

Ю.А. Кузнецова, Ю.М. Смирнов, В.Б. Ясинский
Карагандинский государственный технический университет,
Караганда, Республика Казахстан

ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛАБОРАТОРНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ФИЗПРАКТИКУМА БАКАЛАВРОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Описан опыт создания и эксплуатации комплекса лабораторного оборудования для физического практикума, разработанного с целью использования его при подготовке бакалавров техники и технологии. Показано, что в условиях значительного сокращения учебного времени, отводимого по программе бакалавриата на изучение общей физики, нужны новые подходы к успешной реализации самого процесса обучения студентов основам физического мышления. Для этого были сформулированы требования и разработан принципиально новый комплекс учебного лабораторного оборудования, в котором акцент сделан не на методику проведения экспериментов, а на анализ полученных результатов.

Время выполнения любой лабораторной работы сведено к минимуму, а студент может визуально контролировать процесс её выполнения. Установки компактны, мобильны, не требуют специально подготовленного помещения и обладают повышенной вандалозащищённостью. Успешный опыт десятилетней эксплуатации показал правильность принятых решений.

Ключевые слова: общая физика, бакалавриат, физический практикум, создание лабораторного оборудования, опыт эксплуатации.

Трудность обучения физике инженеров заключается в том, что нужно научить физике тех, кто пока считает, что физика ему в общем-то и не нужна. Так было на протяжении многих десятилетий. Но будет ли так теперь? Попробуем разобраться...

Несмотря на то, что термин «инженер» стал исчезать из лексикона вузов и заменяться малопонятным названием «бакалавр техники и технологии», физика в системе подготовки кадров для промышленности всё же продолжает играть основополагающую роль. Тем не менее при переходе к подготовке бакалавров технических специальностей нам пришлось столкнуться с резким сокращением числа часов, отводимых на изучение общей физики. Это привело к тому, что становилось невозможным или очень затруднительным использование уже сложившихся за многие годы подходов к проведению лабораторного физического практикума. Уже нет возможности проведения лабораторных занятий таким образом, чтобы студент в ходе выполнения работы активно участвовал в процессе настройки или монтажа лабораторной установки. Кроме сокращения доли аудиторных занятий и переноса значительной части материала на самостоятельную работу, на передний план вышел и более низкий, чем раньше, уровень довузовской подготовки.

Устранить отмеченные выше противоречия, на наш взгляд, возможно при внедрении инновационных технологий, а именно модульного обучения [1]. При этом модуль понимается как целостный набор подлежащих освоению умений, знаний, отношений и опыта, отвечающий требованиям государственной образовательной программы. Очевидно, что для эффективной реализации этой технологии необходим иной подход к учебно-методическому обеспечению. При изучении дисциплины «Физика» в бакалавриате техники и технологий это, в первую очередь, использование лабораторных установок и стендов нового поколения.

Все перечисленные причины побудили нас сформулировать новые требования, которым должны удовлетворять лабораторные установки для общего физпрактикума в технологии подготовки бакалавров:

- во-первых, наглядно демонстрируя изучаемые физические явления, установки должны позволять провести весь цикл измерений за минимально возможное время;
- во-вторых, установки должны конструироваться так, чтобы в процессе выполнения лабораторной работы не надо было проводить никаких перенастроек или дополнительных настроек, для чего все сменные элементы нужно встраивать непосредственно в аппаратный комплекс;

- в-третьих, работа с установкой не должна сводиться к слепому нажиманию кнопок, а побуждать студентов к осмысленным действиям в процессе выполнения измерений и анализа полученных экспериментальных данных;

- в-четвёртых, лабораторные установки должны иметь повышенную «вандалозащищённость» – увы, но это современные реалии.

В сложившейся ситуации акцент приходится делать не на технику проведения измерений в лабораторном практикуме, а на анализ полученных экспериментальных результатов и чёткое понимание студентом производимых им действий для их получения. Поэтому и методическое обеспечение для лабораторных работ разрабатывать следует иначе.

