и тысячи раз) сократить временные затраты на проведение вычислительного эксперимента. Вопросы организации высокопроизводительных вычислений, параллельного программирования, использования в расчетах возможностей современных графических ускорителей студенты будут изучать позже, на четвертом курсе в рамках «Практикума по параллельным вычислениям», однако уже в самом начале обучения полезно сформировать общие представления об этом направлении. Важно, чтобы студенты поняли, что на сегодняшний день параллельное программирование — как в свое время программирование последовательное — перестает быть уделом избранных. Достаточно указать на тот факт, что параллельные программы нужны сегодня для проведения вычислений не только на суперкомпьютерах, но и на вполне обычных персональных ЭВМ: современные процессоры являются многоядерными, и проводить расчеты на них с максимальной производительностью можно лишь используя параллельные вычислительные алгоритмы, разработка которых для численного анализа интересующих математических моделей представляет собой нетривиальную задачу. Для разработки параллельных программ специалист должен обладать знаниями о современном уровне развития программного и аппаратного инструментария и способностью применять эти знания на практике.

При этом студенты должны четко осознавать необходимость соблюдения баланса между экстенсивным (использование все больших вычислительных ресурсов для исследования существующих математических моделей) и интенсивным (разработка новых экономичных моделей, методов и алгоритмов) путями развития. Наиболее наглядно это можно продемонстрировать в рамках лекции о некоторых направлениях развития линейной алгебры, в частности, об алгоритмах быстрого матричного умножения, идеи простейших из которых (метод Винограда, метод Штрассена и некоторые другие подходы [12]) вполне доступны студентам первого курса. Большой интерес со стороны студентов вызывает рассказ о недоказанной, но и не опровергнутой на сегодня гипотезе Штрассена и связанном с ней так называемом барьере Копперсмита — Винограда, которые, однако, имеют на сегодня лишь теоретическую ценность и неприменимы на практике.

При этом также формируется понятие о вычислительной сложности алгоритма и различных подходах к ее оценке. Демонстрация обучающимся конкретных результатов расчетов на современных ЭВМ, в том числе в реальном времени, показывает, что наиболее продуктивным является предложенный еще в 30-х годах прошлого столетия, до

появления первых ЭВМ, подход А. Н. Крылова, в соответствии с которым сложность алгоритма определяется количеством операций умножения и деления в нем [10].

Обзор научных направлений, развиваемых на кафедре «Прикладная математика». Высокопроизводительные вычисления и разработка эффективных параллельных вычислительных алгоритмов, о которых говорилось ранее, — это лишь одно из современных перспективных научных направлений, развиваемых на кафедре «Прикладная математика». Помимо него сотрудники кафедры ведут активные исследования в таких областях, как математическое моделирование термомеханических процессов в материалах и элементах конструкций, процессов теплообмена в неоднородных средах, взаимодействия сплошной среды с электромагнитным полем, процессов взаимодействия конструкций с потоком жидкости и газа и др. Кроме того, на кафедре проводятся фундаментальные исследования в области функционального анализа и теории вероятностей, теории функций и ее приложений.

Кафедра имеет три филиала, которые работают в Институте прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, Институте проблем механики им. А. Ю. Ишлинского РАН и в Центральном институте авиационного моторостроения им. П. И. Баранова. Преподаватели, являясь штатными сотрудниками соответствующих институтов, ведут активную научно-исследовательскую работу по тематике своих отделов и лабораторий.

Представляется исключительно полезным хотя бы кратко, «в общих чертах», познакомить студентов-первокурсников с данными научными направлениями. Это позволяет им не только наглядно увидеть возможные приложения тех учебных дисциплин, которые ими уже изучаются и будут изучаться в дальнейшем, но и определить для себя будущее направление деятельности. Ведь уже на втором курсе, в четвертом семестре, всем студентам предстоит выполнять первую курсовую работу, а в последующих семестрах — по две курсовые работы. Специфика обучения на кафедре «Прикладная математика» заключается в том, что тематика всех курсовых работ может охватывать самые разнообразные направления, чаще всего она определяется индивидуально исходя из интересов научного руководителя и студента. Студенты при желании имеют возможность выбирать научного руководителя, поэтому знакомство с направлениями исследований преподавателей кафедры способствует осмысленному выбору будущего научного руководителя и повышению эффективности работы с ним. Цикл таких лекций, читаемых с привлечением других преподавателей кафедры и сопровождаемый компьютерными презентациями, подготовленными специально для студентов-первокурсников, занимает важное место

в структуре курса «Введение в специальность». Одну-две лекции целесообразно также посвятить исследованиям, которые проводятся аспирантами кафедры и студентами-старшекурсниками, серьезно занимающимися научно-исследовательской работой, чьи результаты уже прошли апробацию на крупных российских и международных научных форумах.

Заключение. Курс «Введение в специальность» по существу представляет собой первую дисциплину, знакомящую студентов со сферой их будущей профессиональной деятельности. Предлагаемая тематика лекций направлена на расширение кругозора и повышение уровня общей эрудиции обучающихся, что способствует более качественно и осмысленно освоению профессиональных дисциплин и усилению мотивации к дальнейшему обучению. Знакомство с научными направлениями, развиваемыми на кафедре «Прикладная математика», позволяет студентам уже на первом курсе задуматься над выбором тематики своей будущей деятельности и, возможно, будущего научного руководителя.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Панов В.Ф. *Математика древняя и юная*. Зарубин В.С., ред. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006, 646 с.
- [2] Панов В.Ф. *Современная математика и ее творцы*. Зарубин В.С., ред. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011, 646 с.
- [3] Колмогоров А.Н. *О профессии математика*. Москва, Изд-во МГУ, 1959, 32 с.
- [4] Курант Р., Роббинс Г. *Что такое математика?* Москва, Просвещение, 1967. 558 с.
- [5] Успенский В. *Апология математики*. Санкт-Петербург, Амфора, 2010, 554 с.
- [6] Писаревский Б.М., Харин В.Т. *Беседы о математике и математиках*. Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2004, 208 с.
- [7] Зарубин В.С. *Математическое моделирование в технике*. Зарубин В.С., Крищенко А.П., ред. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010, 495 с.
- [8] Седов Л.И. *Методы подобия и размерности в механике*. Москва — Ленинград, ГИТТЛ, 1951, 196 с.
- [9] Морозова В.Д. *Введение в анализ*. Зарубин В.С., Крищенко А.П., ред. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005, 407 с.
- [10] Воеводин В.В. *Вычислительная математика и структура алгоритмов*. Москва, Изд-во МГУ, 2006, 112 с.
- [11] Водчиц С.С. *Книжный дизайн: теория пропорций*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011, 558 с.
- [12] Тьртышников Е.Е. *Матричный анализ и линейная алгебра*. Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2007, 480 с.

Статья поступила в редакцию 15.05.2013

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Зарубин В.С., Кувыркин Г.Н., Марчевский И.К. Формирование представлений о будущей специальности у студентов младших курсов в рамках дисциплины «Введение в специальность». *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. 4. URL: <http://engjournal.ru/catalog/pedagogika/hidden/679.html>

Зарубин Владимир Степанович — д-р техн. наук, проф. кафедры “Прикладная математика” МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: zarubin@bmstu.ru

Кувыркин Георгий Николаевич — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой “Прикладная математика” МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: gnk1914@mail.ru

Марчевский Илья Константинович — канд. физ.-мат. наук, доц. кафедры “Прикладная математика” МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: iliamarchevsky@mail.ru