

Некоторые аспекты математической подготовки инженеров

© Е.А. Власова, Э.П. Казанджан, В.С. Попов

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

Рассмотрены проблемы математической подготовки будущих инженеров, формирования у них математической культуры, показана ее важность для профессиональной деятельности.

Ключевые слова: инженерная математика, математическая культура, математическое мышление, математическое моделирование, межпредметные связи

Слово «инженер» произошло от латинского *ingenium*, что означает «способность», «изобретательность». Профессия инженера зародилась в глубокой древности. Первые люди на Земле были и первыми инженерами — сама жизнь требовала от них изобретательности.

За многие тысячелетия данная профессия сильно изменилась — непрерывно сужается специализация, инженерная работа все теснее сближается с научной, функции и обязанности постоянно меняются. Современный инженер — это и конструктор, и экономист, и управленец, и экспериментатор, и программист. Но суть профессии остается неизменной. Во все годы инженер работает по схеме: анализ ситуации — принятие решения — исполнение — ответственность.

Компетенции инженера, формирующиеся в процессе обучения математике. Выпускник вуза должен обладать общими и специальными знаниями, уметь работать с научной литературой, быть психологически готовым к любому объему работы [1]. Важное место во всех этих вопросах отводится математике как основному инструменту в руках инженера [2].

По мнению авторов статьи, существуют шесть важных аспектов, отражающих роль математики в подготовке будущего инженера [3].

1. Установление межпредметных связей — обслуживание соседних дисциплин (физики, химии, механики), что дает им формализованный язык для описания различных процессов и явлений. Благодаря математическим методам механика, астрономия, физика и другие науки проникают в сущность законов природы и предвидят то, что еще осталось за границами знания. Математика, способствуя проявлению новых знаний о природе, обществе, находит в смежных науках реальные стимулы для своего развития. Межпредметные связи в обучении математике выполняют образовательную, развивающую, ме-

тодологическую и воспитывающую функции. Профессиональные инженерные дисциплины являются своего рода заказчиками тех знаний, умений и навыков, которые могут формироваться посредством математики и будут востребованы в дальнейшем.

2. Практическая направленность использования математических знаний — важнейшая составляющая инженерной деятельности [4]. Выпускники технического вуза должны уметь четко сформулировать ту или иную техническую задачу, строить математические модели, выбирать соответствующий поставленной задаче математический метод и алгоритм решения, использовать для решения задач численные методы, на основе математического анализа продуцировать и выбирать практические рекомендации [5].

3. Исторический аспект — передача нынешнему поколению опыта предыдущих, иллюстрирующего и подтверждающего эффективность использования математики в решении различных конкретных задач любого масштаба — от глобальных до самых простых. Математика — это многовековая битва идей, умов, характеров, личностей, грандиозная по масштабу и драматической напряженности, не менее захватывающая и впечатляющая, чем любое спортивное или театральное зрелище [6]. Неслучайно во многих технических вузах, в частности в МГТУ им. Н.Э. Баумана, функционируют курсы истории математики, на которых студенты знакомятся не только с жизнью и научными достижениями великих математиков, но и изучают процессы формирования и развития различных математических дисциплин.

4. Этический аспект — математику (как и литературу, и искусство) можно использовать для решения многих жизненно важных вопросов, связанных с самоанализом, анализом и рационализацией своей жизни и отношения к ней, культурой труда и мышления, взаимоотношением с обществом и осознанием своего места в нем; здесь можно говорить о *социальной значимости математических знаний*, что требует развития мировоззрения обучаемого и понимания роли математики в формировании научной картины мира, позволяющей адекватно отражать действительность.

