УДК 378
Педагогические науки

В статье рассмотрена проблема развития профессиональных компетенций студентов энергетического вуза. В результате анализа ФГОС ВПО по направлению Теплоэнергетика и теплотехника выявлены профессиональные компетенции, формируемые средствами математических дисциплин. Описаны возможности использования математических учебных задач прикладного характера при изучении теории дифференциальных уравнений для развития профессиональных компетенций студентов. Изложено решение учебной задачи, сопровождаемое методическими рекомендациями.

Ключевые слова и фразы: Федеральный государственный образовательный стандарт; профессиональные компетенции; учебная задача; математическая модель; дифференциальное уравнение.

Ходырева Наталья Геннадиевна, к. пед. н., доцент
Устинова Людмила Геннадьевна, к. пед. н., доцент
Национальный исследовательский университет
«Московский энергетический институт» (филиал) в г. Волжском
hodirevang@mail.ru

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАДАЧ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕОРИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВУЗА©

В соответствии с требованиями Федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО), процесс обучения в современном вузе должен осуществляться на основе компетентностного подхода, согласно которому результатами освоения основных образовательных программ подготовки бакалавров должны стать сформированные и измеряемые общекультурные и профессиональные компетенции.

Профессиональные компетенции представляют собой совокупность знаний, умений и навыков, профессиональных мотивов, установок личности специалиста на профессиональную деятельность. В профессиональных компетенциях отражаются самостоятельность и гибкость работника при решении профессиональных задач, готовность к сотрудничеству с коллегами и профессиональной средой, эффективное использование способностей и умений, позволяющее осуществлять профессиональную деятельность в соответствии с квалификационными требованиями производственных должностей.

Формирование профессиональных компетенций в техническом вузе рассматривается, как правило, в рамках изучения специальных дисциплин и прохождения производственных практик. Однако изучение фундаментальных естественнонаучных дисциплин, в том числе высшей математики, может также внести существенный вклад в их развитие.

На основе анализа ФГОС ВПО по направлению Теплоэнергетика и теплотехника [5, с. 5] мы пришли к выводу, что преподавание дисциплин математического цикла в энергетическом вузе создает условия для развития следующих общих профессиональных компетенций и компетенций в сфере научно-исследовательской деятельности:

- способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовность использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-2);
- готовность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и способность привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ПК-3);
- способность к проведению экспериментов по заданной методике и анализу результатов с привлечением соответствующего математического аппарата (ПК-18).

Направленность на развитие указанных выше компетенций предполагает, по нашему мнению, усиление прикладного, практического характера обучения высшей математике, установление взаимосвязей с дисциплинами профессионального цикла, формирование умений студентов формулировать инженерную задачу, наглядно моделировать и интерпретировать результат ее решения на языке реальной ситуации.

Исключительное значение для подготовки грамотного специалиста в области энергетики имеет изучение теории дифференциальных уравнений в рамках курса высшей математики. Это объясняется тем, что весьма часто объективные законы, которым подчиняются те или иные процессы и явления, записываются в форме дифференциальных уравнений, а сами уравнения являются средством для количественного выражения этих законов. Так, например, процессы, протекающие в электрической цепи, описываются дифференциальными уравнениями, соответствующими параметрам реальной физической системы.

С целью повышения мотивации студентов при изучении теории дифференциальных уравнений и для обучения будущих выпускников применению математического аппарата в профессиональной деятельности мы считаем необходимым включать в содержание курса высшей математики учебные задачи, описывающие конкретные физические процессы с помощью обыкновенных дифференциальных уравнений.

Под учебной задачей мы понимаем объект, в котором в единстве представлены составные элементы (содержание и средства решения), при этом получение некоторого познавательного результата возможно при раскрытии отношения между известными и неизвестными элементами задачи [4, с. 130]. Учебная задача направлена на освоение определенного способа действия и позволяет овладеть некоторым знанием, общим отношением, имеющим связь с содержанием задачи.

