курса математики для группы электровозников видится крайне необходимым.

Таким образом, вывод авторов статьи однозначен. Необходимо, наряду с общим курсом математики, наличие специальных курсов, в которых излагались бы те ключевые разделы математического анализа, которые необходимы для конкретной специальности. Только так можно дать студентам математический уровень, требуемый для изучения конкретных технических дисциплин.

УДК 378.14:51

ОБЩЕТЕХНИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ

В.М. ОВЧИННИКОВ, В.В. МАКЕЕВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Теплотехника, гидравлика, электротехника является базой общеинженерных курсов. Знания, полученные при их освоении, являются основой инженерного мышления будущего специалиста. Они позволят выявить закономерности развития технических объектов в энергетической, транспортной, машиностроительной области знания, предложить новые технические и организационные решения для повышения энергетических, эксплуатационных параметров качества машин и механизмов.

Преподавание в БелГУТе опирается на взаимосвязанный педагогический, исследовательский и практический опыт. Математическая подготовка позволяет увязать их в единую стройную систему знаний. Однако практическая реализация этого положения в ходе проведения лекционных и практических занятий сталкивается с очевидной сложностью восприятия учащимися математического аппарата. Одним из направлений решения этой задачи может явиться математическая подготовка, направленная на освоение базовых подходов для решения прикладных инженерных задач.

Для примера, разберем участие математики в технической термодинамике, которая является теоретической базой создания всевозможных энергетических установок, преобразующих одни формы энергии в другие, в частности – тепловую энергию в механическую работу (и наоборот). В основу термодинамики положены первый и второй законы, которые требуют обязательных знаний дифференциального и интегрального исчисления. Только форма первого закона термодинамики позволяет применить его к любому термодинамическому процессу. Последующее интегрирование позволяет выбрать тот процесс, в котором можно получить наибольшую полезную работу, а значит наиболее эффективное действие теплового двигателя. Должно быть чёткое математическое понятие, что интегрирование – это суммирование бесконечно малых величин, также знание геометрического смысла интеграла. Опираясь на эти математические понятия, студентами легко усваивается, что работа любого термодинамического процесса определяется площадью криволинейной трапеции под кривой термодинамического процесса в $p\upsilon$-координатах.

Практически на каждой лекции по теплотехнике решаются дифференциальные уравнения и знание правил интегрирования и алгебраических преобразований должно быть прочно усвоено. Это позволяет лектору не тратить учебное время, которое сокращено, на объяснение математических выводов, а уделять это высвобожденное учебное время на объяснение физического смысла полученной формулы, столь важного для будущих инженеров.

Приведем несколько примеров при изучении термодинамики. Вычисление работы политропного расширения газа l_{12} осуществляется по формуле:

$$l_{12} = \frac{1}{n-1}(p_1\upsilon_1 - p_2\upsilon_2) = \frac{R}{n-1}(T_1 - T_2),$$

где p_1 и p_2 – давление газов в состояниях 1 и 2; υ_1 и υ_2 – удельный объем газа в состояниях 1 и 2; T_1 и T_2 – абсолютная температура газа в состояниях 1 и 2; n – показатель политропы расширения; R – газовая постоянная.

Вычисление работы политропного расширения по приведенной формуле даёт правильный ответ, но не отвечает на вопрос: «Почему именно эта формула, а не другая?» А инженер должен знать не только то, что нужно в данном случае (это компетенция техника), но и почему. Логика вывода формулы на основе знаний по дифференциальному и интегральному исчислению убедительно доказывает правильность вышеприведенной формулы: $l_{12}=\int_1^2 p d\upsilon$, где для политропного процесса $p_1\upsilon_1^n = p_2\upsilon_2^n = p\upsilon^n = \text{const};$;

$p=\dfrac{p_1\upsilon_1^n}{\upsilon_2^n}$, следовательно,

$$l_{12}=p_1\upsilon_1^{1/n}\int_1^2 \frac{d\upsilon}{\upsilon^n}=\frac{1}{(n-1)(p_1\upsilon_1-p_2\upsilon_2)}=\frac{1}{(n-1)R(T_1-T_2)}.$$

Полученная формула справедлива для любого термодинамического процесса, в числе для каждого из четырёх частных случаев: изохорного, изобарного, изотермического и адиабатного. Аналогичным образом можно получить формулу работы в каждом из этих процессов. Полученные таким образом формулы, т.е. выведенные математически, а не просто приведенные в готовом виде, развивают логику мышления, устанавливают связь с ранее приобретенными знаниями по физике и повышают общую грамотность будущего инженера.

При изучении процесса истечения газов на основе первого закона термодинамики (общеизвестного закона сохранения энергии) в дифференциальной форме используются следующие знания по математике:

$$dq = dh + dl_T + d\,\frac{w^2}{2},$$

где q – теплота, участвующая в процессе; h – энтальпия; l_T – техническая работа (работа изменения давления), w – скорость потока газа.

