

Карпова Елена Владимировна,

кандидат педагогических наук, доцент, кафедра математики и информатики, Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России; 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22; e-mail: dNEW78@yandex.ru

Матвеева Елена Петровна,

кандидат педагогических наук, доцент, кафедра физики и математического моделирования, Уральский государственный педагогический университет; 620144, г. Екатеринбург, ул. Шейнкмана, д. 111; e-mail: melena1207@yandex.ru

**РОЛЬ ФОРМАЛЬНОГО И ПРАКТИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН
В ФОРМИРОВАНИИ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ**

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инженерное мышление; математическая дисциплина; прикладная математика; профессиональное образование.

АННОТАЦИЯ. В статье рассматриваются вопросы обучения высшей математике студентов инженерных специальностей в условиях компетентного подхода в образовании. Обсуждаются методологические подходы к изучению математики, которые направлены на формирование инженерного мышления обучающихся. Авторы исследуют вопрос о соотношении формального и практического содержания математических дисциплин при подготовке будущего инженера с учетом дальнейшей специализации инженерной деятельности (производственная, исследовательская, универсальная). Показано, что интеграция математических и инженерных дисциплин является необходимым условием отбора содержания математических дисциплин для формирования инженерного мышления обучающегося. Предложена схема взаимодействия специальных и математических дисциплин для достижения целей формирования инженерной культуры студентов. Раскрывается потенциал обучения математике как средства формирования мышления, проявляющегося в деятельности на когнитивном уровне. Формулируется вывод о том, что математическая подготовка будущих инженеров обязательно включает и формальное, и практическое содержание. Вопрос влияния указанных компонентов на формирование инженерного мышления с введением новых стандартов становится особенно актуальным и решается преподавателями математики совместно с преподавателями специальных дисциплин по каждой теме отдельно с учетом дальнейшей специализации обучающихся.

Karpova Elena Vladimirovna,

Candidate of Pedagogy, Associate Professor, Department of Mathematics and Computer Science, Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Ekaterinburg, Russia.

Matveeva Elena Petrovna,

Candidate of Pedagogy, Associate Professor, Department Physics and Mathematical Modeling, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia.

**THE ROLE OF THE FORMAL AND PRACTICAL CONTENT OF MATHEMATICAL SUBJECTS
IN THE FORMATION OF ENGINEERING THINKING OF STUDENTS**

KEY WORDS: engineering thinking; mathematical subject; applied mathematics; professional education.

ABSTRACT. This paper addresses the questions of training of engineering specialties student advanced mathematics in the conditions of competence approach in education. Methodological approaches to the study of mathematics, which focus on the formation of engineering thinking of students, are discussed. The article discusses the question of proportion of the formal and practical content of mathematical subjects in the engineering training if further specialization of engineering activity is known (production, research, and universal). It is shown that the integration of mathematical and engineering subjects is a necessary condition for selection of the content of mathematical subjects for the formation of engineering thinking of students. The scheme of interaction of engineering and mathematical subjects to reach the objectives of formation of engineering culture of students is offered. The process of teaching mathematics as a means of creating cognitive abilities is revealed. It is concluded that the mathematical training of future engineers necessarily includes formal and practical content. The question of the influence of these components on the formation of engineering thinking with the introduction of new standards is particularly important. It is solved by the teachers of mathematics and engineering subjects taking into account the specialty of students.

Формирование инженерного мышления у обучающихся в вузе выступает в условиях компетентного подхода к обучению как одна из целей профессионального образования. Сформированное инженерное мышление, наряду с другими составляющими, определяет степень готовности выпускника вуза к профессиональной деятельности.

Нацеленность на формирование инженерного мышления у студентов вуза вызывает переосмысление педагогами, учеными, исследователями содержания и методики обучения учебным дисциплинам [в частности, 1-4; 7-13; 15]. Роль математических дисциплин в инженерном образовании общепризнана. Математика используется инже-

нерами в качестве инструмента для работы. Математические методы составляют основу общей методики решения инженерных задач, соединяющей теорию и практику. Математическая деятельность обладает мощным потенциалом для формирования и развития личностных качеств и качеств мышления, которые составляют культуру инженерного мышления.

