

УДК 537.31:37.091.313

**ОСОБЕННОСТИ ПОСТАНОВКИ
ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ
ПО ИЗУЧЕНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ ПРОВОДНИКОВЫХ
И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ
МАТЕРИАЛОВ НА БАЗЕ
УНИВЕРСАЛЬНОГО
ЭЛЕКТРОМОНТАЖНОГО
КОМПЛЕКСА****С. М. Барайшук,***кандидат физико-математических наук,
доцент, заведующий кафедрой практи-
ческой подготовки студентов БГАТУ;***Т. М. Ткаченко,***кандидат физико-математических наук,
доцент, доцент кафедры практической
подготовки студентов БГАТУ;***А. П. Михальцов,***директор, кандидат технических наук,
«НТП «Центр»;***М. В. Янко,***ассистент кафедры практической
подготовки студентов БГАТУ*

Поступила в редакцию 16.10.17.

UDC 537.31:37.091.313

**FEATURES OF ARRANGEMENT
OF LABORATORY WORK
ON STUDYING THE ELECTRICAL
QUALITIES OF CONDUCTOR
AND SEMICONDUCTOR
MATERIALS ON THE BASE
OF UNIVERSAL WIRING
COMPLEX****S. Baraishuk,***PhD of Physics and Mathematics,
Associate Professor, Head of the Department
of practical training of students, BSATU;***T. Tkachenko,***PhD of Physics and Mathematics,
Associate Professor, Associate
professor of the Department of Practical
Training of Students, BSATU;***A. Mikhaltsov,***Director, PhD
of Technical Sciences, «NTP «Centr»;***M. Yanko,***Assistant of the Department
of Practical Training of Students, BSATU*

Received on 16.10.17.

В настоящее время одним из направлений белорусского образования является так называемое импортозамещение лабораторной базы. Кроме того, в связи с ограничениями вновь вводимых образовательных стандартов возникает проблема дефицита времени на лабораторный практикум. Среди путей ее решения могут быть более тесная «связка» дисциплин, изучаемых в одном семестре с целью интенсификации учебного процесса, а также использование новых методических разработок. Описывается методика проведения лабораторной работы с использованием универсального электромонтажного комплекса. Это позволяет поставить работу на базе универсального оборудования отечественного производства, сохраняя при этом вариативность ее выполнения и возможность как модернизации так и расширения на весь цикл работ по дисциплине «Электротехнические и конструкционные материалы». Лабораторная работа интегрирована в другие дисциплины, изучаемые студентами энергетических специальностей. Задания для представленной работы могут варьироваться в зависимости от изучаемых элементов, разных для каждой установки: их можно формировать в виде имен и фамилий студентов.

Ключевые слова: технический вуз, лабораторное занятие, материаловедение, универсальный стенд, междисциплинарные связи, профессиональные компетенции, подготовка инженеров.

One of the main directions of the development of Belarusian education at present is the so-called import substitution of the laboratory base. In addition, due to the limitations of newly introduced educational standards, there is a problem of a time reduction for laboratory practice. One of the possibilities to solve this problem is a closer "bundle" of disciplines studied in one semester for the purpose to intensify the learning process, as well as the use of new methodological developments.

The described technique allows to carry out the laboratory work on the basis of universal equipment of domestic production while preserving the variability of its implementation and the possibility of both modernization and expansion for the entire cycle of works on the discipline "Electrical and structural materials" using

a universal wiring complex. The described laboratory work contains interdisciplinary connections with the disciplines studied by the students of the energy specialties. The tasks of the work can be varied by changing the set of the studied elements, different for each installation, they could be formed as the set of the names and surnames of students.

Keywords: technical university, laboratory practice, materials science, universal stand, interdisciplinary connections, professional competences, training of engineers.

Введение. Преподавание материаловедческих дисциплин в технических вузах зачастую вызывает существенные трудности в связи с тем, что обширный и сложный материал необходимо изучить в сравнительно короткое время. В данном контексте лабораторные занятия по дисциплине «Электротехнические и конструкционные материалы» в техническом вузе – это наиболее активный вид занятий при подготовке будущих энергетиков, но и наиболее трудоемкий как для студентов, так и для преподавателей. Эффективное проведение лабораторных занятий предполагает серьезную предварительную подготовку преподавателя [1–2], обязательную предварительную подготовку студентов, способность преподавателя поддерживать высокое умственное напряжение и активность студентов в течение всего занятия. Однако сложности проведения лабораторных работ с успехом компенсируются результатом – формированием у студентов способности самостоятельно и творчески мыслить [3].

