

## ТЕХНОЛОГИИ CASE-STUDY ДЛЯ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ГРУППЫ

Белова Г.П.<sup>1</sup>, Борисова Е.В.<sup>2</sup>, Шестакова М.А.<sup>3</sup> ©

<sup>1</sup>Доцент, к. ф-м.н., доцент кафедры технической механика;

<sup>2</sup>доцент, д.п.н., профессор кафедры высшей математики;

<sup>3</sup>доцент, к. ф-м.н., доцент кафедры высшей математики.

ФГБОУ ВПО Тверской государственной технический университет

### *Аннотация*

*В статье рассмотрен пример задания по теоретической механике, построенного по технологиям case-study. Проведена декомпозиция этапов решения на элементы знаний, умений и навыков, проверяемых данным заданием. Показан вариант контроля оценки сформированности компетенций.*

**Ключевые слова:** компетенция, технология «case-study», контроль.

**Keywords:** competence, case-study technology, control.

Инженерное сообщество заинтересовано в подготовке специалистов, способных в короткое время овладеть новыми знаниями, умениями и навыками, адаптировать свою профессиональную деятельность к изменяющимся условиям, обладающих творческим мышлением, способных к нестандартным подходам в решении возникающих задач. Следовательно, в процессе обучения в высшем учебном заведении должно быть сформировано умение (способность) переносить полученные знания в реальную ситуацию, и развиты навыки самостоятельно решать возникающие профессиональные задачи. В сложившейся двухуровневой системе подготовки специалистов очень важно различать фундаментальные и прикладные дисциплины.

Особенно значима фундаментальная подготовка на уровне академического бакалавриата. Без фундаментальных знаний по математике, физике, теоретической механике сформировать инновационных специалистов в области техники и технологий крайне затруднительно. Этим обусловлено включение в перечень дисциплин для формирования компетенции ОПК-1 двухгодичного курса «математика». Содержание компетенции ОПК-1 в ФГОС для инженерных направлений определено как способность: использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности. К основным целям изучения в курсе математики относятся: обучение основным приемам решения практических задач, развитие навыков четкого формулирования задачи и нахождения соответствующих алгоритмов и методов ее решения, обучение принципам построения математических моделей типовых задач, формирование навыков логического и алгоритмического мышления, методам исследования. И как следствие, владение методами математического описания содержательной проблемы, математическим аппаратом, помогающим обрабатывать, анализировать, обобщать и интерпретировать полученные результаты исследований, доводить их до практической реализации, умение самостоятельно моделировать прикладные задачи и анализировать полученные результаты, осуществлять выбор наиболее целесообразных математических методов и моделей, при поиске оптимальных решений.

Процесс формирования и развития данной компетенции предполагает:

– знание фундаментальных основ высшей математики, включая линейную алгебру, аналитическую геометрию, математический анализ, дифференциальные уравнения, числовые и функциональные ряды, элементы теории вероятностей и математической статистики,

методы и алгоритмы решения типовых задач по изучаемым разделам, основных методов обработки экспериментальных данных, видов математических моделей и принципов их построения, методов количественного и качественного анализа;

– умение формулировать физико-математическую постановку задачи исследования, выбирать и реализовывать наиболее целесообразные математические методы и модели, анализировать и обобщать результаты исследований, доводить их до практической реализации, самостоятельно использовать математический аппарат при изучении общеинженерных и специальных дисциплин, расширять и углублять свои познания в области математики, используя современные образовательные и информационные технологии;

– владение осмысленным пониманием изученного материала: методами и процедурами вычислений; опытом применения методов основных разделов высшей математики к решению практических задач; первичными навыками использования полученных теоретических знаний и основных методов решения задач общеинженерных и специальных дисциплин, математическими методами анализа и обработки полученных результатов, методами математического описания содержательной проблемы, математическим аппаратом для анализа и реализации решения (разработки математической модели) прикладных инженерных задач и содержательной интерпретации полученных результатов.

Компетенция ОПК-2 по направлению подготовки бакалавров 08.03.01 – Строительство, а именно, способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат начинает формироваться в курсе «теоретическая механика». В результате изучения этого курса формируется база основных моделей механических явлений и методов исследования равновесия и движения механических систем. И как следствие, владение принципами построения и исследования математических и механических моделей технических систем и навыками применения основных методов исследования равновесия и движения механических систем для решения естественнонаучных и технических задач. Две эти компетенции являются основными для формирования инженерного мышления.

