

ISSN 1818-8575

ВЕСТНИ БДПУ

Серия 3



- * ФІЗІКА
- * МАТЭМАТЫКА
- * ІНФАРМАТЫКА
- * БІЯЛОГІЯ
- * ГЕАГРАФІЯ

1

2006

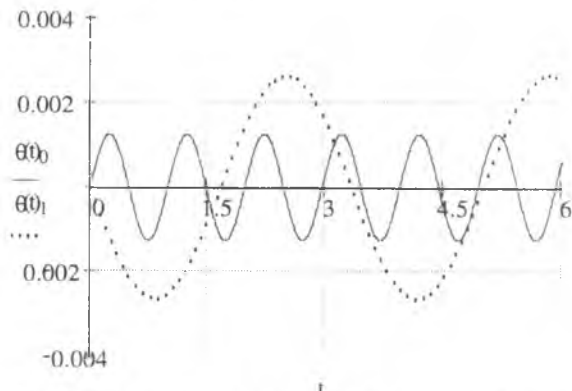
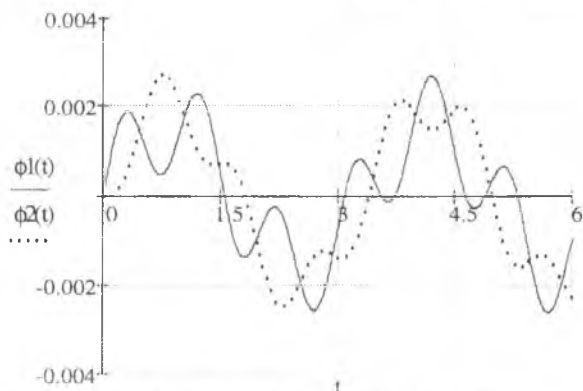


Рис. 2. График зависимости обобщенных координат от времени

Рис. 3. График зависимости нормальных координат от времени

$$C1 \cdot \sqrt{V_0} \cdot (U^{<0>})_0 \cdot \sqrt{1-a^2} + C2 \cdot \sqrt{V_1} \cdot (U^{<1>})_0 \cdot \sqrt{1-b^2} = 0.01$$

$$C1 \cdot \sqrt{V_0} \cdot (U^{<0>})_1 \cdot \sqrt{1-a^2} + C2 \cdot \sqrt{V_1} \cdot (U^{<1>})_1 \cdot \sqrt{1-b^2} = 0$$

C:=Find(C1,C2,a,b)

Имеем: C1:=C₀ C2:=C₁ a1:=a·sin(C₂)

alpha2:=a·sin(C₃).

Теперь искомые уравнения движения можно рассматривать как функцию одной переменной – времени:

$$\phi_1(t) := C1 \cdot (U^{<0>})_0 \cdot \sin(\sqrt{V_0} \cdot t + \alpha_1) +$$

$$+ C2 \cdot (U^{<1>})_0 \cdot \sin(\sqrt{V_1} \cdot t + \alpha_2)$$

$$\phi_2(t) := C1 \cdot (U^{<0>})_1 \cdot \sin(\sqrt{V_0} \cdot t + \alpha_1) +$$

$$+ C2 \cdot (U^{<1>})_1 \cdot \sin(\sqrt{V_1} \cdot t + \alpha_2).$$

Нормальные координаты найдем из уравнения (6). Для этого используем функцию MathCAD для решения системы линейных алгебраических уравнений Isolve(M,N):

$$\theta(t) := \text{Isolve} \left[U, \begin{pmatrix} \phi_1(t) \\ \phi_2(t) \end{pmatrix} \right].$$

Элементы полученного вектора $\theta(t)$ дают зависимость каждого нормального колебания от времени.

В заключение построим соответствующие графики. На рис. 2 изображены графики для обобщенных координат. Для нормальных координат графики представляют собой чистые синусоиды (рис. 3).

t:=0,0.01..6

Идеология «живого документа» [1], представляемая MathCAD, позволяет исследовать решение задачи, изменяя начальные условия и физические параметры системы. Не составит также большой проблемы переход к расчету систем с большим числом степеней свободы (молекулярные системы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Очков В. Ф. MathCAD 8 Pro для студентов и инженеров. М., 1998.
2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика. М., 1973.
3. Мигулин В. В. [и др.]. Основы теории колебаний М., 1988.