5. Эстетический аспект — развитие и формирование ассоциативного, творческого математического мышления, чтобы не только знать и понимать изучаемые вопросы, теоремы, методы, но и глубоко чувствовать, ощущая их красоту и эффективность, величие и универсальность, границы применимости и связь с другими сторонами человеческого познания: музыкой, языком, философией, физикой, литературой; к основным чертам творческого математического мышления относятся лаконизм, стремление всегда находить кратчайший, ведущий к цели логический путь. Творческий подход к решению математических, а также и технических задач проявляется в умении видоизме-

нять заданную ситуацию, чтобы создать условия для применимости того или иного метода, или в умении конструировать на базе данной задачи новые, осуществлять контроль и исследовать результат решения.

6. Тренировочный аспект — математика является идеальным средством для тренировки мозга. Занятия математикой способствуют достижению высокого уровня мыслительной концентрации, устойчивости внимания, способности в течение длительного времени заниматься определенным видом деятельности, уделять внимание нескольким объектам одновременно.

Все это накладывает отпечаток на специфику курса математики в техническом вузе.

Взаимосвязь фундаментальной и прикладной математики. Как и всякая наука, математика считается единой и неделимой, справедливо это или нет — не столь важно. Но в некоторых ситуациях ее приходится разделять на чистую и прикладную, элементарную и высшую, вузовскую и втузовскую, для гуманитариев и инженеров. Развитие математики, как известно, идет двумя основными путями: 1) ориентируясь на реальные задачи, возникшие, как правило, вне математики — в инженерной практике; 2) руководствуясь только собственной внутренней логикой, без учета практической пользы для окружающих (и в смежных дисциплинах, и в практических задачах). Это и есть деление на прикладную математику и чистую.

Анализируя реальные условия развития, предмета и значения математики, можно сделать вывод, что практика является не только *источником и движущей силой* роста математики, но и *критерием истины* математических теорий. И в этом математика не отличается принципиально от других отраслей знания.

Однако в концепции зависимости развития математики от практики сильно упрощен реальный процесс ее эволюции: отсюда следует, что математики могут делать открытия, предопределяемые только потребностями техники, промышленности и т. п. Но история науки показывает, что математики нередко выходят за границы, предопределяемые практикой текущего времени, и развивают теории, опережающие современные требования на многие десятилетия. Практика в этом случае побуждает математиков к исследованиям определенного характера; однако проблему можно считать решенной только тогда, когда она получит строгое логическое обоснование.

Таким образом, деятельность людей является решающей причиной развития и источником исследований естествознания и математики. Но отсюда не следует, что движение научной теории предопределено только тогда, когда появляются соответствующие требования со стороны людей. Дело в том, что *математика в силу объективности законов логики, обладая относительной самостоятельностью, имеет внутренние возможности и стимулы развития.*

Логика отражает наиболее общие законы развития действительности и является способом доказательства уже открытых истин. Но в то же время логика — метод перехода от известного к неизвестному. Поэтому опирающиеся на ее законы результаты развития математики столь же точны, как исходные данные. Отсюда следует возможность чисто логического развития математики, отражающего свойства и закономерности количественных отношений и пространственных форм материального мира. Это позволяет получать научные результаты, теоретический объем которых превышает используемый на практике в данный период. Так рождается *чистая математика*.

Одна из важнейших особенностей технических университетов — фундаментальная подготовка будущих инженеров на основе углубленного и расширенного цикла математических, естественнонаучных и общеинженерных дисциплин. Курс математики в техническом вузе является примером гармоничного сочетания чистой и прикладной математики, объединения строгого и доказательного изложения материала с практической направленностью многочисленных примеров и задач, рассматриваемых в ходе учебного процесса, что обеспечивает тесные межпредметные связи курса математики с естественнонаучными и общеинженерными дисциплинами, повышает мотивацию к освоению математики, способствует осознанию учащимися необходимости получения глубоких математических знаний для успешного овладения выбранной инженерной профессией.

Специфика преподавания математики в инженерном вузе. Математика для инженера — средство и инструмент. Рассмотрим некоторые особенности курса математики для будущих инженеров [7].

