

УДК 378

МОДЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ И ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ БАКАЛАВРОВ

Н. Н. Матвеев, Н. С. Камалова, Н. Ю. Евсикова, В. И. Лисицын

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова

Поступила в редакцию 31 июля 2019 г.

Аннотация: рассматривается применение модельного физического эксперимента для развития навыка грамотного моделирования, необходимого для формирования компетенций у бакалавров технического профиля. Предлагается физический подход к моделированию, который свободен от возможных ошибок формальных моделей, часто применяемых без обоснования их адекватности к условиям протекания процессов и преследуемой цели прогноза.

Ключевые слова: компетенции, моделирование, системный подход.

Abstract: the using of a model physical experiment is considered for developing the skill of a competent simulation, that is necessary for the formation of competencies among bachelors of technical profile. A physical approach to simulation is proposed. The approach is free from possible errors of formal models that are often used without substantiating their adequacy to the conditions of the processes and the intended purpose of the forecast.

Key words: competences, simulation, systems approach.

В настоящее время для обеспечения соответствия выпускников-бакалавров требуемому уровню квалификации [1] в процессе обучения используется компетентностный подход. Для овладения компетенциями [2–4] студентам необходимо выработать собственный подход к решению комплексных задач, что немыслимо без самообразования, самоорганизации и формирования навыков поэтапного интерпретированного метода моделирования проблем и поиска путей их решения.

В современных взглядах на моделирование различных процессов имеется тенденция к созданию универсальных методов предсказательно-го характера с использованием вычислительного эксперимента. При этом доминирует стремление опираться на формальные модели, не обосновывая их адекватности к условиям протекания процессов и преследуемой цели прогноза. Однако нередко возникают ситуации, когда формальных моделей для описания явления или процесса просто не существует, и единственным способом остается применение физического подхода, т. е. рассмотрение собственно природы процесса с учетом цели моделирования.

Для демонстрации возможностей физического подхода к моделированию предлагаем рассмо-

треть два примера: 1) обоснование математического соотношения для оценки уровня освоения компетенции при изучении дисциплин и формирования адекватного рейтинга студентов; 2) применение модельного физического эксперимента для развития навыков грамотного моделирования.

Любая оценка обучающихся основана на проверке систематизированных знаний и навыков их применения, наличия способностей к анализу и синтезу в профессиональной деятельности. Поэтому, с нашей точки зрения, имеет смысл оценивать степень овладения компетенцией при освоении дисциплины методом суперпозиции долей (δ_i) вклада каждого этапа освоения.

На начальном этапе приобретаются навыки грамотного знакомства с новой информацией, обучающимся необходимо овладеть знанием и пониманием основной терминологии дисциплины. При этом важен объем усвоенного материала. Умение освоить терминологию и основные аксиомы является базовым, но не основным, поэтому доля этого этапа в уровне освоения компетенции δ_1 составляет примерно 15–20 %.

На следующем этапе формируется то, что в компетенциях называется владением информацией и готовностью применять знания на практике. Этот этап развивает способность к системному моделированию путем решения индивидуальных заданий и экспериментальной проверки фундаментальных теорий и законов при выполнении

лабораторных работ. Доля второго этапа в уровне овладения компетенцией δ_2 составляет 40–48 %, поскольку не может достигать 50 % без потери стимула к овладению навыками на других этапах.

Цель третьего этапа – выработка навыков грамотного анализа, синтеза и оценки усвоенной информации. На этом этапе формируется способность к системному подходу при решении комплексных проблем. Результаты освоения данного уровня базируются на успешном прохождении предыдущих, поэтому его доля в овладении компетенцией δ_3 составляет около 24–27 %.

Последний этап овладения компетенцией подразумевает ее свободное проявление в профессиональной деятельности. Доля этого этапа в уровне овладения компетенцией δ_4 не может превышать 10 %, так как не все студенты умеют демонстрировать результаты своей научной деятельности в рамках изучаемой дисциплины. К работам последнего этапа допускаются обучающиеся, успешно продемонстрировавшие свои умения на первых трех этапах.