Для адиабатного процесса 1–2 приводятся следующие действия:

$$dq=0,\ dl_T=-\upsilon dp,\ p_1\upsilon_1^k = p_2\upsilon_2^k = p\upsilon^k = \text{const}, \upsilon=\frac{p_1^{\frac{1}{k}}\upsilon_1}{p^{\frac{1}{k}}}.$$

Тогда

$$l_{12}=\int_1^2-\upsilon dp=\int_1^2 p_1^{\frac{1}{k}}\upsilon_1\frac{dp}{p^{\frac{1}{k}}}=p_1^{\frac{1}{k}}\upsilon_1\left(\left.\frac{p^{1-\frac{1}{k}}}{1-\frac{1}{k}}\right|_2^1\right)=$$

$$=\frac{k}{k-1}\left(p_1^{\frac{k-1}{k}}-p_2^{\frac{k-1}{k}}\right)p_1^{\frac{1}{k}}\upsilon_1=\frac{k}{k-1}\left(p_1^{\frac{1}{k}}p_1^{\frac{k-1}{k}}\upsilon_1-p_1^{\frac{1}{k}}p_2^{\frac{k-1}{k}}\upsilon_1\right),\text{ но}$$

$p_1^{\frac{1}{k}} \upsilon_1 = p_2^{\frac{k-1}{k}} \upsilon_2$, подставив это равенство в уравнение, получим

$$l_{T_{12}} = \frac{k}{k-1}(p_1\upsilon_1 - p_2\upsilon_2).$$

Все указанные промежуточные действия при прочной математической подготовке студентов можно не производить, а сэкономленное учебное время уделить закреплению теплотехнических знаний и применению их для успешного освоения специальности.

Для определения массового расхода газов через сопло исследуется формула

$$G = f\sqrt{2\frac{k}{k-1}\frac{p_1}{\upsilon_1}\left(\beta^{\frac{2}{k}} - \beta^{\frac{k+1}{k}}\right)}.$$

Чтобы найти максимум функции, как известно, первую производную её приравнивают нулю:

$$\frac{d}{d\beta}\left(\beta^{\frac{2}{k}} - \beta^{\frac{k+1}{k}}\right) = 0;\ \frac{2}{k}\beta^{\frac{2-k}{k}} - \frac{k+1}{k}\beta^{\frac{k+1}{k}-1} = 0.$$

Тогда $\beta_{\max} = \beta_{кр} = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$.

В итоге математическим путем получено значение критического отношения давления, которое помогает объяснить опытные кривые при истечении газов различного по атомности состава.

Математические действия с уравнением постоянства расхода приводят к дифференциальному уравнению

$$df = \frac{-dp(M^2-1)f}{kpM^2},\ \text{где } M = \frac{w}{a} \text{ число Маха.}$$

Это уравнение поясняет форму сопла Лаваля, благодаря которому резко возросла эффективность тепловых электростанций и созданы реактивные двигатели.

В технической термодинамике осуществляется также изучение эффективности работы компрессоров, поршневых двигателей внутреннего сгорания, газотурбинных двигателей, холодильных установок и тепловых насосов, которое сопряжено с обязательными математическими выводами, и, естественно, требует прочной математической подготовки студентов.

Вторая часть теплотехники – теплопередача (основы тепломассообмена). Эта часть ещё больше насыщена математическими исследованиями, начиная с понятий «температурное поле» и «температурный градиент». Прочное знание дифференциального исчисления позволяет вывести на основе классического выделения в температурном поле элементарного параллелепипеда в трехмерной системе координат *x y z* и получить дифференциальное уравнение Фурье-Кирхгофа:

$$\frac{dt}{d\tau} = a\nabla^2 t,$$

где a – коэффициент температуропроводности; $\nabla^2 t$ – оператор Лапласа, который может быть выражен в прямоугольных (декартовых) или цилиндрических координатах.

В этом случае студент сталкивается с понятиями «частная производная» и оператором Лапласа. Решение дифференциального уравнения Фурье-Кирхгофа для твердой плоской однородной и многослойной стенки, часто встречающееся в инженерной практике, приводит к довольно простому виду

$$q = \frac{\Delta t}{\sum_{i=1}^{i=n} R_{\lambda i}},$$

где q – плотность теплового потока; Δt – температурный напор; $R_{\lambda i}$ – термическое сопротивление i стенки (слоя); n – число слоев.