Оценка уровней приобретаемых компетенций студентами является одной из сложных методических задач, но крайне актуальных при реализации современных образовательных программ. Одним из инструментов для таких оценок могут быть технологии «case-study». Преимуществом этого подхода является способность выявлять, анализировать и просчитывать результат каждого шага, ведущего к решению. Кейс-задачи направлены на проверку умения проанализировать конкретную ситуацию профессиональной деятельности, знаний как построить модель и применить полученные навыки при решении практико-ориентированных заданий. При использовании этой технологии обучающемуся следует целиком осмыслить ситуацию, изложенную в кейсе, самому выявить проблему и задачи, требующие решения, а не просто ответить на конкретные вопросы. Поэтому включение в набор измерительных инструментов уровней формируемых компетенций технологии «case-study» в ходе изучения фундаментальных дисциплин, позволяет развить творческую составляющую студентов, сформировать исследовательские (поисковые) элементы общепрофессиональных компетенций.

Многолетние наблюдения авторов за процессами формирования владений и навыков у студентов технических направлений позволяют сделать вывод, что успех возможен только тогда, когда сознательно сохраняется и воспроизводится преемственность приобретенных знаний и умений при изучении различных курсов, например, высшей математики и теоретической механики. Это гарантирует приобретение и развитие устойчивой базы необходимой для формирования компетенций. Компетенция ОПК-1 начинает формироваться в курсе высшей математики и продолжает развиваться в теоретической механике. Теоретическая механика одна из первых дисциплин, при изучении которой студенты могут и

должны применять знания, навыки и умения, полученные при изучении курса математики, к решению практических задач. Проверить уровень компетенции ОПК-1, приобретенный в предшествующем изучении теоретической механике, курсе математики, возможно в ходе выполнении курсовых работ. Теоретическая механика является первым звеном при переходе от изучения дисциплин физико-математического цикла к изучению общетехнических и специальных инженерных дисциплин [1, 7].

Рассмотрим пример применения технологии «case-study» в ходе выполнения одного из заданий курсовой работы по теоретической механике. Согласно существующим учебным планам технических вузов теоретическая механика изучается во втором и третьем семестрах. Организовать самостоятельную работу на этом этапе большинство студентов, к сожалению, ещё не может. Кроме того, в этот период ещё только формируются зачатки таких квалификационных характеристик, как способность к проведению анализа и умение чётко обосновать алгоритм решения задачи. Поэтому технология «case-study», является наиболее привлекательной для обучения практическим навыкам с минимальным участием преподавателя, что в условиях современной высшей школы очень актуально. Задания для курсовой работы по теоретической механике разработаны таким образом, что имеют чаще всего одно решение. Кейс технология допускает несколько путей, позволяющих получить это решение.

В разделе «кинематика» элементом курсовой работы является умение по заданным уравнениям движения точки

$$\begin{aligned}x &= x(t), \\ y &= y(t)\end{aligned}$$

для заданного момента времени  $t = t_1$  найти значение радиуса кривизны траектории в рассматриваемой точке данной траектории.

Знание алгоритма расчета радиуса кривизны траектории, а значит и кривизны кривой в любой её точке, необходимо для инженерно-геодезических изысканий при проектировании различных линейных сооружений. Умение реализовать этот алгоритм позволит повысить качество инженерных проектных работ при строительстве мостов, путепроводов, автодорог, железнодорожных путей и т.д. Это касается также расчета кривизны сложных форм поперечных сечений кривого бруса. Подобная задача в обязательном порядке рассматривается в курсе сопротивления материалов в качестве учебной задачи. Конечно, те практические задачи, с которыми сталкивается проектировщик много сложнее учебных, но без того фундамента знаний, что получает студент, выполняя и реализовывая учебные алгоритмы сформировать качественного специалиста невозможно.

На первом курсе студенту выдается задача по расчету кривизны кривой траектории движения на поворотах, изломах... От выбранного закона движения зависит радиус кривизны, кривизна, осецистремительное ускорение точки и другие кинематические, а при дальнейшем исследовании и динамические параметры движения.