SUMMARY

The application of mathematical package MathCAD in research of small motions of systems with many degrees of freedom is considered. As an example normal modes of a double flat mathematical pendulum are calculated. Calculation of normal frequencies is lead and corresponding curves are represented.

УДК 537

П. В. Жуковский, Ч. Карват, Ч. Козак, Я. Партыка, И. С. Ташлыков, В. И. Януть

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ФИЗИКИ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ «ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ» СТУДЕНТАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА» ЛЮБЛИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Введение. Подготовка специалистов для системы народного образования Республики Беларусь в условиях нарастающего потока информации требует непрерывного совершен-

ствования содержания учебных дисциплин. Она проводится через отбор материала для разных уровней обучения, включения его в учебные рабочие программы для достижения наиболее осознанного усвоения студентами

научно-предметных знаний и реализации в определенной степени принципа гуманизации образования через специальный предмет [1].

В условиях стандартизации образования процесс совершенствования его содержания может быть реализован в наибольшей степени через мобильную составляющую учебного плана, основу которой составляют курсы совета вуза, факультативные дисциплины и дисциплины по выбору. На физическом факультете БГПУ разработана, внедрена в учебный процесс и непрерывно совершенствуется система практической реализации этой составляющей [2]. Постоянно совершенствуется также содержательная сторона специальных дисциплин на основе исследований, проводимых на кафедре общей физики под руководством профессора В. А. Бондаря и направленных на выявление дидактических принципов отбора научного содержания учебных задач по физике. Исследования показывают эффективность структуры образования, основанной на взаимосвязи фундаментальной, общенаучной и общепрофессиональной подготовки и направленной на формирование базы углубленных знаний по специальности [3].

Направленность исследований по фундаментальной и прикладной физике в Республике Беларусь на поиск новых материалов для современной и перспективной твердотельной электроники [4–5] свидетельствует о целесообразности и своевременности специального курса «Физические основы твердотельной электроники», читаемого для студентов III курса физического факультета БГПУ профессором Люблинского технического университета (Польша) П. В. Жуковским. Очевидна также необходимость постановки ряда лабораторных работ по данной тематике в физическом практикуме кафедры общей физики, что требует отбора физического содержания его работ, подбора соответствующих приборов и оборудования, методического и компьютерно-ориентированного их программного обеспечения. Опыт реализации лабораторного практикума «Электротехнические материалы», накопленный в Люблинском техническом университете, и методика изучения курса общей физики на физическом факультете БГПУ представляют взаимный интерес и основу для сотрудничества.

История предмета «Электротехнические материалы». До 1996 г. на электротехнических специальностях ряда технических вузов Польши вопросы материаловедения изучались в рамках предмета «Электротехнические материалы и техника высоких напряжений». В 1996 г. в Люблинском техническом университете предмет разделили на два –

«Электротехнические материалы» и «Техника высоких напряжений». Первоначально планировалось 2 часа лекций и 1 час практических занятий в неделю. На электротехническом факультете Люблинского технического университета разработка программы нового предмета и чтение лекций поручены профессору П. Жуковскому. Анализ результатов двух лет преподавания предмета показал целесообразность введения лабораторных работ вместо практических занятий. Начиная с 1997 г., в рамках предмета студенты выполняли 6 лабораторных работ, разработанных преподавателями и сотрудниками кафедры электротехнических устройств и техники высоких напряжений.

В 2000 г. произошло изменение учебных планов и количество часов, предназначенных на выполнение лабораторных работ, увеличено до 2 в неделю, а число работ – до 12. Студенты заочного отделения выполняют 5 лабораторных работ.

Структура и постановка лабораторного практикума. Лабораторные работы, выполняемые в рамках практикума, можно поделить на две группы.

К *первой группе* относятся лабораторные работы, посвященные исследованиям физических свойств материалов:

- исследование температурной зависимости удельного сопротивления металлов;
- определение ширины запрещенной зоны основных полупроводниковых материалов (Si, Ge, GaAs);
- определение поверхностного и объемного сопротивления, диэлектрической проницаемости и тангенса угла потерь изоляционных материалов;
- определение зависимости пробивного напряжения воздуха от давления и степени неоднородности электрического поля;
- сравнение величин пробивных напряжений воздуха и трансформаторного масла;
- изучение петли гистерезиса трансформаторной стали, пермалоя и феррита.