Успешность прохождения уровней определяется показателем k , который выставляется по модульно-рейтинговой системе (МРС) оценки успеваемости студентов. Удовлетворительному результату соответствует $60 < k < 70$ % от максимально возможной суммы баллов, хорошему – $71 < k < 85$ %, отличному – $k > 85$ % [5–8]. Степенью овладения компетенцией при изучении дисциплины будет рейтинг студента по ней, определяемый как:

$$Q = \sum_{i=1}^4 k_i \delta_i. \quad (1)$$

Практика показывает, что студенты, выполняющие все задания на «удовлетворительно», овладевают компетенцией более чем на 60 %. Согласно показателям успеваемости студентов технических вузов, полученным по МРС [5], более 90 % из них имеют рейтинг выше 60 %. Таким образом, совпадение этих барьерных значений подтверждает адекватность предложенного метода оценки.

Приведенный пример наглядно демонстрирует метод формирования математических соотношений на основе анализа практических результатов и понимания цели моделирования. Очевидно, что наибольший вклад в формирование подобного умения у выпускников технических вузов вносит изучение физики, так как эта дисциплина содержит накопленный веками значительный мировоззренческий и познавательный потенциал, изучает фундаментальные закономерности природы, что способствует выработке единого подхода к исследованию различных технических систем, на базе лабораторного практикума формирует навыки моделирования природных явлений и понимания наличия причинно-следственных связей [9–11].

Покажем возможности применения модельного физического эксперимента для развития навыков грамотного моделирования на примере лабораторной работы по исследованию зависимости области наиболее вероятного обнаружения элементарной частицы в потенциальной яме от уровня ее энергии.

На рисунке 1а) представлен макет потенциальной ямы в виде прямоугольного ящика со стеклянной крышкой длиной l , где может двигаться «элементарная частица», которая моделируется круглым магнитом диаметра $d \ll l$. Площадь крышки разделена на шесть одинаковых отсеков параллельными линиями перпендикулярно длинной стороне «ящика». Для контроля уровня энергии «элементарной частицы» используется магнитное поле катушки, моделирующей стенки «потенциальной ямы» (рис. 1б)).

На рисунке 1а) представлен макет потенциальной ямы в виде прямоугольного ящика со стеклянной крышкой длиной l , где может двигаться «элементарная частица», которая моделируется круглым магнитом диаметра $d \ll l$. Площадь крышки разделена на шесть одинаковых отсеков параллельными линиями перпендикулярно длинной стороне «ящика». Для контроля уровня энергии «элементарной частицы» используется магнитное поле катушки, моделирующей стенки «потенциальной ямы» (рис. 1б)).

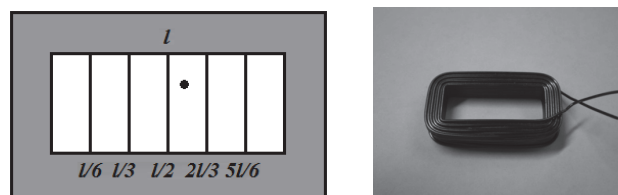


Рис. 1. Принцип работы модельной установки:

а) модель потенциальной ямы;

б) устройство для контроля уровня энергии «частицы»

Энергия «частицы» в подобных условиях прямо пропорциональна индукции магнитного поля катушки, для ее оценки справедливо выражение

$$W_i = \mu_i B = \mu_i \frac{\Phi}{S} = K_\mu I, \quad (2)$$

где μ_i – магнитный момент «частицы», Φ – магнитный поток через пространство площадью S внутри катушки, созданный протекающим по обмотке переменным электрическим током, I – амплитуда силы тока, K_μ – коэффициент пропорциональности, который зависит от μ_r , индуктивности и геометрических размеров катушки. Контроль уровня энергии «частицы» осуществляется с помощью изменения амплитуды силы тока в обмотке катушки.