Целью решения математической учебной задачи является либо получение теоретического обобщения математических задач определенного типа, либо построение общего метода решения частных математических задач одного типа. Учебная задача прикладного характера формулируется, как правило, в виде задачи-проблемы, данные и искомые величины которой относятся к реальному процессу или явлению, а решение имеет практическую значимость в областях знаний, не относящихся к математике. Прикладная математическая задача – это задача, поставленная вне математики, но решаемая математическими средствами.

Анализ научной и методической литературы и опыт преподавания высшей математики в энергетическом вузе позволили выделить возможности использования учебных задач прикладного характера на различных этапах изучения теории дифференциальных уравнений для развития профессиональных компетенций ПК-2, ПК-3 и ПК-18 будущих бакалавров по направлению Теплоэнергетика и теплотехника.

На вводном занятии мы предлагаем познакомить студентов с различными типами дифференциальных уравнений, а также в назывном порядке привести примеры физических процессов, которые описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями и дифференциальными уравнениями в частных производных. Тем самым подчеркиваем важность изучаемого раздела, показываем его связь с инженерной практикой, мотивируем студентов на изучение различных методов решения дифференциальных уравнений.

Первый раздел курса посвящен обыкновенным дифференциальным уравнениям первого порядка и методам их решения. На этом этапе мы предлагаем включать в содержание практических занятий несложные прикладные задачи профессиональной направленности, решение которых будет, во-первых, ориентировано на формирование базовых математических знаний, а во-вторых, будет способствовать развитию умений применять полученные знания в профессиональной деятельности.

На следующем этапе изучаются обыкновенные дифференциальные уравнения высших порядков. В рамках этого раздела кроме небольших задач на составление и решение дифференциальных уравнений можно предложить студентам серьезное задание, связанное с построением и исследованием математической модели теплоэнергетического объекта или процесса. Выполнение подобного задания создает возможности для развития умений анализировать реальный объект, выделять его наиболее существенные свойства, определять переменные и описывать зависимость основных свойств объекта от допустимых значений переменных с помощью дифференциальных уравнений, устанавливать внешние связи объекта с помощью ограничений.

Завершается курс дифференциальных уравнений изучением уравнений в частных производных, для которых определяются основные понятия и строится классификация. Далее рассматриваются уравнение колебания струны, уравнение теплопроводности и методы их решения (метод Даламбера, метод разделения переменных Фурье). Изучение этого раздела целиком направлено на формирование навыков моделирования инженерных объектов и процессов, накопление опыта по применению математических знаний за пределами высшей математики.

Приведем пример учебной задачи прикладного характера, направленной на достижение следующего учебного результата: освоение способа построения математической модели средствами дифференциальных уравнений. Предваряя ее решение, необходимо ознакомить студентов с понятием математической модели, различными классификациями моделей, принципами, целями и этапами математического моделирования.

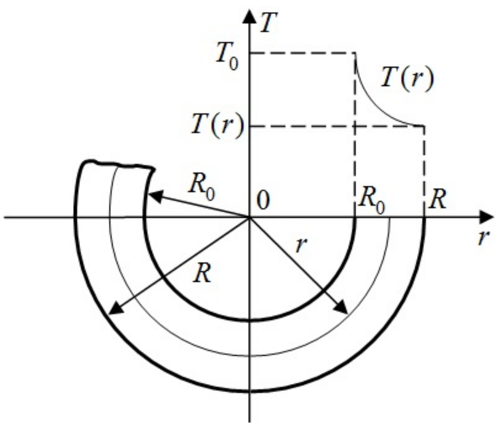

Рис. 1

Задача. Рассматривается металлический трубопровод тепловой магистрали (цилиндр), покрытый кольцевым слоем теплоизоляции, имеющим внутренний радиус R_0 и внешний радиус R (Рис. 1) [1, с. 291]. Внутри цилиндра поддерживается температура T_0, а на внешней поверхности цилиндр контактирует с окружающей средой, имеющей постоянную температуру T_c. Коэффициент пропорциональности теплового обмена равен α.