Задача для кейса имеет постановку для каждого студента в своих формулировках. Приведем одну из них. Трамвай движется по гладкому пути. Трамвайное полотно (траектория движения) в месте изгиба задаётся уравнениями (для определённости считаем, что началу изгиба соответствует момент времени  $t_0 = 0$ ):

$$\begin{aligned}x &= 4 \sin\left(\frac{\pi t^2}{6}\right) - 2, \\ y &= 4 \cos\left(\frac{\pi t^2}{6}\right) + 3.\end{aligned}\tag{1}$$

Необходимо построить траекторию движения в месте изгиба и найти радиус кривизны в момент времени  $t_1 = 1$ .

В самом общем случае студент должен понять, что разрешением ситуации является нахождение радиуса кривизны кривой в поставленных условиях. Далее реализуется ряд

шагов, представляющих собой последовательный алгоритм. Эту последовательность шагов можно построить по результатам изучения материалов лекционных и практических занятий.

Прежде чем реализовать полный алгоритм нахождения радиуса кривизны следует рассмотреть подзадачу 1): получить уравнение траектории точки, построить в выбранной системе координат полученную кривую и изобразить на ней точку, соответствующую моменту времени  $t = t_1$ .

Шаг 1. В процессе решения подзадачи 1) студенту следует знать и уметь применять алгоритм нахождения уравнения траектории, исходно заданной в параметрическом виде. В частности, из уравнения  $x = x(t)$  следует выразить время  $t$ , т.е. найти функцию  $t = \varphi(x)$  и подставить в уравнение  $y = y(t)$ . В результате получим уравнение кривой  $y = f(x)$ . В обучающих кейсах это может быть окружность, парабола, эллипс, гипербола, циклоида. Такой тип задач рассматриваются в разделе «Аналитическая геометрия» курса математики. Если студент усвоил метод решений таких задач в курсе математики, то данный этап трудностей не вызывает и если студент обладает достаточными знаниями, умениями и навыками, это позволит ему преобразовать полученное уравнение траектории к «узнаваемому» каноническому виду. Следует заметить, что во многих вариантах, как, и в приведенном выше примере, для нахождения траектории целесообразно воспользоваться основным тригонометрическим тождеством  $\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$ . Подход базируется на школьных навыках и существенно упрощает решение. Проявил студент необходимые знания преобразований, тем самым получил искомое уравнение траектории и продвинулся в решении подзадачи 1).

Шаг 2. Необходимо выбрать систему координат и построить уравнение траектории. Проверкой правильности произведенных преобразований служит тот факт, что координаты точки, соответствующей данному моменту времени, тождественно удовлетворяют уравнению кривой. Данную точку следует зафиксировать на полученной траектории.

Шаг 3. Реализация непосредственно алгоритма вычисления радиуса кривизны – подзадача №2. Вначале студент демонстрирует владение методами вычисления первых и вторых производных от сложных функций. Эти навыки формируются в разделе «Дифференциальное исчисление». Нет знаний и умений – алгоритм вычисления радиуса кривизны не реализован. При этом конечно, необходимы знания соответствующего раздела кинематики курса теоретической механики. Далее вычисляем:

- проекции скорости и ускорения точки на координатные оси

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}, \quad v_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}, \quad a_x = \ddot{x}, \quad a_y = \ddot{y};$$

- модуль скорости точки

$$v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}; \quad (2)$$

- модуль полного ускорения точки

$$a = \sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2}.$$

Правильность выполнения данного шага студент может проверить самостоятельно. Для этого необходимо построить вектор скорости  $\vec{v}$  точки, указанной на траектории, по составляющим  $\vec{v}_x$  и  $\vec{v}_y$ , рассчитанным для  $t = t_1$ , причем этот вектор должен по направлению совпадать с касательной к траектории. С подобными построениями знакомятся в школьном курсе физики и разделе «Векторная алгебра» курса математики.

