

Математическое образование инженера в контексте стандартов CDIO: методический аспект

Пензенский государственный технологический университет

В.М. Федосеев

*«При изучении наук примеры полезнее, нежели правила»
И. Ньютон*

В статье обсуждается влияние содержания стандартов CDIO на методику обучения математике в техническом вузе. В этом плане внимание акцентируется на средствах интеграции математической и инженерной подготовки студентов. На конкретном примере разбирается методика составления учебно-практических заданий, реализующих цели интеграции, даются рекомендации по их использованию в учебном процессе вуза.

Ключевые слова: инженерное образование, стандарты CDIO, интеграция инженерной и математической подготовки, методика обучения математике в техническом вузе.

Key words: engineering education, CDIO standards, integration of engineering and mathematical training, mathematics training technique in technical university.

Математика, по крайней мере, с того времени, когда инженерно-техническое образование приобрело определенные формы и выделилось в самостоятельную отрасль, считается, безусловно, полезной для подготовки будущих инженеров. Более того, для инженерного дела она признается фундаментальной научной дисциплиной, и отбор студентов, вот уже более двухсот лет, делается в значительной степени по их математическим способностям, показанным на вступительных экзаменах. Противоречия в отношениях к математике начинаются в вопросах содержания математической подготовки инженера и еще более в методах преподавания математических курсов.

В истории технического образования конкурируют два теоретико-методологических подхода к дидактике математической подготовки инженера. Первый исходит из того, что математика имеет свою внутреннюю структуру и собственную логику, совершенно необходимую для ее понимания, усвоения и умения

правильно использовать ее в приложениях. Отдельной прикладной математики не существует. Она едина и поэтому преподавание математики инженерам принципиально не должно значительно отличаться от университетского курса [1, с. 88]. Второй же подход утверждает, что цели изучения математики и научные интересы у инженера иные, нежели у математика-профессионала. Поэтому в инженерном образовании математика – это нечто особенное, «инженерная математика». Преподавать ее также нужно по-иному, учитывая потребности специальности и специфику инженерного мышления [2, с. 285-289].

В отношении к преподаванию математики позиция Всемирной инициативы CDIO очевидно ближе ко второму теоретико-методологическому подходу, утверждающему профессиональную ориентированность обучения. Согласно стандарту 1 (версия 2.0) CDIO создает необходимую среду инженерного образования, в которой преподаются, усваиваются и применяются на практи-

ЛИТЕРАТУРА

1. Современное инженерное образование: учеб. пособие / А.И. Боровков [и др.]. – СПб., 2012. — 80 с.
2. Портал федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования [Электронный ресурс]: [офиц. сайт] / Координац. Совет учеб.-метод. об-ний и науч.-метод. советов высш. шк. – М., 2014. – URL: <http://fgosvo.ru/fgosvo/92/91/4>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 08.10.2014).
3. Чучалин А.И. Модернизация экономики и повышение качества инженерного образования // Alma Mater (Вестн. высш. шк.). – 2011. – № 11. – С. 12-18.
4. CDIO – современный подход к инженерному образованию [Электронный ресурс]. Всемирная инициатива CDIO – сообщество университетов с практико-ориентированным обучением, использующих стандарты CDIO // CDIO: офиц. сайт. – 2014. – URL: <http://cdiorussia.ru>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 08.10.2014).
5. Всемирная инициатива CDIO. Стандарты: информ.-метод. изд. / пер. с англ. и ред. А. И. Чучалина, Т. С. Петровской, Е. С. Кулюкиной; Том. политехн. ун-т. – Томск,, 2011. – 17 с.



В.М. Федосеев

ке теоретические знания и практические навыки [3, с. 5]. Стандарт 3 утверждает интегрированность учебных планов, поддерживающих системность обучения; предписывает налаживание междисциплинарных связей; устанавливает поддержание интеграции учебных дисциплин в учебном процессе в качестве обязанности профессорско-преподавательского состава вуза [3, с. 7, 8]. По стандарту 5 достижение поставленных целей методически обеспечивается учебно-практическими заданиями, в которых студент развивает способности применять теоретические знания в инженерной практике [3, с. 9].