1. Удельный вес темы «Графики» в подготовке математика и инженера весьма значителен. Теория для тех и других одна и та же, она укладывается в три лекции (вместе с примерами), однако если для математика это одна из важных тем, то для инженера она самая важная. В узкометодическом плане данная тема — идеальный аккумулятор всего материала первого семестра, при ее изучении математики и инженеры находятся в равном положении. В итоге изучения «Графиков» у студентов выработаются основные инженерные качества, они научатся оценивать ситуацию. Вся инженерная математика «держится» на двух словах — *подставить* (довести до числа) и *оценить*. Научиться оперировать данными понятиями можно, занимаясь графическими построениями.

Отметим еще одно важное обстоятельство, весьма характерное для инженерной практики. Часто полное исследование функции невозможно (из-за отсутствия времени или по характеру ситуации) или не нужно, но хотя бы некоторые основные особенности функции видеть необходимо. В упрощенном варианте вопрос ставится так —

описать (охарактеризовать) поведение функции в области определения. Разумеется, без использования производных некоторые детали порой выпадают. Но скорость оправдывает все, а фактор времени часто оказывается решающим в инженерной работе. Поэтому крайне полезно строить графики устно, без выкладок, дифференцирования. Подобная облегченно-ускоренная тренировка благотворно скажется в дальнейшем, при изучении определенных (особенно несобственных) интегралов и рядов.

По неписаному закону инженерии необходимо видеть хотя бы в общих чертах основные особенности любой функции. К сожалению, непониманием этой простой ситуации грешат очень многие преподаватели математики, в том числе авторы популярнейших учебников и задачников — исследование функции для построения графика дробится на части: в задачах одного параграфа надо искать только интервалы возрастания-убывания, в других — только асимптоты и т. д. Такой подход является идеологически вредным.

2. Излишняя формализация подачи материала студентам младших курсов. Примером того, как хорошая вещь становится не просто бесполезной, но и вредной, являются *кванторы*. Студенты скачивают ответы из интернета, совершенно не понимая смысла, и не могут выразить словами, что они означают. Многие учебники математики для студентов технических вузов грешат перегруженностью кванторами. Большинство студентов не воспринимает текст, где математических символов больше, чем слов. Если возникла такая дилемма — квантор или русский язык? — то выбор однозначен: язык важнее.

3. Требования к знанию материала отличаются для математиков и инженеров (поскольку математика, по Гильберту, это язык, то здесь языковая аналогия более чем уместна): для математика самое главное — широта словарного запаса, а для инженера — умение разговаривать. К сожалению, в преподавании языка, несмотря на огромный практический опыт, до сих пор нет четких критериев соотношения между количеством слов и составлением из них осмысленных предложений. Эту важнейшую задачу каждый преподаватель решает индивидуально, чисто интуитивно, автоматически. Но рано или поздно наступает этап контроля знаний, где невозможны автоматические решения. Переход на письменную форму экзаменов сильно осложняет ситуацию, так как в заданиях присутствуют разные вопросы — и те, над которыми студент имеет право думать, и те, на которые обязан отвечать с ходу. Здесь происходит разрыв с инженерной практикой: инженер часто сталкивается с задачами, которые необходимо решить именно сегодня, так как завтра будет поздно. Все занятия, а тем более экзамены, зачеты, контрольные, должны быть прообразом инженерной работы, а привычная игра в вопросы — ответы на инженерные будни мало похожа.