По программе подготовки бакалавров большая доля времени отводится на самостоятельную работу студентов. Вроде бы это вполне разумно – побуждать у студентов необходимость работы с учебником. Однако в сложившихся условиях при дефиците хороших (да и просто любых!) учебников имеет смысл практически весь необходимый материал иметь непосредственно в методичках. То есть методическое пособие должно включать в себя максимально полный (в чём-то и избыточный) теоретический материал по данной лабораторной работе.

Нужно учитывать и тягу современной молодёжи к компьютерной технике, для чего теоретический материал целесообразно оформлять в виде электронных, желательнее мультимедийных учебников.

Что же касается техники и методик проведения экспериментов, то эти вопросы надо рассматривать отдельно на спецкурсах по конкретным дисциплинам. Задача общей физики не в этом. Она призвана способствовать формированию научного мировоззрения и адекватного понимания физической картины мира в самом прямом смысле этих понятий.

На основе опыта работы в новых условиях на кафедре физики Карагандинского политехнического института (государственного технического университета) в 2004–2005 гг. был разработан и создан комплекс учебного лабораторного оборудования нового поколения, частично описанный в работе [2]. Он предназначен специально для бакалавриата и полностью удовлетворяет сформулированным выше и на первый взгляд противоречивым требованиям:

1. Конструктивные особенности управляющих и регистрирующих элементов лабораторного комплекса позволяют выполнять все необходимые действия, не открывая защитного корпуса установок.

2. Сменные элементы (за редким исключением) встроены непосредственно в сами установки.

3. Эксплуатационные характеристики лабораторных установок не требуют специальной подготовки помещения: наличия проточной воды, затемнения и т.д.

4. Установки обладают повышенной защищённостью от неквалифицированного обращения и имеют «вандалоустойчивое» исполнение.

5. Время, необходимое для проведения полного цикла измерений на любой установке, лежит в пределах от 10 до 20 минут.

6. В процессе измерений студент может визуально контролировать свои действия и получаемый результат.

7. Каждая установка комплектуется развернутым методическим обеспечением, выполненным в соответствии с вышеизложенными требованиями.

Десять лет эксплуатации лабораторного комплекса не только доказали его эффективность, но и продемонстрировали правильность принятых подходов к решению поставленной задачи.

Система высшего технического образования в Казахстане развивается, ориентируясь на потребности производства. За прошедшие годы типовые программы менялись очень часто. Это требовало открытия новых направлений подготовки, специальностей и траекторий. В связи с этим мы постарались подобрать такой комплект установок, который, охватывая основные положения изучаемого курса, всё же максимально соответствовал современному состоянию развития техники.

Были выбраны следующие лабораторные работы, из которых можно было составить необходимый для конкретной специальности комплект:

1. Определение коэффициента динамической вязкости жидкости методом Стокса.

2. Определение вязкости и средней длины свободного пробега молекул воздуха.

3. Определение удельной теплоты кристаллизации и изменения энтропии при охлаждении расплава олова.

4. Определение отношения теплоёмкостей воздуха при постоянном давлении и постоянном объёме методом Клемана – Дезорма.

5. Определение показателя адиабаты по изменению скорости звука в воздухе фазометрическим методом.

6. Изучение явления гистерезиса в сегнетоэлектрике.

7. Изучение явления магнитного гистерезиса.

8. Исследование температурной зависимости сопротивления металлов и полупроводников.

9. Изучение колебательного контура, резонанс.

10. Измерение фокусных расстояний линз.

11. Определение показателя преломления по углу минимального отклонения света в призме.

12. Изучение дифракции света.

13. Изучение законов интерференции.

14. Изучение поляризации света. Законы Брюстера и Малюса.

15. Определение постоянной Планка с помощью внешнего фотоэффекта.

16. Изучение внутреннего фотоэффекта.

