

А. В. Пец

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН**

Рассмотрены методологические основы применения в инженерной педагогике электронных цифровых технологий. Предложен пример комплексного изучения явлений электродинамики в цифровом и реальном пространствах.

The article is dedicated to the methodological bases of the application of digital electronic technologies in engineering pedagogic on the example of complex approach to teaching in the framework of electro-dynamics processes in real and virtual digital spaces.

Ключевые слова: виртуальные приборы, вычислительный эксперимент, цифровая электронная технологическая среда, технологический профориентированный процесс обучения.

Keywords: virtual instruments, computational experiment, digital electronic technological medium, technology-assisted professional education process.

Достижения цифровых электронных технологий в последнее десятилетие качественно изменили характер информационных взаимодействий в системе: человек-компьютер-окружающая среда. В частности, технологии виртуальных приборов позволяют трансформировать персональный компьютер в измерительный многофункциональный прибор с необходимыми для инженерной практики метрологическими характеристиками. С позиций гносеологии компьютер становится **инструментом познания**, что отличает его от технического средства обучения и позволяет по-новому раскрыть дополнительную связь между категориями: материя и информация, реальное и виртуальное [1; 2]. В данной работе на примере изучения электродинамических явлений рассмотрены дидактические аспекты интеллектуальной подготовки инженеров на основе учебно-научной деятельности в цифровых средах.

В постиндустриальном обществе значима деятельностная направленность профессионального образования [3; 4]. Для поддержки этой тенденции вводим – **цифровую электронную технологическую среду (ЦЭТС)**. В объектно-технологическом контенте ЦЭТС представляет собой программно-аппаратный компьютерный комплекс, включающий устройства ввода-вывода аналоговых и цифровых сигналов, физические датчики, системы согласования, управления информационными потоками, пакеты прикладных программ, среду графического программирования виртуальных приборов. В плане инженерно-педагогической деятельности ЦЭТС является технологической средой: проведения вычислительного



эксперимента [2]; проектирования, конструирования и функционирования цифровых физико-технических виртуальных лабораторий [5]; эмпирической и теоретической креативной деятельности в реальных и виртуальных пространствах, направленной на выявление скрытых или явных закономерностей изучаемых процессов. В дидактическом плане ЦЭТС — средство интеграции предметного содержания дисциплин естественнонаучного и математического циклов в междисциплинарные виртуальные физико-технические, математические лаборатории, развития у студентов навыков количественного анализа динамических явлений окружающей среды (физической, технической, экологической, социальной и др.).

Физико-математическая модель. Поучительным примером проявления электродинамических эффектов являются опыты по наблюдению замедления падения магнитных тел в металлических трубах [6]. Однако в учебных курсах по электродинамике наибольшее внимание уделяется изучению движения электрически заряженных, но магнитно-нейтральных частиц. Вместе с тем, при уменьшении размеров (до 0,01 — 0,1 мкм) ферромагнитные частицы спонтанно переходят в однодоменное состояние [7]. Поэтому исследование движения магнитных частиц — важная задача теоретической и прикладной электродинамики макро- и мезосистем.

Рассмотрим прямолинейное движение однородно намагниченного шара вдоль оси z . Если магнитный момент шара параллелен оси z , то вне его возникает вихревое электрическое поле, концентричное оси z :

$$E(\rho, z, t) = -\frac{d}{c} \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{\rho}{(\rho^2 + (z - s(t))^2)^{3/2}} \right], \quad (1)$$

где c — скорость света, $s(t)$ — закон движения частицы с магнитным моментом d .

Пусть перпендикулярно траектории магнитной частицы расположено тонкое плоское проводящее кольцо радиуса R , смещенное на величину a относительно оси z . Вихревое поле E создаст в кольце индукционный ток, магнитное поле которого будет препятствовать перемещению магнитной частицы. Для расчета изменения импульса частицы используем соотношение: $dp = -(P / \dot{s}^2) ds$, где P — мощность джоулевых потерь в проводящем кольце. Применив операцию интегрирования, находим:

$$\Delta p = \frac{45\pi^2}{64} d^2 \frac{\sigma S}{c^2 R^4} I(q), \quad I(q) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi/2} \frac{dx}{[(1-q)^2 + 4q \sin^2(x)]^{5/2}}. \quad (2)$$

Здесь σ — проводимость, S — площадь поперечного сечения проволоки кольца, q — прицельное расстояние. Для изучения эффектов электромагнитной индукции проанализируем в ЦЭТС падение магнита из диэлектрика сквозь катушку $R = 3$ см, состоящую из 11 витков медной проволоки ПЭЛ-0.25. ЦЭТС включает: математический процессор MathCAD 2000; среду конструирования виртуальных приборов LabVIEW 8.0; USB I/O контроллер на базе 16 битного чипа CM108 с максимальной частотой оцифровки 48 кГц. Результаты численного вычисления интеграла представлены на рисунке 1.