Расценивая содержание стандартов и учебных программ CDIO в плане методики, можно заключить, что в данном случае мы имеем дело с проектно-ориентированной образовательной технологией, имеющей целью интеграцию теоретической и практической подготовки студента технического вуза. Использование метода проектов в отечественном инженерном образовании является делом не новым. В 20-е, 30-е годы прошлого века это методическое направление считалось перспективным и усиленно внедрялось, в том числе, и в математическую подготовку будущего инженера. Тогда метод проектов не оправдал возлагаемых на него надежд. Его применение в учебной практике зачастую приводило к снижению качества математических знаний и это вызывало нарекания со стороны специализированных кафедр. Причину неудачи первого опыта метода проектов истории-дидактики с позиций современной педагогической науки объясняют следующим образом: «Замысел был на первый взгляд правильным: приблизить обучение к процессу познания, сделать обучение более непосредственным. Не учитывалось при этом лишь одно обстоятельство, а именно: чем больше элементов непосредственности (исследования, эксперимента, проблематичности) мы хотим внести в обучение, тем больше мер

опосредствующего обеспечения должно быть одновременно принято» [4, с. 40].

Опыт истории учит, что успешность образовательного проекта в значительной степени определяется на уровне его методических разработок. А это значит, что при практической реализации ресурсная база CDIO, задаваемая стандартами и программами, в случае конкретных учебных дисциплин должна быть подкреплена необходимыми средствами методического обеспечения. Имеются в виду специальные средства методического обеспечения, созданные с учетом философии и концептуальных установок CDIO, ориентированные на их использование в условиях учебного процесса. Методика обучения математике в инженерных вузах создавалась и совершенствовалась в течение нескольких столетий, поэтому и предполагаемое методическое обеспечение стандартов CDIO не может быть создано в одночасье. С позиции преподавателя математики технического вуза могу судить о том, что в деле реформы инженерного образования на уровне конкретной учебной дисциплины наибольшая потребность существует в поясняющих примерах, более полно передающих смысловую нагрузку задуманного. Потому что преподавателя в этом больше занимает не вопрос – «Что делать?», а вопрос – «Какими средствами я могу этого добиться?».

Элементы новой философии образования, стандарты, учебные планы Всемирной инициативы CDIO находят все большее распространение в инженерном образовании России. Судя по содержанию нормативных документов, они, очевидно, использованы в новых версиях образовательных стандартов по техническим специальностям и потому непосредственным образом уже затронули содержание математической подготовки будущего инженера. В отношении последней, стандартами CDIO утверждается, что математика в техническом вузе должна быть интегрирована в систему инженерного образования. В качестве

одного из методических средств интеграции предлагается включение в учебный план индивидуальных учебно-практических заданий (проектов), имеющих междисциплинарное содержание. Так как предметная система обучения сохраняется, а для преподавателя математики наибольшей приоритетностью обладает все-таки математическая сторона вопроса, то возникает проблема в методике составления подобных заданий. Дело это является достаточно новым и тем более трудным, что его исполнение требует знания не только математических, но и инженерных наук. Как писал А. Реньи: «Тот, кто хочет применять математику, находится в положении человека, впрягающего в свою колесницу двух коней. <...> Нужно лишь знать толк и в колесницах, и в лошадях» [5, с. 62].

По мнению автора интегрирующее учебно-практическое задание по математике в соответствии с концепциями CDIO должно иметь форму технического проекта, и сочетать в своей постановке инженерную задачу с математическими методами исследования. Конечно, с обязательным акцентом на возникающие при исследовании объекта техники математические задачи. По собственному опыту знаю, что задания-проблемы у студента, приученного на уроках математики к решению только типовых задач, вызывают немалые трудности. Поэтому в дидактических целях рекомендуется разделять задание на две части: в первой (пропедевтической) – преподаватель непосредственно ведет студента, участвуя в постановке математических задач и выборе метода решения, делает замечания и пошагово контролирует ход выполнения задания; во второй (творческой) – студент самостоятельно решает аналогичную задачу, имея возможность пользоваться методическими приемами первой части; или ему предлагается усовершенствовать конструктивное решение первой части, которая в этом случае функционально задает требуемый математический аппарат и вы-

ступает как прототип проекта. Поясним сказанное на примере содержания задания, использованного автором в работе со студентами первого курса Пензенского технологического университета.

Постановка инженерной задачи.

Рассматривается конструирование механизма с плоским кулачком, назначение которого – обеспечивать возвратно-поступательное движение толкателя из начального положения в конечное положение и наоборот. Заданная кинематика движения толкателя приводит к форме профиля кулачка, состоящего из двух ветвей спирали Архимеда, показанного на рис. 1. Недостатком предложенной конструкции является наличие угловых точек в местах стыка ветвей спирали (точки А и В на рис. 1). Это приводит к нарушению плавности работы механизма, вызывает вибрации машины и потому, по техническим причинам, нежелательно. Инженерная проблема состоит в том, чтобы спроектировать форму профиля кулачка, совмещающего критерии кинематики и динамики работы механизма.