За классическими названиями лабораторных работ зачастую скрывается новое содержание, позволяющее более эффективно доносить до студентов не только суть, но и практическое применение рассматриваемых физических явлений:

а) методическое обеспечение к работе «Изучение дифракции света» позволяет студентам разобраться в функционировании спутниковых приёмных TV-антенн и антенн локаторов; кроме того, работа дополнена упражнениями, с помощью которых по результатам оптических измерений можно определить информационную ёмкость оптического диска (CD), а по срыву/появлению генерации п/п лазера – постоянную Планка;

б) установка «Изучение интерференции света» построена по схеме Жамена, аналогичной шахтным интерферометрам, использующимся для определения концентрации метана;

в) при выполнении работы «Измерение фокусных расстояний линз» наглядно демонстрируются дисторсия, хроматические aberrации, глубина резкости и сферическая aberrация собирающей линзы;

г) в работе «Определение постоянной Планка с помощью внешнего фотоэффекта» на практике с помощью цветных светодиодов демонстрируются законы смешения аддитивных цветов по схеме RGB;

д) при выполнении работы «Исследование температурной зависимости сопротивления металлов

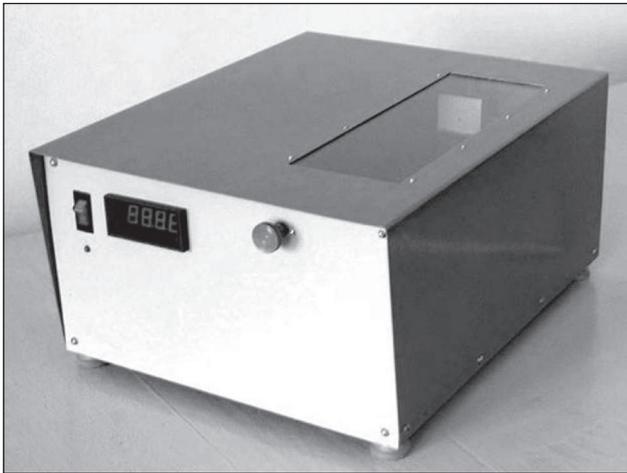
и полупроводников» можно задавать различные режимы нагрева, что позволяет использовать её и в качестве УИРС, а по полученным значениям ТКС и ширины запрещённой зоны идентифицировать измеряемые металл и полупроводник.

Отличительной особенностью всех разработанных и изготовленных установок, как показал опыт эксплуатации, стала их вандалоустойчивость, а для некоторых – и удачно выбранное конструктивное решение. Так, работы № 3, 6–8, 10–13 за всё время эксплуатации ни разу не потребовали ни ремонта, ни наладки. Работы № 1, 2, 4, 9 и 14 не смогли выдержать интенсивной эксплуатации – они или частично лишились сервисного оснащения, или в них выявились конструктивные просчёты. Установки для лабораторных работ № 5, 15 и 16 периодически требовали наладки или замены комплектующих. Тем не менее к настоящему времени из перечисленных шестнадцати в нерабочем состоянии находятся только три лабораторные установки (№ 2, 4 и 9), а две (№ 1, 14) – работают по упрощённой схеме. Таким образом, более 80 % созданных лабораторных установок выдержали проверку временем и позволили кафедре решить проблему аппаратного сопровождения лабораторного практикума.

Следует отметить, что для ряда ставших уже классическими лабораторных работ были использованы новые конструктивные и методические инновационные решения. Это позволило, в частности, все работы по оптике выполнять без необходимости затемнения помещения. Причём в процессе выполнения работы студент имеет возможность визуально контролировать свои действия (рис. 1, 2).

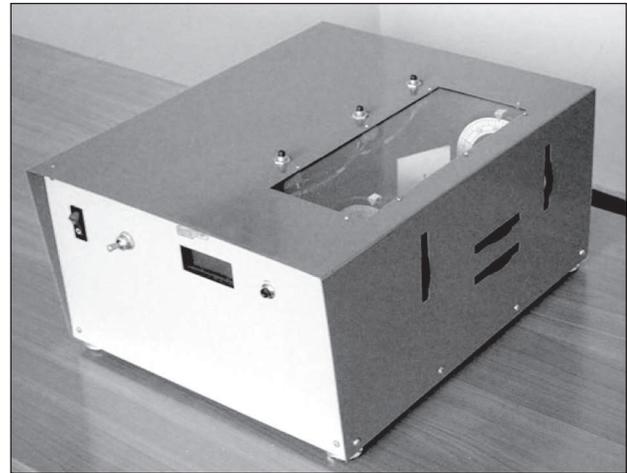
Удачная аппаратная реализация привела к тому, что и после 10 лет интенсивной эксплуатации разработанных установок на них, например, получаются классические кривые как температурной зависимости сопротивления полупроводника и металла с хорошей повторяемостью результатов (рис. 3), так и остывания расплава олова (рис. 4).