Шаг 4. Вычисление касательного ускорения точки  $\vec{a}_\tau$ . На этом шаге есть как минимум два пути, позволяющих получить значение  $\vec{a}_\tau$ . Первый путь – вычисление касательного ускорения по формуле  $a_\tau = \frac{dv}{dt}$ , т.е. путем дифференцирования по времени,

полученного на предыдущем этапе выражения для скорости точки. Второй путь – использование формулы, полученной от дифференцирования по времени зависимости (2). В этом случае выражение для касательного ускорения принимает вид  $a_\tau = \frac{v_x a_x + v_y a_y}{v}$ . Все

величины, стоящие в числителе и знаменателе данного выражения вычислены на предыдущих этапах.

Первый путь предполагает безупречное владение теоретическими и практическими навыками вычисления производных от сложных функций. Второй путь является более разумным, так как избавляет студента от многих ошибок вычислительного характера. Пошел вторым путем – проявил владение осуществлять выбор наиболее целесообразных математических методов. Пошел первым – не проявил владение осуществлять выбор наиболее целесообразных математических методов при решении практических задач, но показал владение аппаратом дифференцирования сложных функций.

Шаг 5. Вычисление нормального ускорения точки  $\vec{a}_n$ . Данный шаг также можно реализовать двумя путями.

Первый путь основывается и следует из формулы полного ускорения точки:

$$a_n = \sqrt{a^2 - a_\tau^2}.$$

Второй путь – вычисление  $a_n$  следует из строгих, доказанных теоретически, представлений этой составляющей ускорения.

$$a_n = \frac{|\vec{v} \times \vec{a}|}{v} \quad \text{или} \quad a_n = \frac{|v_x a_x - v_y a_y|}{v}.$$

Первый путь в вычислительном плане предпочтителен. Пошел первым путем – проявил владение осуществлять выбор наиболее целесообразных математических методов при решении практических задач. Пошел вторым – не проявил владение осуществлять выбор наиболее целесообразных математических методов.

Шаг 6. Вычисление радиуса кривизны траектории в данной точке для данного момента времени

$$\rho = \frac{v^2}{a_n}.$$

Для проверки правильности реализации последних этапов алгоритма строим вектор ускорения  $\vec{a}$  по составляющим  $\vec{a}_x$  и  $\vec{a}_y$ , а затем раскладываем на составляющие  $\vec{a}_\tau$  и  $\vec{a}_n$ . Совпадение величин  $\vec{a}_\tau$  и  $\vec{a}_n$ , найденных из чертежа, с их значениями, полученными аналитически, служит контролем правильности решения.

Контроль уровня компетенций ОПК-1 и ОПК-2 по предлагаемой технологии состоит в заполнении и анализе таблицы 1.

Таблица 1

Этап алгоритма	Контроль	ОПК 1	ОПК 2
Шаг 1	Уравнение траектории	<i>Не контролируется</i>	+
	Каноническая форма	+	<i>Не контролируется</i>
Шаг 2	График	+	<i>Не контролируется</i>
	Заданная точка	<i>Не контролируется</i>	+
Шаг 3	Вычисление производной сложной функции	+	<i>Не контролируется</i>

	Построение вектора скорости точки	<i>Не контролируется</i>	+
	Построение вектора полного ускорения точки	<i>Не контролируется</i>	+
Шаг 4	Вычисление касательного ускорения точки	<i>Не контролируется</i>	+
Шаг 5	Вычисление нормального ускорения точки	<i>Не контролируется</i>	+
Шаг 6	Вычисление радиуса кривизны кривой	+	+

Технологии case-study позволяют сочетать теоретическое и практическое обучение, проверяет теоретические знания студента и его практические навыки проводить преобразования и анализировать результаты решения по изучаемому разделу. Но главное достоинство этой технологии состоит в возможности детально оценить формируемые компетенции, своевременно выявить «узкие» места в знаниях и умениях каждого студента и оказать ему адекватную помощь. Дополнительный положительный аспект состоит в сопряжении различных учебных дисциплин и обратной связи между кафедрами с целью обеспечения высокого уровня формируемых компетенций [2, 101].

#### **Литература**

1. Белова Г.П., Шестакова М.А. Проблемы преподавания дисциплины «теоретическая механика» // Качество образования как характеристика образовательной деятельности: материалы докладов заочной научно-практ. Конф. Тверь: ТвГТУ, 2015, с. 7-9.
2. Борисова Е.В. Системный подход в формировании групп компетенций студентов активными методами // Уфа, Международный научный журнал «Инновационная наука», №12/2015, ч.2, С.100-103.