Часть 1. Пропедевтическая. Студенту дается готовое решение – форма профиля кулачка в виде эксцентрика (см. рис. 2), и предлагается выполнить необходимые расчетные работы. При этом, ставятся следующие математические задачи:

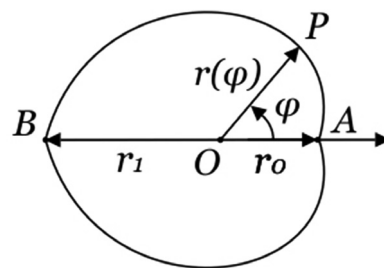
1) определить радиус R и положение центра окружности, соответствующей профилю кулачка, составить уравнение данной окружности в системе полярных координат со смещением полюса относительно центра на величину ε (ответ: $r = r_0(\varphi) = \sqrt{r_0^2(R + \varepsilon) + \varepsilon^2 \cos^2 \varphi - \varepsilon \cos \varphi}$);

2) исследовать в направлении радиуса отклонение $\delta_s(\varphi)$ эксцентрика от составной кривой из ветвей спирали Архимеда, и с этой целью сначала найти его асимптотическую (предельную) величину при $R \rightarrow \infty$, а затем определить экстремальное значение полученного выражения (ответ: $\delta_s(\varphi) = \sqrt{\left(r_0 + \frac{2\varepsilon\varphi}{\pi} + \varepsilon \cos \varphi\right)^2 + \varepsilon^2 \sin^2 \varphi} - R$,

$\delta_s(\varphi) \approx \varepsilon \left(\frac{2\varphi}{\pi} + \cos \varphi - 1 \right)$, $|\delta_s|_{\max} = 0,210514\varepsilon$);
3) сделать выводы о качестве решения инженерной задачи, обосновав его результатами математических исследований.

Добиваясь плавности работы механизма, мы внесли изменения в его конструкцию. Возникает вопрос, насколько

Рис. 1.



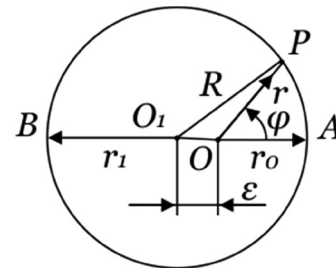
Часть 2. Творческая. Требуется предложить форму профиля кулачка в виде гладкой замкнутой линии, по сравнению с эксцентриком, лучше передающей форму кулачка, то есть имеющей меньшее отклонение от теоретического профиля. Полученное решение обосновать и оценить критически.

Творческий характер задания второй части определяется свободой выбора решения. Однако, эта свобода ограничивается возможностями пользования математическим аппаратом и это обстоятельство вынуждает ограничиться стандартным набором кривых: эллипс, гипербола, парабола и некоторыми другими. Заслуживает внимания решение поставленной задачи в виде эллиптического сплайна: замкнутой кривой, составленной из двух полуэллипсов: $r_1(\varphi)$ и $r_2(\varphi)$, показанных на рис. 3. Математические исследования выполняем по методике первой части.

Эллиптический сплайн указанного вида, очевидно, представляет собой гладкую выпуклую кривую. В системе полярных координат при положении полюса в центре эллипсов ветви сплайна имеют уравнения:

эти изменения повлияли на кинематические характеристики механизма? Будет ли приемлемой величина отклонения эксцентрика от теоретического профиля и как ее уменьшить, внося изменения в конструкцию? Подобные вопросы дают повод к продолжению исследований и приводят к формулировке второй части задания.

Рис. 2.