Причём в установке для работы «Определение удельной теплоты кристаллизации и изменения энтропии при охлаждении расплава олова», в отличие от существующих аналогов, нет никаких подвижных механических узлов. Это know-how и обусловило её надёжную работу в течение всего срока эксплуатации.



(480x350x200 мм)

Рис. 1. Изучение интерференции света. Проверка закона сохранения энергии при интерференции с помощью интерферометра Жамена

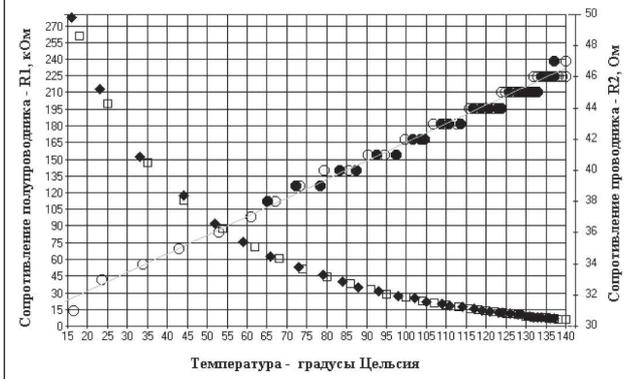


(480x350x200 мм)

Рис. 2. Изучение поляризованного света. Измерение угла Брюстера при отражении света от стеклянной пластинки, нахождение направлений пропускания поляридов и проверка закона Малюса



Температурная зависимость сопротивления: (◆□) полупроводник R1, (○●) проводник R2

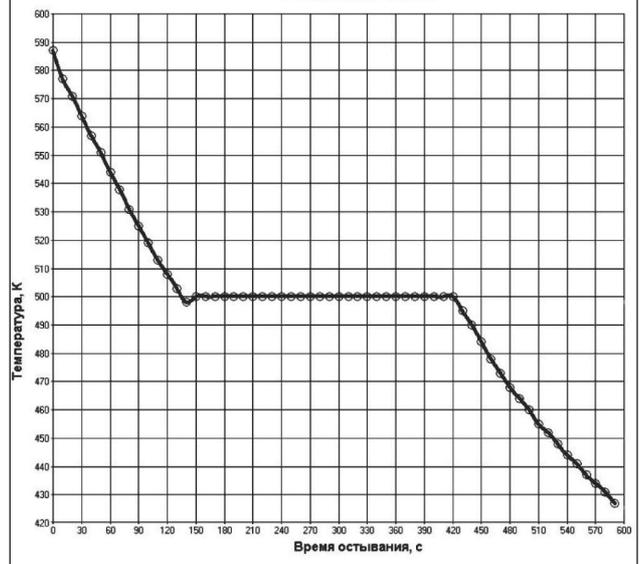


(385x300x170 мм)

Рис. 3. Исследование температурной зависимости сопротивления металлов и полупроводников



Остывание олова



(385x300x170 мм)

Рис. 4. Определение удельной теплоты кристаллизации и изменения энтропии при охлаждении расплава олова

Конструктивное исполнение и компактные размеры установок лабораторного комплекса делают их мобильными, что позволяет использовать их практически в любых условиях без специального оборудования помещения.

Таким образом, описанный аппаратный комплекс сопровождения лабораторного практикума позволяет значительно повысить эффективность проведения занятий в условиях дефицита времени бакалавриата. Его использование дает возможность значительно повысить профессиональную компетенцию выпускников, ускорить их адаптацию к технологическим процессам промышленных предприятий и наглядно показать влияние физических законов на современный уровень развития техники и технологии.