К *второй группе* относятся лабораторные работы, в которых представлены типичные примеры использования материалов в электротехнических устройствах:

- исследование свойств *p-n* переходов;
- исследование варисторных элементов, изготовленных на основе ZnO и SiC, предназначенных для защиты линий среднего напряжения;
- исследование вольт-емкостных зависимостей варикапов;
- исследование полупроводниковых элементов защиты сетей с напряжением до 400 В;

- полупроводниковые элементы защиты линий трансмиссии данных;
- исследование вольт-фарадных и нагрузочных характеристик полупроводниковых преобразователей солнечной энергии.

Постановка лабораторных работ практикума «Электротехнические материалы» осуществлялась в несколько этапов. На первом этапе было создано 6 экспериментальных установок и разработаны инструкции к ним. Во втором этапе разработано 6 очередных установок и инструкций. На третьем этапе, который еще не закончен, осуществляется компьютеризация лабораторных работ, в результате которой создаются интерактивные системы контроля знаний студентов при их допуске к выполнению работы и при зачете. Разрабатываются программы обработки результатов экспериментов, позволяющие проводить экстраполяцию методом наименьших квадратов и определять на ее основе требуемые величины, например из температурной зависимости удельного сопротивления металлов – температурный коэффициент удельного сопротивления, из температурной зависимости проводимости полупроводников – ширину запрещенной зоны и т. п.

Планируемый в настоящее время четвертый этап модернизации практикума позволит полностью отказаться от приготовления отчетов о выполнении лабораторных работ в традиционном виде – на бумаге. Предполагается, что все отчеты будут выполняться в электронной версии.

Третий и четвертый этапы работ над лабораторным практикумом проводятся в сотрудничестве с преподавателями физического факультета БДПУ. По окончании работ планируется подготовка и издание совместного учебного пособия, в котором найдут отражение как физическая сторона изучаемых явлений, так и вопросы их применения в электротехнике.

В подготовке лабораторных работ и их компьютеризации активно участвуют студенты-дипломники, проходящие специализацию на кафедре электротехнических устройств и ТВН. Создание новой лабораторной работы требует разработки конструкции, изготовления измерительного стенда, подбора и подготовки теоретических материалов и оформления инструкции. Поэтому для ее исполнения практикуется создание группы из 2–3 студентов-дипломников во главе с научным руководителем из числа кандидатов и докторов наук – сотрудников кафедры. Эта группа полностью реализует задание, то есть создает установку, подготавливает инструкцию к лабораторной работе, проводит измерения, оформляет контрольные протоколы измерений и расширенный

отчет, содержащий результаты измерений, их аналитическую и графическую обработку, а также разрабатывает контрольные вопросы, на которые должен ответить любой студент потока при допуске к работе и на зачете.

Подобным образом проводятся работы, связанные с компьютеризацией лабораторного практикума. При этом особое внимание обращается на универсальность разработанных программ с тем, чтобы их обслуживание при выполнении различных работ было одинаковым.

При разработке конструкции измерительных установок большое внимание уделяется их надежности, устойчивости к разного рода воздействиям со стороны студентов, а также простоте обслуживания. Это связано с большим числом студентов, выполняющих лабораторные работы. В течение учебного года через лабораторию по предмету «Электротехнические материалы» проходит около 200 студентов дневного отделения и 100 – заочного. Большая загрузка лаборатории в течение учебного года определяет также повышенные требования к надежности используемых измерительных приборов. В большинстве случаев в работах использованы современные цифровые измерительные приборы – мосты переменного тока, мультиметры, измерители температуры, вольтметры, амперметры и др. Конструкция измерительных установок соответствует требованиям электробезопасности.

Цели и задачи лабораторного практикума. Лабораторный практикум предмета «Электротехнические материалы» позволяет студентам изучать свойства основных групп материалов, применяемых в электротехнической промышленности:

1. Проводниковые материалы.
2. Изоляционные материалы.
3. Полупроводники.
4. Ферромагнетики.

Для глубокого понимания процессов, лежащих в основе использования этих материалов в электротехнике, студенты во время выполнения лабораторных работ изучают основы квантовой механики твердого тела, зонную структуру металлов, полупроводников и диэлектриков, кинетические явления, неравновесные процессы, а также механизмы поляризации и диэлектрических потерь, основы ферромагнетизма.