При проведении лабораторных занятий по материаловедческим курсам в техническом вузе необходимо учитывать, что технический прогресс немалозначим без создания новых материалов, а база материалов в энергетике так же, как и в технике вообще, обновляется стремительно. Понятно, что изучить отдельно каждый материал из современного многообразия – задача не только нерешаемая, но и ненужная, так как к моменту выпуска студентов эта база может существенно измениться. Поэтому лабораторный курс по материалам предполагает изучение только общих закономерностей, которые позволяют объединять материалы по их фундаментальным свойствам в большие группы. Физика и некоторые разделы химии являются науками об общих закономерностях и свойствах материалов, что показывает значимость этих общих предметов для студентов-энергетиков, повышает интерес к их изучению. В целом проведение лабораторных занятий по материалам будет способствовать не только закреплению у студентов знаний, полученных на лекциях

по материаловедению, но также и знаний, полученных при изучении других, преподаваемых для студентов данной специальности, курсах – физики, химии, теоретических основ электротехники, теоретической механики, монтажа электрооборудования. То есть постановка проведения лабораторного практикума «Электротехнические и конструкционные материалы» должна быть в тесной «связке» дисциплин, что позволяет разрешать, среди прочих, проблему дефицита времени на каждый конкретный предмет. А эта проблема в настоящее время стоит особенно остро в связи с ограничениями, вводимыми новыми образовательными стандартами.

Стоит также отметить, что в настоящее время одним из трендов всей белорусской промышленности вообще и белорусского образования в частности является импортозамещение. Проводимые на кафедре практической подготовки студентов Белорусского государственного аграрного технического университета работы по модернизации лабораторной базы, одновременно с интенсификацией изучения дисциплины предмета «Электротехнические и конструкционные материалы», направлены на следование этим общереспубликанским тенденциям.

Методика постановки лабораторной работы. В разработанном на кафедре практической подготовки студентов БГАТУ электронном учебно-методическом комплексе по дисциплине «Электротехнические и конструкционные материалы» [4] одной из важнейших составляющих является лабораторный практикум по материаловедению с лабораторными заданиями и рекомендациями по их выполнению. Лабораторный практикум для студентов энергетических специальностей БГАТУ направлен на выработку навыков работы с лабораторным оборудованием и контрольно-измерительными приборами, формирование умений самостоятельно вести исследования, соблюдать требования безопасности, наблюдать, анализировать, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков, делать выводы.

Кроме того, в ходе выполнения лабораторных работ используется не только лабораторное оборудование, но и промышленные измерители и регуляторы, что работает на приобретение профессиональных компетенций.

Для студентов технических специальностей основной классификацией материалов является классификация по поведению материалов в электрическом поле. По такому принципу материалы делят на проводники, полупроводники и диэлектрики. Поэтому наиболее показательной можно считать работу, в которой студентам предоставлена возможность самостоятельно экспериментально проанализировать изменение важнейшего электротехнического параметра материала – электрического сопротивления – различных материалов (проводников и полупроводников), а также простейших готовых полупроводниковых устройств.

Для описанной проблемы были проанализированы известные ранее лабораторные работы [5–6] и на базе универсального электромонтажного комплекса НТЦ-08.47.1 «Электромонтажный комплекс» [7] (рисунок 1) была разработана лабораторная работа «Электрические свойства проводников и полупроводниковых приборов».



Рисунок 1 – Внешний вид базового стенда НТЦ-08.47.1 «Электромонтажный комплекс»

В лабораторной работе проводится одновременное исследование двух различных групп материалов – проводников и полупроводников, – что дает возможность значительно

сократить время на проведение эксперимента, так как процесс нагревания-охлаждения материалов в большом объеме масла – процесс «времязатратный». Нагревание необходимо проводить в большом объеме масла для обеспечения равномерности нагрева во всех точках исследуемого образца материала. Кроме того, оформление работ по исследованию температурных зависимостей сопротивлений проводников и полупроводников – типовое. Однако, в отличие от прототипа лабораторной работы [6], в нашем варианте возможно проведение одновременного исследования большого числа образцов, число вариантов для одного рабочего места превышает 30. На данный момент в работе исследуется 10 образцов одновременно: четыре различных металла (проводников) и шесть простейших полупроводниковых приборов. Для исследования мы используем нашедшие широкое применение в энергетике медь, алюминий, никром и константан [8]. В качестве полупроводниковых приборов установлены позисторы, термисторы и динисторы различных марок, каждый из которых имеет свою специфическую зависимость сопротивления от температуры. В частности, на рисунке 2 представлена температурная зависимость динистора SMDB3.