Под *инженерным мышлением* будем понимать, следуя определению А. П. Усольцева и Т. Н. Шамало, «мышление, направленное на обеспечение деятельности с техническими объектами, осуществляемое на когнитивном и инструментальном уровнях и характеризующееся как *политехническое, конструктивное, научно-теоретическое, преобразующее, творческое, социально-позитивное*» [13, с. 6]. Исходя из этого определения потенциал процесса обучения математике видится как средство формирования мышления, проявляющегося в деятельности на когнитивном уровне.

Сегодня существуют, по крайней мере, два направления обучения будущего инженера математике: формальное изложение учебного материала вне связи со специальностью, включающее небольшие общеизвестные приложения, и «практическое» изложение на примерах задач, востребованных профессией, с привлечением фрагментов необходимой теории. Последователи первого направления ссылаются на то, что никто не знает, что именно и каким образом будет востребовано выпускниками. Приверженцы второго апеллируют к потребностям инженерных специальностей.

Бесспорным является положение о том, что содержание курса высшей математики и методика его преподавания будущим инженерам должны удовлетворять определенным требованиям, в частности, иметь прикладной характер. Еще советский математик, механик и кораблестроитель, создатель научной теории приближенных вычислений А. Н. Крылов писал: «Инженеру математика нужна не как безукоризненная часть логики, а как орудие для практических приложений» [5, с. 94]. Автор отмечал, что «в отличие от чистого математика, который мало ценит вычислительные процессы, инженер видит и ценит именно прикладную сторону, усматривая в ней пример того, как надо поступать в аналогичном случае в предстоящей ему практике» [5, с. 131].

Прикладная направленность традиционно реализуется через решение практико-ориентированных задач, изучение приложений математики из различных областей науки и техники, использование компьютерных программ, связанных с моделированием реальных объектов и обработкой

информации, выполнение интегрированных исследований и др. Но существует проблема отбора учебного материала подобной направленности для изучения студентами на первом-втором курсах (когда изучаются разделы высшей математики). Связь содержания математического материала с инженерными приложениями на этом этапе не может быть глобальной, так как специальные дисциплины на первых курсах не изучаются и уровень знаний по математике у студентов еще не достаточный для демонстрации серьезных приложений. Задач действительно прикладного содержания для решения на первых курсах наберется не так много. Поэтому абстрактный характер математической теории и стандартных практических заданий по высшей математике необходимо направлять на формирование *научно-теоретического и конструктивного мышления* обучающихся. Здесь уместно использование так называемой «содержательной математики» [9], например, исторического плана. Так, при введении понятий «линейное дифференциальное уравнение первого порядка» и «уравнение Бернулли» естественно изложить студентам историю Д. Бернулли, который при решении задачи об ускоренном истечении жидкости из отверстия получил уравнение, носящее теперь его имя.

В. Б. Моисеев и В. М. Федосеев, анализируя потенциальные возможности математики для формирования инженерной культуры будущего специалиста, видят своей задачей «содействовать большей степени интеграции математических и инженерных дисциплин, принимая такую интеграцию как необходимое условие эффективности достижения целей профессионального образования» [9]. Авторы ссылаются на слова известного педагога Г. Фройденшталя: «Совершенно нетерпимо, когда математик преподает математику без ее применений, а физик применяет математические методы, не излагавшиеся математиком» [14]. Действительно, стратегия интеграции позволяет исключить излишнюю формализацию знаний, однако следует каждый раз искать оптимальный объем предполагаемых задач, дабы не заменить саму специальную дисциплину.

Рассмотрим один из возможных способов взаимодействия специальных и математических дисциплин с целью формирования инженерного мышления (см. рис. 1). В каждой специальной дисциплине имеются технические задачи, имитирующие реальные проблемы и направленные на формирование профессиональных компетенций. Техническая задача, без конкретных численных значений и объектов, преобра-

зуются в обобщенную модель, которой ставится в соответствие известная математическая модель. Анализ математической модели позволяет получить решение задачи. Вопрос о возможности (правомочности) использования модели возвращает техническую задачу к дисциплине. Цикл замкнулся, и роль математики видится только в опо-

средованной доставке математической модели. При этом процесс моделирования требует достаточно больших временных ресурсов. Каждая техническая задача, с точки зрения обучающегося, выглядит как уникальная, требующая своего подхода и модели, даже решаемая аналогично.