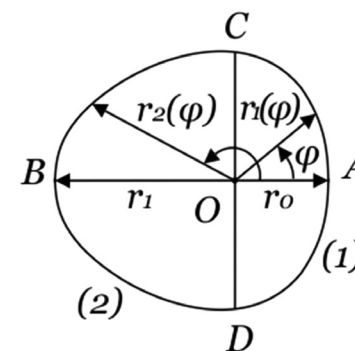
$$r_{эс}(\varphi) = \begin{cases} r_1 = \frac{r_0(r_0 + \varepsilon)}{\sqrt{r_0^2 + \varepsilon(2r_0 + \varepsilon)\cos^2 \varphi}}, & -\frac{\pi}{2} < \varphi \leq \frac{\pi}{2}, \\ r_2 = \frac{(r_0 + \varepsilon)(r_0 + 2\varepsilon)}{\sqrt{(r_0 + \varepsilon)^2 + \varepsilon(2r_0 + 3\varepsilon)\sin^2 \varphi}}, & \frac{\pi}{2} < \varphi \leq \frac{3\pi}{2} \end{cases}$$

На рис. 4 приведено изображение данной кривой в декартовой системе координат $(r; \varphi)$. Предельное значение отклонения сплайна от ветвей спирали Архимеда исследуется аналогично первой части задания и при увеличении параметра r_0 оценивается следующим асимптотическим выражением:

$$\delta_{эс}(\varphi) \approx \begin{cases} \varepsilon \left(\frac{2\varphi}{\pi} - \sin^2 \varphi \right), & -\frac{\pi}{2} \leq \varphi < \frac{\pi}{2}, \\ \varepsilon \left(\frac{2\varphi}{\pi} - 2 + \sin^2 \varphi \right), & \frac{\pi}{2} \leq \varphi < \frac{3\pi}{2} \end{cases}$$

Определяя экстремальные значения функции $\delta_{эс}(\varphi)$ для максимального отклонения предложенной конструкции профиля кулачка от теоретического, получим асимптотическую оценку $|\delta_{эс}|_{\max} = 0,105257\varepsilon$. Сравнение с аналогичной оценкой для эксцентрика свидетельствует о том, что в случае формы эллиптического сплайна мы имеем в два раза меньшую величину погрешности. То есть кинематические характеристики механизма улучшились, и в этом состоит

Рис. 3.



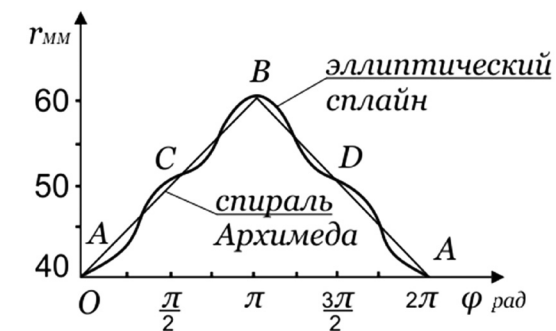
основной практический результат работы.

Из приведенного примера можно сделать следующие выводы о принципах использования стандартов CDIO в математическом образовании инженера в отношении методики обучения: 1) математическая подготовка студента втуза должна быть интегрирована в систему инженерного образования; 2) средством достижения целей интеграции являются интегрированные учебные задания (ИУЗ); 3) инженерная задача задает цели, определяет содержание и подытоживает математические исследования, содержащиеся в ИУЗ; 4) выбирая инженерную задачу, мы более исходим из потребностей преподавания математики, и только затем из профессиональных интересов, то есть инженерная задача подбирается

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявцев Л.Д. Современная математика и ее преподавание / Л.Д. Кудрявцев. – М., 1986. – 176 с.
2. Блехман И.И. Прикладная математика: предмет, логика, особенности подходов. С примерами из механики / И.И. Блехман, А.Д. Мышкис, Я.Г. Пановко. – М., 2005. – 376 с.
3. Всемирная инициатива CDIO: междунар. семинар по вопросам инноваций и реформированию инж. образования: материалы для участников семинара / пер. С.В. Шикалова, под ред. Н.М. Золотарёвой и А.Ю. Умарова. – М., 2011. – 60 с.
4. Вендровская Р.Б. Очерки истории советской дидактики / Р.Б. Вендровская. – М., 1982. – 128 с.
5. Реньи А. Диалог о приложениях математики // Трилогия о математике. – М., 1980. – С. 51-71.

Рис. 4.



под математический аппарат, который в соответствии с целями обучения должен быть достаточно насыщенным и содержательным; 5) инженерная задача должна быть несложной и понятной студенту младших курсов, а результаты математических исследований – наглядными, допускающими смысловое толкование и возможность эмпирической проверки; 6) вопросы дидактики также имеют значение и должны быть учтены, например, использованием технологий проблемного обучения или других методов активного обучения; 7) по личному опыту автора хорошо себя зарекомендовало деление общего задания на части: пропедевтическую и творческую, различающиеся долями самостоятельной работы студента.