Использование диэлектрических материалов связано, прежде всего, с их устойчивостью к пробоям. В связи с этим необходимы знания, касающиеся механизмов пробоя в газообразных, жидких и твердых диэлектриках, а также требований, предъявляемых к физическим свойствам этих материалов.

В настоящее время широкое применение в электротехнике находят полупроводниковые устройства. Для понимания принципов их функционирования требуются глубокие знания не только свойств полупроводниковых материалов, но и физических процессов, происходящих в основных полупроводниковых элементах, таких как *p-n* переход и др.

В электротехнических устройствах, таких как трансформаторы, генераторы, электродвигатели и др., широко используются ферромагнитные материалы. Качество и коэффициент полезного действия этих устройств во многом определяются физическими характеристиками ферромагнитных материалов, такими как начальная магнитная проницаемость, коэрцитивная сила, максимальная намагниченность, удельное сопротивление материалов и др. От этих параметров во многом зависят и потери энергии в сердечниках.

Таким образом, основная цель лабораторного практикума предмета «Электротехнические материалы» – изучение студентами физических явлений, лежащих в основе использования данных материалов в электротехнике, ознакомление с типичными примерами их использования, а также получение знаний о процессах, приводящих к деградации свойств материалов и изделий.

Заключение. В течение последней декады на кафедре электротехнических устройств и техники высокого напряжения электротехнического факультета Люблинского технического университета впервые в вузах Польши разработан комплекс из 12-ти лабораторных работ по предмету «Электротехнические материалы». При выполнении лабораторных работ комплекса студенты изучают основы физических явлений, происходящих в газах, жидкостях и твердых телах, лежащих в основе использования этих материалов в электротехнике. В лабораторном практикуме особое внимание уделено практическому использованию материалов в элементах электротехнических изделий. В настоящее время проводится компьютеризация лабораторных работ, направленная на создание интерактивных инструкций, позволяющих контролировать знания студентов, восполнять пробелы в них, обрабатывать полученные результаты с использованием элементов прикладной математики, а на заключительном этапе полностью отказаться от протоколов на бумаге и проводить документацию учебного процесса в электронном виде.

В разработке лабораторного практикума активно участвуют студенты-дипломники, специализирующиеся на кафедре электротехнических устройств и техники высоких напряже-

ний, которые в своих дипломных работах разработали и создали, под руководством преподавателей кафедры, измерительные стенды и инструкции ряда работ, а в настоящее время проводят компьютеризацию лабораторного практикума. Опыт, накопленный при разработке лабораторного практикума «Электротехнические материалы», будет использован при модернизации и компьютеризации лабораторных практикумов для предметов «Техника высоких напряжений» и «Электротехнические устройства», проводимых на кафедре, а также полезен для кафедр соответствующих направлений вузов Польши и Беларуси. Как результат работы – это предполагаемое издание учебного пособия совместно с преподавателями БГПУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яковенко В. А., Януть В. И. О некоторых аспектах гуманизации физического образования // Теория и практика стандартизации образования : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 18–19 янв. 2001 г. В 2 ч. Мн., 2001. Ч. 2. С. 119–121
2. Яковенко В. А., Януть В. И. Содержание физического образования как фактор его гуманизации // Методология, теория и практика естественно-математического и педагогического образования : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 14–16 мая 2002 г. В 2 ч. / под общ. ред. А. Н. Сендер. Брест, 2002. Ч. 1. С. 320–323.
3. Бондарь В. А. Дидактические принципы отбора научного содержания для учебных задач (на примере курса физики) // Отчет о НИР. № 19993567.
4. Витязь П. А. Наноматериалы, нанотехнологии и перспективы их использования // Актуальные проблемы физики твердого тела : Междунар. науч. конф., Минск, 26–28 окт. 2005 г. Мн., 2005. С. 5–10.
5. IV International Conferense New electrical and electronic technolodies and their industrial implementation. Zakopane, 2005. 21–24.

SUMMARY

Study of elements of physics in the laboratory practice work "Electrotechnical materials" for the students of speciality "electrotechnics" at the Technical University of Lublin.

Technological interrelation between the components in the course of general physics at practical and theoretical training of specialists for electrotechnical industry is considered. The structure of laboratory practical work complex "Electrotechnical Materials" and methods of its realization are suggested.