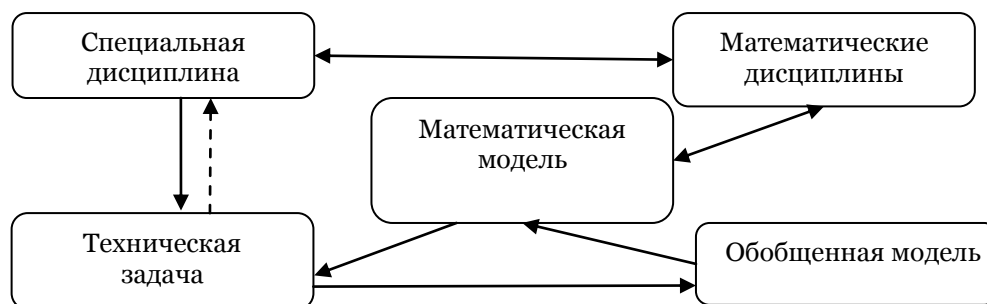


Рис. 1. Схема взаимодействия специальных и математических дисциплин

При интеграции математических и специальных дисциплин возникает, как отмечалось выше, проблема соотношения прикладного и «чисто математического» содержания. Математик Л. Д. Кудрявцев писал о необходимости соблюдения грани при взаимодействии дисциплин: «Математическое моделирование реальных явлений, то есть составление математической модели такого явления, – это не задача математики. Задача математики ... состоит в изучении математической модели, ее свойств и особенностей» [6, с. 101]. Однако математическое моделирование как процесс построения уже известной модели является хорошей возможностью для формирования *конструктивного* и *творческого* мышления. Для того чтобы освоить конкретный метод, необходимо решение абстрактных задач, которые отвлекают обучающихся от предмета специальности. Все эти вопросы могут быть рассмотрены за рамками специальной дисциплины, например, на занятиях по высшей математике.

Таким образом, математическая дисциплина, как минимум, должна обеспечить системный подход к выбору, обоснованию математической модели и ее связи с различными теориями, практику использования методов решения, формирование *научно-теоретического* мышления.

Говоря о формальном и «практическом» изложении математического материала, под *формальными знаниями* мы понимаем логику построения теории, абстрактные алгоритмы и методы решения задач из различных математических теорий, обоснования теоретических положений. Их объем в преподавании математики должен быть связан с функциональной направленностью

деятельности инженера. И. М. Орешников, исследуя философскую составляющую инженерной деятельности, выделяет три основные категории инженеров: производственники, исследователи-разработчики и универсалы (системотехники) [10]. Очевидно, что потребности в научных теориях второй и третьей категорий выше, чем первой. В то же время вопросы «откуда?» и «почему?» должны постоянно сопутствовать деятельности любого инженера. Как пишет М. Ю. Пантаев, «нельзя даже будущим инженеров учить математике как кулинарии, как вещи, которая исключительно «прилагательна» – ведь наука есть часть общечеловеческой культуры, и от этого никуда не деться» [11, с. 7]. Преподаватель математики при построении курса должен определять необходимость, строгость и объем доказательств: от их полного отсутствия, или эвристической идеи, или исторических оснований возникновения до строгого изложения.

К примеру, основные теоремы дифференциального исчисления являются обязательной частью теоретического материала курса математического анализа. В ходе доказательства при переходе от одной теоремы к другой можно показать «визуально», насколько существенны условия, входящие в формулировку, как изменяется геометрический смысл контекста. Это прямая демонстрация задач типа: «Что будет, если изменить условие?». Кроме мотивации к аналитической деятельности, так необходимой в работе инженера-исследователя, выполнение действий доказательства и обоснования предлагаемой идеи наполняет смыслом деятельность *преобразования* объекта с изменением условий для достижения результата.