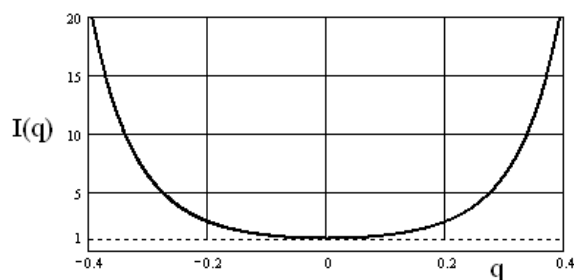


Рис. 1. Зависимость силы торможения от прицельного параметра $q = (a/R)$

Сконструированный испытательный стенд позволял наблюдать на экране виртуального графопостроителя сигнал индукции в катушке от упавшего с высоты h магнита. На рисунке 2 приведены примеры наблюдаемой и вычисленных в MathCAD 2000 сигналов ЭДС индукции. Расчеты по формуле (2) (рис. 2, *a*) позволяют объяснить величину амплитуды сигналов (около 10 мВ), но не их форму. Была выдвинута гипотеза о влиянии на осциллограммы емкости на входе АЦП. Проведено цифровое и аналоговое моделирование RC фильтра, которое дало удовлетворительные системные результаты (рис. 2, *b*).

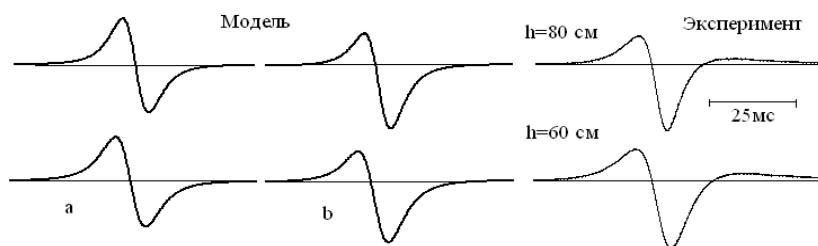


Рис. 2. Осциллограммы сигналов электромагнитной индукции в катушке, возникающие при пролете по центру диэлектрического магнита

Таким образом, предлагаемый педагогический процесс включает следующие уровни деятельности:

1) процессуально-репродуктивный (воспроизведение стандартных математических процедур, применение известных технических навыков, распознавание простых отношений, действия по аналогии, по образцу, использование стандартных физико-математических моделей окружающей среды, применение известных фактов, алгоритмов, например экспресс-виртуальных приборов LabVIEW при решении стандартных измерительных задач, инструментария числовых и аналитических вычислений меню toolbar математического процессора MathCAD, технологий статистической обработки экспериментальных данных и др.);

2) продуктивный (проектирование, конструирование, анализ, синтез, интерпретация результатов, установление междисциплинарных связей, выделение противоречий в описании ситуаций, рефлексия);



3) творческий (привлечение системных, междисциплинарных знаний, эвристических методов, поиск путей решения нестандартных проблем, проблемно-ориентированная экспериментальная и теоретическая деятельность, рефлексия).

Соответствующая деятельности, **инженерно-педагогическая модель образовательного процесса** включает: 1) цель — подготовка инженеров к интеллектуальной деятельности в цифровых профориентированных средах; 2) структурирование содержания учебно-программного материала путем его интеграции в междисциплинарные цифровые модели и лаборатории; 3) технологическую среду (ЦЭТС), с которой соотносится образовательный процесс; 4) методологию обучения — информационное взаимодействие, учебно-научная деятельность в профориентированных цифровых средах.

Учебно-научная деятельность с использованием ЦЭТС, как показывают наши исследования, придает профориентированному образовательному процессу новые качества: системность (дополнительность междисциплинарных знаний, обогащение спектра междисциплинарных связей), динамизм (возможность изучения физико-технических процессов в реальном масштабе времени, дистанционные и персонализированные цифровые лаборатории [8]), комплексность (полионтизм константной и порождаемой цифровой виртуальной реальностей, что взаимодополняет учебную деятельность в реальных и виртуальных цифровых средах), вариативность (многообразие выбора траекторий развития личности; в частности интеллектуальных способностей), устойчивость (рефлексивность, рекуррентность процесса подготовки инженера к работе с профессиональной цифровой техникой). Указанные качества имеют технологический характер, а ЦЭТС является технологической средой конструктивной образовательной деятельности обучающихся и обучаемых. Поэтому предлагаемую модель подготовки специалистов, согласно дифференциально-интегральному структурированию педагогических систем [4], будем классифицировать как «технологический профориентированный процесс обучения».

Список литературы

1. Роберт И. В. Концепция «Философско-методологические, социально-психологические, педагогические и технико-технологические предпосылки развития информатизации современного образования». М., 2008.
2. Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент. Введение в информатику с позиций математического моделирования. М., 1988.
3. Новиков А. М. Профессиональное образование в России. М., 1999.
4. Бокарева Г. А. Методологические основы профориентированных педагогических систем (дифференциально-интегральный подход) // Известия БГА РФ: научный журнал. Калининград, 2007. №2. С. 12–26.
5. Пец А. В. Применение технологии виртуальных приборов к изучению дифференциальных уравнений первого порядка // Труды междунар. конф. «Современные методы физико-математических наук». Орел, 2006. Т. 3. С. 314–317.
6. Князев Б. А., Котельников И. А. и др. Торможение магнитного диполя, движущегося с произвольной скоростью в проводящей трубе // Успехи физических наук. 2006. С. 965–974.



7. Кителъ Ч. Введение в физику твердого тела. М., 1978.

8. Пец А. В. Проектирование электронных учебных пособий нового поколения // XIV междунар. конф. «Современное образование: содержание, технологии, качество». СПб., 2008. Т. 1. С. 139 – 141.

Об авторе

А. В. Пец — канд. физ.-мат. наук, доц., РГУ им. И. Канта,
Pets@albertina.ru

Author

A. Pets — Dr., Associate Professor, IKSUR, Pets@albertina.ru