4. У каждого времени свои законы. Нынешние студенты — дети ЕГЭ и интернета. Вредность ЕГЭ ни для кого не является секретом. С математикой в интернете можно познакомиться отчасти напрямую, открыв соответствующие сайты, отчасти косвенно — по экзаменационным листам студентов (ясно, что сами они написанную ими теорию придумать не могли). Зачастую в работах студентов математическая теория изложена с грубыми ошибками и сомнительными доказательствами теорем. Например, на целую страницу растягивается доказательство теоремы, для которого инженеру достаточно одной строки выкладок и нескольких строк пояснений. Или теоремы, которые всегда рекомендуется записывать в стандартной форме с оборотом «Если..., то...», вдруг приобретают вид: «Пускай... . Тогда...». Но условия теоремы и допущение — разные вещи, их смешение явно выходит за рамки стилевой небрежности. В связи с этим в технических вузах необходимо создавать учебные сайты, электронные библиотеки, содержащие издания, прошедшие строгое рецензирование. Особое внимание следует уделять созданию электронных конспектов лекций, электронных учебников с интерактивными элементами, в которых содержатся обучающие элементы, вопросы для самоконтроля, подсказки. Электронные учебно-методические материалы должны существенно отличаться от оцифрованных учебных и учебно-методических пособий и содержать помимо основного текста различного рода дополнения, гиперссылки на учебные материалы из электронной библиотеки, всплывающие окна с пояснениями, типовые задачи и интерактивные примеры их решения, фото- и видеоматериалы, анимацию и т. д. [8].

5. Вся многовековая история научного познания — это взаимосвязь двух различных методологических подходов: *теории* и *эксперимента*. Оба подхода существуют на равных правах, они взаимодействуют, сотрудничают, при этом взаимно обогащают и дополняют друг друга. Данные теории проверяют экспериментом, данные эксперимента — теорией. Можно отметить два характерных нюанса взаимосвязи теории и эксперимента. Во-первых, она становится все более активной, динамичной: естественных природных экспериментов (где роль человека ограничивается наблюдением) почти не осталось, эксперимент приобретает все большую изначальную теоретическую основу, без которой эксперимент трудно организовать и невозможно понять смысл его результатов. Во-вторых, совпадение или расхождение данных, полученных теоретически и экспериментально, приходится оценивать все более тонко, диалектично. Хотя самое хорошее совпадение лишь косвенно подтверждает истинность результата, именно оно дает исследователям повод в этот результат поверить, полностью его признать. Однако несовпадение теоретических и экс-

периментальных данных наиболее полезно для науки, так как фиксирует неразвитость научных взглядов и тем самым дает толчок к развитию и изменению теории, порождает новые гипотезы и концепции. Извечный вопрос: в чем заключается отсутствие совпадения — в теории, эксперименте или в них обоих? Поскольку (с точки зрения чисел) теория чиста, а эксперимент неточен, требования к интерпретации и правильности обработки экспериментальных данных становятся все более высокими. История развития науки показывает, что роль вычислений и в теории, и в эксперименте возрастает, вычисления становятся все более громоздкими и тонкими. Появление ЭВМ и внедрение их в научный обиход произвели подлинную революцию не только в технике вычислений и математике, но и в науке в целом [9]. Гигантский скачок скорости счета привел к возникновению нового метода изучения природы — к возможности проведения *численного эксперимента*. Смело можно сказать, что сейчас, кроме теоретического и экспериментального методов, существует *метод численного эксперимента*. В методологическом смысле все три подхода равноправны, т. е. в зависимости от задачи, области науки один из них оказывается более успешным, экономичным, важным, необходимым, приемлемым и т. п. Вычислительная математика является сейчас полужэкспериментальной наукой. Во всяком случае, нельзя считать ее просто разделом математики. Вместе с тем следует принимать во внимание, что вычислительная математика опирается на современные анализ и алгебру, используя самые глубокие и абстрактные математические теоремы (образно говоря, ни одна теорема не застрахована от призыва на *машинную службу*). Поэтому курсы вычислительной математики, численных методов играют особо важную роль в подготовке инженерных кадров.

6. Повышению уровня знаний студентов способствует внедрение в учебный процесс новых методов преподавания, включающих использование современных интерактивных компьютерных систем, математических пакетов (МП) [10]. Применение МП существенно активизирует освоение математических понятий, теорем и методов решения задач, а также способствует дальнейшему выполнению инженерных и научных расчетов с помощью МП. В совокупности с модульно-рейтинговой системой организации учебного процесса [11] использование МП способствует развитию мотивационных стимулов обучения студентов. Однако, как показывает опыт, если форсировать процесс широкого применения МП в учебном процессе, то можно прийти к обучению бессмысленному нажиманию на кнопки, после которого интеграл будет ассоциироваться у студента только с крючком.