Изучение математической теории, работа с математическими понятиями позволяют целенаправленно формировать у студентов компоненты структуры инженерного мышления: формально-логическое и образное мышление, оперирование знаковой и образной информацией и др. При работе даже с формальным математическим содержанием возможно формирование у обучающихся качеств мышления, значимых в будущей профессиональной деятельности: целенаправленность, критичность, практическая направленность и высокая степень абстрагирования, целостность и др. Собственно, математические знания (глубокие и полноценные), так же как и широкая техническая и естественно-научная эрудиция, проявляются в *политехничности* мышления современного специалиста. Как отмечают Н. И. Мережин и В. П. Рыжов, «чем более глубокие и абстрактные разделы математики и физики используются при разработке новых изделий и технологий, тем более значительные технические и экономические результаты дают инженерные разработки» [8, с. 237]. Авторы приводят примеры современных технических разработок (полупроводниковые приборы, цифровые проигрыватели для лазерных дисков), построенных как на фундаментальных результатах физики твердого тела, квантовой механики, так и на использовании новейших методов кодирования и т. д. Одну из главных проблем подготовки современных инженеров авторы видят в отсутствии подготовки к «главному творческому акту – замыслу, поиску проблем и задач, анализу потребностей общества и путей их реализации», а ее частичное решение – в неформальной творческой работе студента в сопровождении профессора, руководящего одним из исследовательских направлений. Однако использование проектной деятельности в преподавании специальных дисциплин требует больших временных затрат. Увеличение количества часов возможно за счет рассмотрения востребованных специальностью так называемых прикладных задач на фундаментальных дисциплинах в различных видах (от постановки задачи до вариативных способов решения).

Рассмотрим возможности включения и взаимодействия формального и практического содержания при изучении темы «Комплексные числа» будущими инженерами. Согласно стандартам, в результате изучения темы в рамках дисциплины «Высшая математика» студенты должны знать понятие комплексного числа, уметь находить его аргумент и модуль, переводить комплексное число из одной формы в другую, выполнять действия над комплексными

числами, изображать их в комплексной плоскости. Выбор методики изучения указанного формального содержания должен осуществляться преподавателем с учетом потенциала математического материала для формирования инженерного мышления. Студенты под руководством преподавателя ставят проблему, проводят обобщение понятия числа, практически самостоятельно формулируют определения, вводят свойства «новых» чисел и операции над ними. Инженерное мышление предполагает сочетание формально-логических и интуитивных методов мышления, для него характерно видение целостности. Приобретенный студентами опыт работы с математическими понятиями в дальнейшем будет перенесен на работу с техническими понятиями, так как в основе – общие подходы.

Преподавателю математики целесообразно обсудить совместно с преподавателями специальных дисциплин, какие прикладные задачи из тех, что будут решаться в перспективе, могут быть продемонстрированы обучающимся при изучении комплексных чисел. Следуя принципу интеграции математических и специальных дисциплин, преподаватель математики должен внимательно отнестись даже к обозначению мнимой единицы: латинской буквой i мнимую единицу обозначают в учебниках по высшей математике, а например, в учебниках по электротехнике, в зарубежных источниках мнимую единицу обозначают j . Нет смысла при изучении комплексных чисел использовать одно обозначение, а потом при изучении специальных дисциплин – другое.

Понятие комплексного числа абстрактно, обучающиеся часто не понимают смысла этих чисел и их различных форм представления: алгебраической, тригонометрической, показательной. Геометрическое представление комплексного числа $z=x+yi$ приводит обучающихся к выводу о возможности рассматривать комплексное число как упорядоченную пару чисел $(x; y)$. В ряде практических вычислений оперируют именно такими упорядоченными парами чисел, в электротехнике такой парой чисел могут служить амплитуда и частота сигнала. Мыслительное соотнесение комплексных чисел как математической модели с физическими величинами способствует формированию у студентов *преобразующего* свойства инженерного мышления.