Очевидно, что при дальнейшем совершенствовании учебного процесса в бакалавриате техники и технологии появятся новые потребности, специальности и траектории. Будут сформулированы и новые требования к физическому практикуму. Однако мы надеемся, что описанные в статье принципы создания и совершенствования лабораторных установок будут востребованы и в этих случаях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гнитецкая Т.Н., Иванова Е.Б., Плотников В.С. Определение понятия учебного модуля и основы формирования его содержания на примере курса общей физики // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). – 2012. – № 12 (20). – URL: <http://sisn.nkras.ru/e-ru/issues/2012/12/gnitskaya.pdf> (дата обращения: 07.05.2015).

2. Ясинский В.Б., Кузнецова Ю.А. Новые подходы к организации физпрактикума в условиях кредитной технологии обучения студентов технических специальностей // Вестник Карагандинского университета. Сер. Педагогика. – 2009. – № 3 (55). – С. 110–114.

Kuznetsova Yu.A., Smirnov Yu.M., Yassinskiy V.B.
Karaganda State Technical University,
Karaganda, Republic of Kazakhstan

THE EXPERIENCE OF ESTABLISHMENT AND OPERATION OF LABORATORY EQUIPMENT FOR PRACTICAL PHYSICS BACHELORS OF TECHNICAL SPECIALTIES

Keywords: general physics, undergraduate programme, physics workshop, laboratory equipment, field experience.

The article describes the experience of creation and operation of complex laboratory equipment for physical workshop designed for bachelors of engi-

neering and technology. It is shown that under the conditions of a significant reduction in training time available in an undergraduate program in the study of general physics, we need new approaches to the successful implementation of the process of teaching the fundamentals of physical thinking to students. For this purpose the requirements were formulated and an essentially new set of educational laboratory equipment was developed, in which the emphasis has done not to how to conduct experiments, but to the analyses of the results. Firstly, for successful demonstration of physical phenomena under study the installations are to make it possible to carry out the whole cycle of measurement within a short possible period. Secondly, the installations must be designed so that the process of the laboratory work had no need any readjustments or additional settings, and all removable elements were embedded directly into the hardware system.

Thirdly, work with the installation should not be reduced to a blind pressing the buttons but encourage students to meaningful actions in the process of measurement performing and analysis of the experimental data obtained. Fourthly, the laboratory devises should have increased protection against vandalism – alas, but it is modern reality.

It's no secret that students are treated with a certain degree of skepticism to workshops, primarily due to outdated equipment; sometimes it is much older than the students themselves.

However, the fundamentals knowledge on physics is not getting old yet. Laboratory devices made in the above style described, can help to improve the students' understanding the material. Dynamic and rich with information workshop rarely gets bored, and gives the students an extra incentive to study physics, clearly showing the relationship between the different sections of the course of physics and the state of typical modern technology. A constructive performance and compact sizes of the installations of a laboratory complex make them mobile, that makes it possible to use them in any conditions without a specially equipped room.

Thus, this hardware system maintenance described makes it possible to improve significantly the effectiveness of workshops within a short period of baccalaureate. Its use gives an opportunity to increase considerably the professional competence of graduates, to accelerate their adaptation to technological processes of industrial enterprises and

show obviously the influence of the physical laws on modern level of technology development. The time for performing any laboratory work is getting minimized, and the students can visually operate the process of its implementation. Successful experience of ten-year operation showed the correctness of the decisions made.

REFERENCES

1. *Gniteckaja T.N., Ivanova E.B., Plotnikov V.C.* Opredelenie ponjatija uchebnogo modulja i os-novy formirovanija ego sodержanija na primere kursa obshhej fiziki // *Sovremennye issledovaniya social'nyh problem (jelektronnyj nauchnyj zhurnal)*. – 2012. – № 12 (20). – URL: <http://sisp.nkras.ru/e-ru/issues/2012/12/gnitetskaya.pdf> (data obrashhenija: 07.05.2015).

2. *Jasinskij V.B., Kuznecova Ju.A.* Novye podhody k organizacii fizpraktikuma v uslovijah kreditnoj tehnologii obuchenija studentov tehničeskikh special'nostej // *Vestnik Karagandin-skogo universiteta. Ser. Pedagogika*. – 2009. – № 3 (55). – S. 110–114.