Требуется найти функцию распределения температуры $T(r)$, меняющейся вдоль отсчитываемой от оси цилиндра радиальной координаты r, где $r \in [R_0; R]$ (Рис. 1).

На первом этапе решения важно заинтересовать студентов, усилить их мотивацию. Для этого необходимо подчеркнуть, что задача очень значима как с точки зрения достижения учебных целей (для освоения метода построения математических моделей), так и с прикладной точки зрения (для оценивания потерь тепла, расчета эффективности теплоизоляции и выбора оптимального внешнего радиуса R, который обеспечит минимальный уровень потерь энергии).

Далее необходимо провести анализ условия задачи, выделить ключевые слова и понятия и четко сформулировать требуемое. В данном случае мы будем заниматься только построением математической модели распределения температуры $T(r)$ вдоль радиуса цилиндра.

Следующим важным шагом является определение правил, признаков, источников информации, необходимых для решения задачи. В случае трубопровода отправной точкой являются закономерности переноса теплоты и количественные характеристики этого процесса. Чтобы помочь студентам определить базовые положения, которые послужат основой для построения модели, можно предложить им наводящие вопросы, ответы на которые приводят к следующим тезисам:

- потери тепла в единицу времени через единичную площадь поверхности зависят от плотности теплового потока $\vec{q}$;
- согласно основному закону теплопроводности – закону Фурье, – вектор плотности теплового потока пропорционален градиенту температуры

$$\vec{q} = -\lambda \operatorname{grad} T,$$

где λ – коэффициент теплопроводности вещества, градиент температуры $\operatorname{grad} T$ – вектор, направленный по нормали к поверхности и численно равный производной функции $T(r)$ по этому направлению [3, с. 71].

Необходимо подчеркнуть, что при построении математической модели важно выявить и исключить из рассмотрения факторы, существенно не влияющие на конечный результат. В нашем случае будем предполагать, что основания цилиндра находятся на бесконечности (очень далеко от наблюдателя). Тогда тепловой поток будет распространяться исключительно вдоль радиуса цилиндра (не меняясь вдоль трубы), и градиент температуры имеет только радиальную составляющую $\Theta(r) = \dfrac{dT}{dr}$.

Следующий шаг заключается в выборе логико-математической конструкции, которая описывает зависимость температуры объекта от изменения радиальной координаты r. Сначала рассмотрим, как изменится функция $\Theta(r)$ в том случае, когда независимая переменная получит приращение Δr. Иначе говоря, речь пойдет о производной функции $\Theta(r)$ по переменной r, а значит, математической моделью рассматриваемого процесса будет служить дифференциальное уравнение.

Далее предполагаем, что функция $T(r)$ дважды дифференцируема на промежутке $[R_0; R]$. В изолирующем слое рассматриваем две цилиндрические поверхности одинаковой длины l радиусов r и $r + \Delta r$, где $r \in [R_0; R]$ и $r + \Delta r \in [R_0; R]$, с площадями $2\pi l r$ и $2\pi l(r + \Delta r)$. Тепловые потоки, проходящие через эти поверхности, задаются как:

$$Q_1 = -2\pi l r \lambda \Theta(r) \text{ и } Q_2 = -2\pi l \lambda (r + \Delta r)\Theta(r + \Delta r).$$

При статическом распределении температуры (после установления динамического равновесия) входящие и исходящие потоки тепла должны быть равны (иначе бы рассматриваемый слой аккумулировал тепловую энергию):

$$-2\pi l r \lambda \Theta(r) = -2\pi l \lambda (r + \Delta r)\Theta(r + \Delta r).$$

При $2\pi l \neq 0$ получим

$$(r + \Delta r)\Theta(r + \Delta r) - r\Theta(r) = 0.$$

Поделим на Δr и осуществим предельный переход при $\Delta r \to 0$:

$$\lim_{\Delta r \to 0} \frac{(r + \Delta r)\Theta(r + \Delta r) - r\Theta(r)}{\Delta r} = 0.$$