При проведении эксперимента каждый студент следит за своим отсеком и измеряет с помощью секундомера время t_i , на которое «частица»

задержалась в отсеке в течение всего времени наблюдения τ . Вероятность обнаружить «частицу» в «отсеке» определяется как

$$P_i = \frac{t_i}{\tau}. \quad (3)$$

Обработка результатов ведется с помощью электронных таблиц Excel, выявляется зависимость P_i от x – положения отсека относительно левого нижнего угла ящика. Для первого отсека $0 \leq x \leq l/6$, для второго $l/6 \leq x \leq l/3$ и т. д. При правильных расчетах для плотности вероятности $|\psi(x)|^2$ должны получиться зависимости, аналогичные представленным на рис. 2.

Подобные модельные эксперименты формируют у студентов интерес к мысленному представлению исследуемой проблемы в условиях невозможности непосредственного наблюдения и закладывают основы навыков вероятностного моделирования процессов и систем. В результате приобретения навыка «мысленного» эксперимента студенты смогут понимать и принципы построения компьютерной реализации вычислительных экспериментов, построенных на формальных (математических) моделях.

Отметим, что увлечение формальными (математическими) моделями является опасной тенденцией, так как эти модели хотя и базиру-

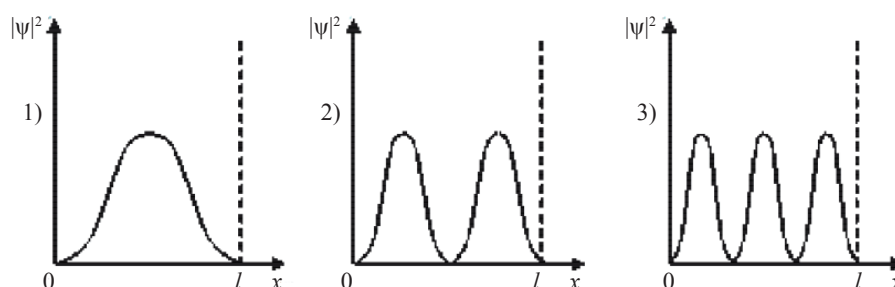


Рис. 2. Графики распределения плотности вероятности обнаружения элементарной частицы по линейному размеру одномерной потенциальной ямы для различных уровней энергии

ются на уравнениях физики, но сопровождаются игнорированием того, что они были получены на основе экспериментальных исследований, в рамках определенных представлений и для решения конкретных задач. Перевод уравнений физики в область математики подразумевает наличие некой универсальности, которой на самом деле нет. Например, в основе виртуальной модели механизма поворота колонны лесного манипулятора [12] так называемой «математической моделью процесса» является уравнение вращательного движения, полученное в приближении абсолютно твердого тела, что к механизмам, работающим с большими нагрузками, применимо лишь отчасти. Формальное моделирование чревато неадекватным использованием известных соотношений за пределами их области применения. Поэтому крайне важно в процессе формирования компетенций поощрять у студентов технических вузов здоровый скептицизм, способствующий развитию интереса к физическому моделированию и созданию макетов и моделей для проверки базовых аксиом «математических моделей».

Итак, предложенный подход к формированию рейтинга студента при овладении компетенцией

обоснован, формализован, сводит определение рейтинга к простой арифметической операции и позволяет соотнести успеваемость выпускника с требованиями к уровню квалификации работника. Модельные физические эксперименты помогают формированию компетенций у будущих профессионалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении уровней квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов : приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 12 апреля 2013 г. № 148 [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/48> (дата обращения: 6.06.2019).
2. ФГОС ВО по направлению подготовки 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов (бакалавриат) [Электронный ресурс]. – URL: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/230303.pdf> (дата обращения: 6.06.2019).
3. ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.02 – Технологические машины и оборудование (бакалавриат) [Электронный ресурс]. – URL: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/150302.pdf> (дата обращения: 6.06.2019).

4. ФГОС ВО по направлению подготовки 09.03.02 – Информационные системы и технологии (бакалавриат) [Электронный ресурс]. – URL: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/090302.pdf> (дата обращения: 6.06.2019).