Более математически насыщен раздел конвективного теплообмена. Приводятся и анализируются дифференциальные уравнения теплопроводности (жидкой и газообразной среды), движения (система из трёх дифференциальных уравнений несжимаемой вязкой жидкости – уравнение Навье-Стокса) сплошности или неразрывности. В резуль-тате теплообмен описывается системой следующих дифференци-альных уравнений

$$\begin{cases}
\dfrac{dt}{d\tau}+w_x\dfrac{dt}{dx}+w_y\dfrac{dt}{dy}+w_z\dfrac{dt}{dz}=a\left(\dfrac{d^2t}{dx^2}+\dfrac{d^2t}{dy^2}+\dfrac{d^2t}{dz^2}\right)\\
\rho\dfrac{dw_x}{d\tau}+\rho\left(w_x\dfrac{dw_x}{dx}+w_y\dfrac{dw_x}{dy}+w_z\dfrac{dw_x}{dz}\right)=\rho g_x-\dfrac{d\rho}{dx}+\mu\left(\dfrac{d^2w_x}{dx^2}+\dfrac{d^2w_x}{dy^2}+\dfrac{d^2w_x}{dz^2}\right)\\
\rho\dfrac{dw_y}{d\tau}+\rho\left(w_x\dfrac{dw_y}{dx}+w_y\dfrac{dw_y}{dy}+w_z\dfrac{dw_y}{dz}\right)=\rho g_y-\dfrac{d\rho}{dy}+\mu\left(\dfrac{d^2w_y}{dx^2}+\dfrac{d^2w_y}{dy^2}+\dfrac{d^2w_y}{dz^2}\right)\\
\rho\dfrac{dw_z}{d\tau}+\rho\left(w_x\dfrac{dw_z}{dx}+w_y\dfrac{dw_z}{dy}+w_z\dfrac{dw_z}{dz}\right)=\rho g_z-\dfrac{d\rho}{dz}+\mu\left(\dfrac{d^2w_z}{dx^2}+\dfrac{d^2w_z}{dy^2}+\dfrac{d^2w_z}{dz^2}\right)\\
\dfrac{dp}{d\tau}+\dfrac{d(\rho w_x)}{dx}+\dfrac{d(\rho w_y)}{dy}+\dfrac{d(\rho w_z)}{dz}=0\\
\alpha=-\dfrac{\lambda}{\Delta t}\dfrac{dt}{dn}
\end{cases}$$

Из приведенной системы дифференциальных уравнений видна сложность явлений теплообмена. Система не замыкается, поскольку число неизвестных больше числа уравнений, составляющих систему. Поэтому для решения этой системы необходимо сделать некоторые допущения (упрощения), которые могут привести к тому, что полученные результаты не будут обладать нужной достоверностью. Следовательно, для инженерных расчетов необходимо привлечь теорию подобия и соответственно критериальные уравнения. Таким образом, именно математические уравнения, составленные на основе физических законов, приводят к существующим в настоящее время практическим методам расчета теплообменных явлений в технике.

Аналогичные утверждения о значительном вкладе математики при освоении технических дисциплин можно привести и для гидравлики: дифференциальное уравнение Эйлера, применяемое для анализа квазистационарного состояния жидкости при действии массовых сил, расчет сил давления со стороны жидкости на прямолинейную и криволинейную поверхность, который является основой прочностного расчета резервуаров, расчет параметров истечения жидкости при ламинарном и турбулентном течении также основан на анализе элементарного объема жидкости за бесконечно малый промежуток времени и др.

Заключительной стадией учебного процесса является дипломное проектирование по специальности. Дипломный проект или дипломная работа является документом, подтверждающим компетенции студента в данной специальности. Поэтому студент в этой выпускной работе, направленной на решение определенной задачи, должен показать свои знания в технических дисциплинах, подкрепив полученные результаты на основе применения математического аппарата.

Вывод. Математическая подготовка повышает общую культуру студента и помогает преподавателю высшей школы убедительно и красиво показать решение многочисленных проблем технического развития. Повышение качества технического образования по общеинженерным курсам возможно за счет решения следующих задач: связь прикладных инженерных задач, базовых законов по общетехническим курсам с подготовкой по математике; закреплением преподавателей кафедры математики за определенными специальностями; включением в дипломное проектирование более насыщенного математического аппарата.

УДК 378.14.015.62:51

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ КОМПЕТЕНТНОСТЬ БУДУЩЕГО СПЕЦИАЛИСТА ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Т.В. ПРОХОРЕНКО
Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Брянский филиал ПГУПС, Российская Федерация

Подготовка высококвалифицированных специалистов, востребованных современным рынком труда, – ключевая задача системы начального и среднего профессионального образования.

В настоящее время в отечественной и зарубежной педагогике накоплен богатейший материал, определяющий структурную наполненность и функциональную нагрузку категорий «компетентность» и «компетенция». Н. Л. Гончарова [1] отмечает, что базовыми категориями компетентностного подхода являются различные по смыслу, но близкие по звучанию понятия «компетентность» и «компетенция».

Анализ психолого-педагогической литературы [3; 4; 9] показывает, что существуют различные подходы к трактовке понятия «компетентность».

Знания, отличающие компетентного человека, отвечают следующим требованиям: разнообразие, артикулированность, гибкость, оперативность и легкодоступность знания, возможность применения