Тогда по определению производной имеем

$$\frac{d}{dr}\left(r\Theta(r) \right) = 0.$$

Так как

$$\frac{d}{dr}\left(r\,\Theta(r) \right) = r'\,\Theta(r) + r\,\Theta'(r) = \Theta(r) + r\frac{d\Theta}{dr},$$

и, учитывая, что $\Theta(r) = \frac{dT}{dr}$, получим

$$\frac{dT}{dr} + r\frac{d^2T}{dr^2} = 0 \text{ или } \frac{d^2T}{dr^2} + \frac{1}{r}\cdot\frac{dT}{dr} = 0.$$

Таким образом, с помощью тождественных преобразований и определения производной функции одной действительной переменной приходим к выводу, что зависимость между радиальной координатой r трубопровода и функцией распределения температуры $T(r)$ определяется обыкновенным дифференциальным уравнением второго порядка с переменными коэффициентами.

Здесь важно подчеркнуть, что решая полученное уравнение, мы найдем только общее решение – функцию $T(r, C_1, C_2)$, зависящую от двух произвольных констант C_1 и C_2. Для нахождения конкретного частного решения необходимо определить краевые условия. К ним относятся температура T_0 на внутренней поверхности слоя радиуса R_0 и температура на внешней стенке, которую можно найти, записав условие равенства тепловых потоков для внешнего слоя:

$$-2\pi l R\,\lambda \left.\frac{dT}{dr}\right|_{r=R} = \alpha(T(R) - T_c)2\pi l R.$$

Тогда, сокращая на $2\pi l R$, имеем

$$\alpha\,T(R) + \lambda T'(r) = \alpha\,T_c.$$

Таким образом, краевые условия задачи можно представить в виде

$$T(R_0) = T_0,\ \alpha\,T(R) + \lambda T'(r) = \alpha\,T_c.$$

Окончательно, математическая модель зависимости распределения температуры $T(r)$ от радиальной координаты r, где $r \in \left[R_0; R\right]$, имеет вид:

$$\frac{d^2T}{dr^2} + \frac{1}{r}\cdot\frac{dT}{dr} = 0,$$

где $T(R_0) = T_0$, $\alpha\,T(R) + \lambda T'(r) = \alpha\,T_c$.

В заключение решения задачи необходимо перечислить использованные математические понятия и утверждения и указать разделы высшей математики, к которым относятся эти конструкции. Тем самым мы еще раз обращаем внимание студентов на возможность применения математического аппарата к изучению реальных процессов и явлений в профильных дисциплинах и подчеркиваем значимость математической подготовки для инженеров. Кроме этого, необходимо указать, что дальнейшая работа с построенной моделью должна включать ее исследование, проверку адекватности на основе эксперимента, корректировку и использование.

Подводя итог, можно отметить, что решение задач, описывающих конкретные физические процессы, при изучении курса дифференциальных уравнений позволяет повысить качество математической подготовки будущих выпускников, привить им навыки математического моделирования, что способствует усилению их мотивации, познавательного интереса и развитию профессиональных компетенций.

Список литературы

1. **Агафонов С. А., Герман А. Д., Муратова Т. В.** Дифференциальные уравнения: учеб. для вузов / под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. 352 с.
2. **Губарь Ю. В.** Введение в математическое моделирование. М.: Интернет-университет информационных технологий, 2007. 153 с.
3. **Теплотехника**: учеб. для вузов / А. П. Баскаков, Б. В. Берг, О. К. Витт и др.; под ред. А. П. Баскакова. М.: Энергоатомиздат, 1991. 224 с.
4. **Тулькибаева Н. Н., Бухарова Г. Д.** Учебная задача как объект методики преподавания // Образование и наука. 2007. № 2. С. 129-135.
5. **Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 140100 Теплоэнергетика и теплотехника (квалификация (степень) «бакалавр»)** [Электронный ресурс]: утвержден Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 18.11.2009 г. № 635. URL: http://fgosvo.ru/fgosvpo/7/6/1/14 (дата обращения: 16.04.2015).