5. Матвеев Н. Н. Модульно-рейтинговая система аттестации и контроль качества обучения студентов / Н. Н. Матвеев, В. И. Лисицын, Н. С. Камалова, Н. Ю. Евсикова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: «Проблемы высшего образования». – 2015. – № 3. – С. 28–33.

6. Хрящев В. Г. Практика применения модульно-рейтинговой системы обучения в МГТУ им. Н. Э. Баумана / В. Г. Хрящев, В. И. Серегин // Инженерный вестник. – 2014. – № 12. – С. 1013–1023.

7. Бережная И. Ф. Взаимодействие преподавателей и студентов в процессе проектирования индивидуальной траектории профессионального развития / И. Ф. Бережная // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: «Проблемы высшего образования». – 2012. – № 1. – С. 30–34.

8. Анисимова Н. И. Модульный подход как средство повышения качества обучения / Н. И. Анисимова [и др.] // Физическое образование в вузах. – 2012. – Т. 18, № 1. – С. 22–28.

9. Лисицын В. И. Формирование системного подхода на физическом практикуме / В. И. Лисицын, В. В. Саушкин, Н. С. Камалова, Н. Ю. Евсикова // Физика в системе современного образования (ФССО-15) : материалы XIII Междунар. науч. конф., Санкт-Петербург, 1–4 июня 2015 г. – Санкт-Петербург : Фора-принт, 2015. – Т. 2, секция 7, Современная физика и естественно-научная картина мира. – С. 298–300.

10. Лисицын В. И. Физическое моделирование при изучении основ современных технологий / В. И. Лисицын, Н. Н. Матвеев, Н. С. Камалова, Н. Ю. Евсикова // Физика в системе высшего и среднего образования России : тезисы докладов Междунар. школы-семинара / [под ред. Г. Г. Спирина]. – Москва : АПР, 2017. – С. 93–95.

11. Гладун А. Д. Физика в технологическом обществе / А. Д. Гладун // Физическое образование в вузах. – 2001. – Т. 7, № 3. – С. 5–22.

12. Попиков П. И. Системный подход к проблеме обоснования модернизации лесозаготовительных машин / П. И. Попиков, Н. Ю. Евсикова, Н. С. Камалова, В. С. Полянин // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика : сб. науч. трудов по материалам Междунар. заочной науч.-практ. конф. / гл. ред. В. М. Бугаков. – Воронеж : ВГЛТУ, 2015. – № 2, ч. 2(13-2). – С. 296–300.

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова

Матвеев Н. Н., доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой общей и прикладной физики

E-mail: nmtv@vglta.vrn.ru

Тел.: 8 (473) 253-87-91

Камалова Н. С., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей и прикладной физики

E-mail: rc@icmail.ru

Тел.: 8 (473) 253-77-12

Евсикова Н. Ю., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей и прикладной физики

E-mail: natalyaevsikova@mail.ru

Тел.: 8(473) 253-77-12

Лисицын В. И., кандидат физико-математических наук, профессор кафедры общей и прикладной физики

E-mail: viktor-lisicyn@yandex.ru

Тел.: 8(473) 253-77-12

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov

Matveev N. N., Dr. Habil. in Physics and Mathematics, Professor, Head of the General and Applied Physics Department

E-mail: nmtv@vglta.vrn.ru

Tel.: 8 (473) 253-87-91

Kamalova N. S., PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor of the General and Applied Physics Department

E-mail: rc@icmail.ru

Tel.: 8 (473) 253-77-12

Evsikova N. Yu., PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor of the General and Applied Physics Department

E-mail: natalyaevsikova@mail.ru

Tel.: 8 (473) 253-77-12

Lisitsyn V. I., PhD in Physics and Mathematics, Professor of the General and Applied Physics Department

E-mail: viktor-lisicyn@yandex.ru

Tel.: 8 (473) 253-77-12