Отличие комплексного исчисления – в его математическом аппарате, который позволяет осуществлять с большой степенью удобства преобразования над комплексными числами. Каждая форма представления комплексных чисел удобна в своем виде

операций над этими числами. Известно, что применение комплексных чисел дает возможность использовать формулы и методы расчетов, применяющиеся в цепях постоянного тока, для расчета цепей переменного тока, позволяет упростить некоторые расчеты, заменив графическое решение с использованием векторов алгебраическим решением, рассчитывать сложные цепи, которые другим путем решить нельзя, упростить расчеты цепей постоянного и переменного токов. Отмеченное практическое применение комплексных чисел необходимо учитывать при постановке целей и отборе заданий для решения на занятиях по математике. Так, Н. М. Шмидт [15] указывает, что важно научить студентов строить кривую и вектор по уравнению синусоиды, вектор по комплексному числу, определять комплексное число по вектору и уравнению, уравнение – по комплексному числу.

Используя комплексные числа в расчетах, будущие инженеры не будут собствен-

норучно выполнять действия над комплексными числами, вычислять модуль и аргумент комплексного числа. Вычислительную работу будет делать компьютер. Поэтому на определенном этапе изучения темы «Комплексные числа» необходима практика работы с такими числами с использованием компьютерных математических пакетов (например, Mathcad). При этом перед студентами ставится проблема постановки задачи, интерпретации полученных результатов вычислений, исследования корректности выполнения действий, применения того или иного инструмента (встроенных алгоритмов).

Таким образом, математическая подготовка будущих инженеров обязательно включает формальное и практическое содержание. Задача преподавателя – использовать мощный потенциал процесса обучения математике в качестве средства формирования инженерного мышления обучающихся.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антоновская В. В., Ушаков Д. С. О профессиональной направленности математической подготовки инженеров транспорта (на примере темы «Комплексные числа») // Проблемы развития транспортной инфраструктуры Европейского Севера России. СПб., 2012. Вып. 5. С. 196-201.
2. Бодряков В. Ю., Ушакова Л. Р., Башкатов А. Н. Развитие исследовательских компетенций студентов как инструмент формирования высоких профессиональных качеств современного инженера // Формирование инженерного мышления в процессе обучения : мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2015. С. 33-37.
3. Ваганова Г. В., Карпова Е. В. Использование интерактивных форм в процессе обучения высшей математике // Аспекты педагогической деятельности: прошлое, настоящее, будущее : сб. VII межвуз. учеб.-метод. конф. Екатеринбург, 2014. С. 18-20.
4. Карпова Е. В. Формирование общекультурных и профессиональных компетенций в процессе научно-исследовательской работы курсантов // Компетентностный подход в вузе: проблемы, опыт, инновации : сб. мат-лов VIII межвуз. учеб.-метод. конф. Екатеринбург, 2015. С. 42-45.
5. Крылов А. Н. Мои воспоминания. М. : Академия наук СССР, 1963.
6. Кудрявцев Л. Д. Мысли о современной математике и ее изучении. М. : Наука, 1977.
7. Матвеева Е. П., Мельников Ю. Б., Ваганова Г. В. Обучение построению математической модели как средство формирования профессиональной компетентности // Наука образования : сб. науч. ст. Омск, 2004. Вып. 22. С. 227-231.
8. Мережин Н. И., Рыжов В. П. Особенности формирования инженерного мышления при подготовке радиоинженеров в современных условиях // Инженерное образование. 2014. № 15. С. 234-238.
9. Моисеев В. Б., Федосеев В. М. Педагогический потенциал математики в формировании инженерной культуры студента втуза // Общество: социология, психология, педагогика. 2014. № 2.
10. Орешников И. М. Философия техники и инженерной деятельности : учеб. пособие. Уфа : УГНТУ, 2008. URL: http://edu.dvgups.ru/METDOC/CGU/FILOSOF/FILOS_ING_TVOR/METHOD/UP/WEBUMK/frame/4.htm.
11. Пантаев М. Ю. Матанализ с человеческим лицом, или как выжить после предельного перехода. М. : Либроком, 2013.
12. Сухтаева А. М. Изучение комплексных чисел в курсе высшей математики будущих инженеров // Проблемы современного педагогического образования. 2015. № 48-4. С. 190-197.
13. Усольцев А. П., Шамало Т. Н. О понятии «инженерное мышление» // Формирование инженерного мышления в процессе обучения : мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2015. С. 3-9.
14. Фройденталь Г. Математика как педагогическая задача. Ч. 2. М. : Просвещение, 1983.
15. Шмидт Н. М. Приложение комплексных чисел в электротехнике // Молодой ученый. 2012. № 2. С. 320-323.