POSSIBILITIES OF USING EDUCATIONAL TASKS WHILE STUDYING THEORY OF DIFFERENTIAL EQUATIONS FOR DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL COMPETENCES OF STUDENTS OF THE POWER ENGINEERING HIGHER EDUCATION ESTABLISHMENT

Khodyreva Natal'ya Gennadievna, Ph. D. in Pedagogy, Associate Professor
Ustinova Lyudmila Gennad'evna, Ph. D. in Pedagogy, Associate Professor
National Research University "Moscow Power Engineering Institute" (Branch) in Volzhskiy
hodirevang@mail.ru

The article deals with the problem of the development of the professional competences of the students of the power engineering higher education establishment. As a result of the analysis of the Federal State Educational Standard of higher professional education on the direction Heat-and-Power Engineering and Heating Engineering professional competences formed by means of mathematical disciplines are identified. The possibilities of using applied mathematical educational tasks while studying theory of differential equations for the development of students' professional competences are described. The solution of the educational task with methodological recommendations is presented.

Key words and phrases: Federal State Educational Standard; professional competences; educational task; mathematical model; differential equation.

УДК 629.7.08
Технические науки

Данная статья посвящена решению одной из ключевых задач авиационно-транспортной системы – повышению эффективности эксплуатации летательных аппаратов, связанной, в первую очередь, с увеличением налёта их в течение суток и, как следствие, с сокращением продолжительности технического обслуживания на земле. На примере гидравлической системы самолёта автором представлена методика количественной оценки качества выполнения операций технического обслуживания.

Ключевые слова и фразы: техническое обслуживание; качество технического обслуживания; дерево свойств операции; эффективность технологического процесса; показатель качества операции.

Чекрыжев Николай Викторович, к.т.н.
Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королева (Национальный исследовательский университет)
samaranik@yandex.ru

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ САМОЛЁТА АН-74©

В настоящее время нет такой области человеческой деятельности, в которой не приходилось бы сталкиваться с необходимостью решения проблемы повышения эффективности [5, с. 8]. Оценка эффективности деятельности человека или технологии является важнейшим показателем, на котором основывается принятие решения, а отсутствие его приводит к необходимости принимать решения, основываясь на субъективном мнении.

Особенностью экономического роста и развития экономики в современных условиях является перенесение центра внимания с количественных показателей на качество и эффективность.

Качество технического обслуживания (ТО) авиационной техники (АТ), представляющее собой совокупность свойств и характеристик работ по поддержанию заданного уровня технического состояния АТ, является важнейшей задачей обеспечения безопасности и регулярности полетов инженерно-технического персонала (ИТП) авиационных компаний.

Качество ТО АТ определяется знанием принципов работы и устройства объекта ТО обслуживающим ИТП, наличием практического опыта ТО, качеством руководства процессами ТО, технической оснащенностью и полнотой обеспечения процесса ТО техническими средствами, инструментом, запасными частями и расходными материалами, качеством метрологического и информационного обеспечения, четкой организацией и выполнением контроля качества работ и процессов ТО, соблюдением производственной дисциплины всеми работниками, наличием системы материального и морального поощрения работников за высокое качество выполнения работ, личной инициативой и заинтересованностью каждого исполнителя работ в процессе ТО в обеспечении высокого качества [3, с. 55].

С целью обеспечения высокого качества ТО в настоящее время в соответствии с требованиями Европейского агентства по авиационной безопасности (EASA) внутри каждого эксплуатационного предприятия создаётся Система управления и обеспечения качества ТО (СУОКТО), включающая структуры, отвечающие за организацию и выполнение ТО и контролирующие весь технологический процесс поддержания лётной годности летательного аппарата (ЛА).