Резюмируя, можно сказать, что рост требований к инженерным расчетам влечет и повышение требований к уровню математических знаний у будущих инженеров. В получаемых инженером знаниях должны быть отражены специфика профессиональной деятельности;

умение использовать математические и численные методы, МП, современные интерактивные компьютерные системы в инженерных расчетах. Будущий инженер должен осознать важность математики как неотъемлемой части общечеловеческой культуры, понять, что без знания математики он не сможет реализовать стоящие перед ним практические задачи [12].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кон Е.Л., Фрейман В.И., Южаков А.А. Разработка и исследование подходов к управлению, контролю и оцениванию качества реализации компетентностно-ориентированных образовательных программ. *Наука и образование: научное издание*, 2015, № 3.
URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/761419.html>
- [2] Сигорский В.П. *Математический аппарат инженера*. Киев, Техніка, 1975, 768 с.
- [3] Казанджан Э.П. *Школьник — абитуриент — студент — инженер: учебное пособие*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013, 132 с.
- [4] Мышкис А.Д. О преподавании математики прикладникам. *Математика в высшем образовании*, 2003, № 1, с. 37–52.
- [5] Князева О.Г. Проблема профессиональной направленности обучения математике в технических вузах. *Вестник Томского государственного педагогического университета*, 2009, № 9, с. 14–18.
- [6] Панов В.Ф. *Математика древняя и юная*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006, 656 с.
- [7] Кудрявцев Л.Д. *Современная математика и ее преподавание. Избранные труды*. Т. 3. Москва, Физматлит, 2008, с. 16–169.
- [8] Власова Е.А., Новожилова О.В. Внедрение современных технологий в образовательный процесс. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. 3. URL: <http://engjournal.ru/catalog/pedagogika/hidden/678.html>
- [9] Зимина О.В. Дидактические аспекты информатизации высшего образования. *Вестник МГУ, Сер. 20*, 2005, № 1, с. 17–66.
- [10] Власова Е.А., Попов В.С., Пугачев О.В. Использование электронных математических пакетов при обучении высшей математике. *Вестник Московского государственного областного университета. Сер.: Физика-математика*, 2016, № 3, с. 120–132.
- [11] Власова Е.А., Грибов А.Ф., Попов В.С., Латышев А.В. Принципы модульно-рейтинговой системы преподавания высшей математики. *Вестник Московского государственного областного университета. Сер.: Физика-математика*, 2013, № 3, с. 93–99.
- [12] *Концепция развития математического образования в Российской Федерации*. URL: <http://минобрнауки.рф/документы/3894/файл/2730/Концепция>

Статья поступила в редакцию 06.03.2017

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Власова Е.А., Казанджан Э.П., Попов В.С. Некоторые аспекты математической подготовки инженеров. *Гуманитарный вестник*, 2017, вып. 5.

<http://dx.doi.org/10.18698/2306-8477-2017-5-431>

Власова Елена Александровна — канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Прикладная математика» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: линейная алгебра, функциональный анализ, методика преподавания высшей математики, вопросы качества образования. e-mail: elena.a.vlasova@yandex.ru

Казанджан Эмиль Погосович — канд. техн. наук, доцент кафедры «Прикладная математика» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: математический анализ, интегральное исчисление, дифференциальные уравнения, методика преподавания высшей математики, вопросы качества образования.