REFERENCES

1. Antonovskaya V. V., Ushakov D. S. O professional'noy napravlenosti matematicheskoy podgotovki inzhenerov transporta (na primere temy «Kompleksnyye chisla») // Problemy razvitiya transportnoy infrastruktury Evropeyskogo Severa Rossii. SPb., 2012. Vyp. 5. S. 196-201.
2. Bodryakov V. Yu., Ushakova L. R., Bashkatov A. N. Razvitie issledovatel'skikh kompetentsiy studentov kak instrument formirovaniya vysokikh professional'nykh kachestv sovremennogo inzhenera // Formirovanie inzhenernogo myshleniya v protsesse obucheniya : mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ekaterinburg, 2015. S. 33-37.

3. Vaganova G. V., Karpova E. V. Ispol'zovanie interaktivnykh form v protsesse obucheniya vysshey matematike // *Aspekty pedagogicheskoy deyatel'nosti: proshloe, nastoyashchee, budushchee* : sb. VII mezhvuz. ucheb.-metod. konf. Ekaterinburg, 2014. S. 18-20.
4. Karpova E. V. Formirovanie obshchekul'turnykh i professional'nykh kompetentsiy v protsesse nauch-no-issledovatel'skoy raboty kursantov // *Kompetentnostnyy podkhod v vuze: problemy, opyt, innova-tsii* : sb. mat-lov VIII mezhvuz. ucheb.-metod. konf. Ekaterinburg, 2015. S. 42-45.
5. Krylov A. N. *Moi vospominaniya*. M. : Akademiya nauk SSSR, 1963.
6. Kudryavtsev L. D. *Mysli o sovremennoy matematike i ee izuchenii*. M. : Nauka, 1977.
7. Matveeva E. P., Mel'nikov Yu. B., Vaganova G. V. Obuchenie postroeniyu matematicheskoy modeli kak sredstvo formirovaniya professional'noy kompetentnosti // *Nauka obrazovaniya* : sb. nauch. st. Omsk, 2004. Vyp. 22. S. 227-231.
8. Merezhin N. I., Ryzhov V. P. Osobennosti formirovaniya inzhenernogo myshleniya pri podgotovke radioinzhenerov v sovremennykh usloviyakh // *Inzhenernoe obrazovanie*. 2014. № 15. S. 234-238.
9. Moiseev V. B., Fedoseev V. M. Pedagogicheskiy potentsial matematiki v formirovanii inzhenernoy kul'tury studenta vtuza // *Obshchestvo: sotsiologiya, psikhologiya, pedagogika*. 2014. № 2.
10. Oreshnikov I. M. *Filosofiya tekhniki i inzhenernoy deyatel'nosti* : ucheb. posobie. Ufa : UGNTU, 2008. URL: http://edu.dvgups.ru/METDOC/CGU/FILOSOF/FILOS_ING_TVOR/METHOD/UP/WEBUMK/frame/4.htm.
11. Pantaev M. Yu. *Matanaliz s chelovecheskim litsom, ili kak vyzhit' posle predel'nogo perekhoda*. M. : Librokom, 2013.
12. Sukhtaeva A. M. Izuchenie kompleksnykh chisel v kurse vysshey matematiki budushchikh inzhenerov // *Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya*. 2015. № 48-4. S. 190-197.
13. Usol'tsev A. P., Shamalo T. N. O ponyatii «inzhenernoe myshlenie» // *Formirovanie inzhenernogo myshleniya v protsesse obucheniya* : mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ekaterinburg, 2015. S. 3-9.
14. Froydental' G. *Matematika kak pedagogicheskaya zadacha*. Ch. 2. M. : Prosveshchenie, 1983.
15. Shmidt N. M. Prilozhenie kompleksnykh chisel v elektrotekhnike // *Molodoy uchenyy*. 2012. № 2. S. 320-323.

Статью рекомендует д-р пед. наук, проф. А. П. Усольцев.