Попов Владимир Семенович — канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Прикладная математика» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: линейная алгебра, функциональный анализ, механика сплошной среды, методика преподавания высшей математики, вопросы качества образования. e-mail: vspopov@bk.ru

Some aspects of mathematical training of engineers

© E.A. Vlasova, E.P. Kazandzhan, V.S. Popov

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The article deals with the problems of future engineers' mathematical training and culture development. It shows the importance of such training for students' professional activities. We consider engineers' general cultural, social, personal and professional competences, which are formed while learning mathematics in a technical college. The article demonstrates the relationship between fundamental and applied mathematics. It also discusses some features of teaching mathematics at engineering universities. We argue that engineers' knowledge should comprise special professional activities, the relevant level of mathematical knowledge, the ability to use mathematical and numerical methods, mathematical packages, and modern interactive computer systems in engineering calculations.

Keywords: *engineering mathematics, engineering competence, mathematical culture, mathematical reasoning, mathematical modeling, interdisciplinary communication*

REFERENCES

- [1] Kon E.L., Freyman V.I., Yuzhakov A.A. *Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie — Science and Education: Scientific Edition*, 2015, no. 3. Available at: <http://technomag.bmstu.ru/doc/761419.html>
- [2] Sigorskiy V.P. *Matematicheskiy apparat inzhenera* [Mathematical apparatus of engineer]. Kiev, Tekhnika Publ., 1975, 768 p.
- [3] Kazandzhan E.P. *Shkolnik — abiturient — student — inzhener. Uchebnoe posobie* [The student — applicant — student — engineer. Training guide]. Moscow, BMSTU Publ., 2013, 132 p.
- [4] Myshkis A.D. *Matematika v vysshem obrazovanii — Mathematics in Higher Education*, 2003, no. 1, pp. 37–52.
- [5] Knyazeva O.G. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta — Tomsk State Pedagogical University Bulletin*, 2009, no. 9, pp. 14–18.
- [6] Panov V.F. *Matematika drevnyaya i yunaya* [Ancient and young mathematics]. Moscow, BMSTU Publ., 2004, 656 p.
- [7] Kudryavtsev L.D. *Sovremennaya matematika i ee prepodavanie. Izbrannye trudy. Tom 3.* [Modern mathematics and its teaching. Selected works. Vol. 3]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2008, pp. 16–169.
- [8] Vlasova E.A., Novogilova O.V. *Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii — Engineering Journal: Science and Innovation*, 2013, iss. 3 (16). Available at: <http://engjournal.ru/catalog/pedagogika/hidden/678.html>
- [9] Zimina O.V. *Vestnik MGU. Ser.20 — Moscow University Bulletin. Educational Studies*, 2005, no. 1, pp. 17–66.
- [10] Vlasova E.A., Popov V.S., Pugachev O.V. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Ser.: Fizika-matematika — Bulletin MSRU. Series: Physics and Mathematics*, 2016, no. 3, pp. 120–132.
- [11] Vlasova E.A., Gribov A.F., Popov V.S., Latyshev A.V. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Ser.: Fizika-matematika — Bulletin MSRU. Series: Physics and Mathematics*, 2013, no. 3, pp. 93–99.

- [12] *Kontsepsiya razvitiya matematicheskogo obrazovaniya v Rossiyskoy Federatsii* [The concept of mathematical education development in the Russian Federation].

Available at: <http://минобрнауки.рф/документы/3894/файл/2730/Концепция>

Vlasova E.A., Cand. Sc. (Phys.-Math.), Assoc. Professor, Department of Applied Mathematics, Bauman Moscow State Technical University. Research interests: linear algebra, functional analysis, methods of teaching mathematics, issues of educational quality.

e-mail: elena.a.vlasova@yandex.ru

Kazandzhan E.P., Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Applied Mathematics, Bauman Moscow State Technical University. Research interests: mathematical analysis, integral calculus, differential equations, methods of teaching mathematics, issues of educational quality.

Popov V.S., Cand. Sc. (Phys.-Math.), Assoc. Professor, Department of Applied Mathematics, Bauman Moscow State Technical University. Research interests: linear algebra, functional analysis, continuum mechanics, methods of teaching mathematics, issues of educational quality. e-mail: vspopov@bk.ru