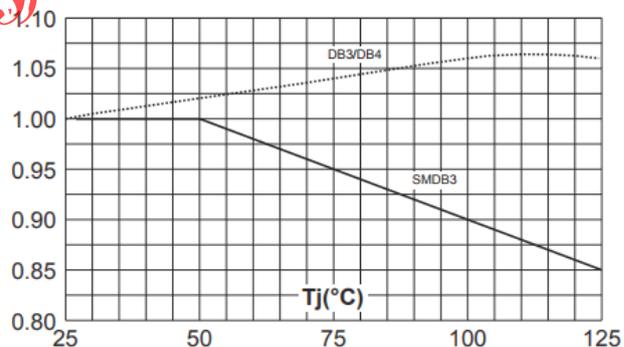


Рисунок 2 – Относительное падение электропроводности динистора SMDB3 производства STMicroelectronics (PФ)

В соответствии с техническим заданием встроенный электрический модуль стенда был модернизирован на производстве для постановки всего цикла лабораторных работ по дисциплине «Электротехнические и конструкционные материалы» (рисунок 3), в частности вместо вентиляционного канала установлен автотрансформатор, вместо аналоговых приборов – модульные вольтметр, амперметр и ваттметр, источник постоянного напряжения, диодный мост, многофунк-

циональные цифровые мультиметры Mastech MY64.

Схема установки приведена на рисунке 4. Исследуемые образцы (полупроводниковых приборов 1 и катушки тонких металлических проволок 2) помещены в термо-

стат 3, заполненный трансформаторным маслом 4. Трансформаторное масло нагревается с помощью электронагревателя 5, который питается от регулируемого источника переменного тока (автотрансформатора), что позволяет регулировать скорость нагрева.

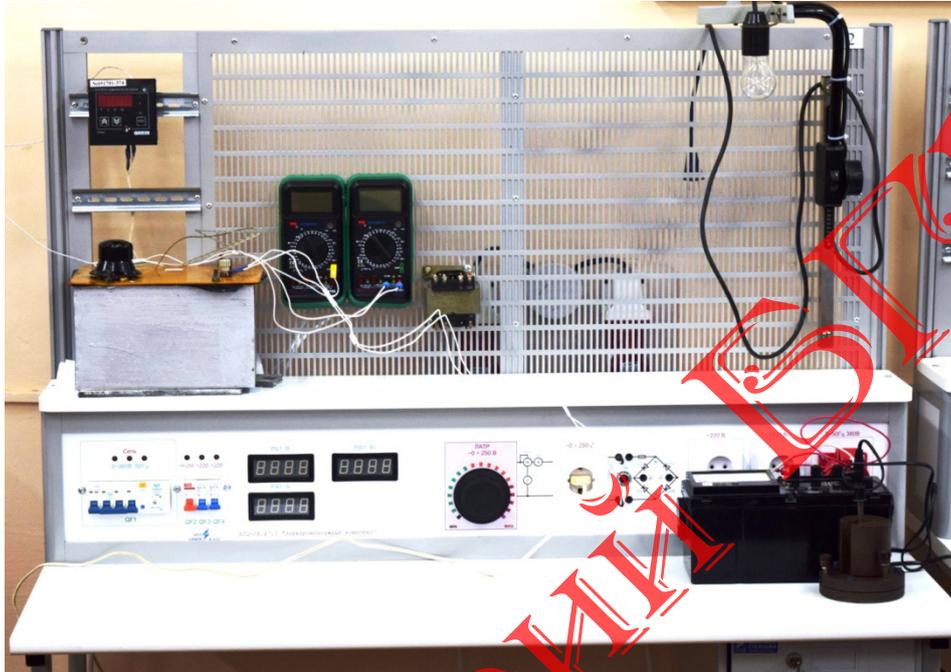


Рисунок 3 – Внешний вид доработанного лабораторного стенда с оснащением для проведения работы «Электрические свойства проводниковых и полупроводниковых материалов»

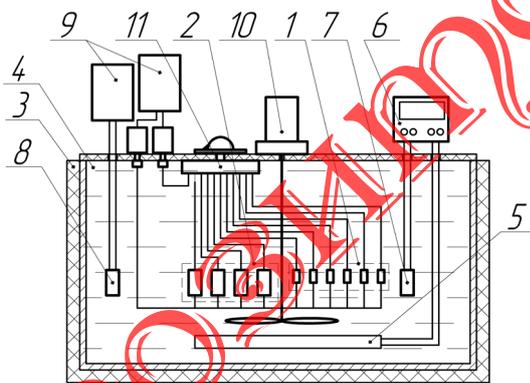


Рисунок 4 – Схема установки для изучения температурной зависимости сопротивления проводников и полупроводниковых приборов

Необходимая температура поддерживается с помощью терморегулятора 6 (2ТРМ1 Овен) с полупроводниковым датчиком 7 и измеряется термопарой 8, подключенной к мультиметру 9. Мешалка 10, приводимая в движение электромотором, перемешивает жидкость в термостате и обеспечивает равномерное нагревание образца. Сопротивление образцов измеряется с помощью циф-

рового мультиметра 9, поочередное подключение образцов к которому осуществляется посредством многопозиционного переключателя 11.

В процессе подготовки лабораторной установки к работе студенты выполняют монтаж на DIN рейку реле-регулятора температуры, подключают к нему полупроводниковый термодатчик. К выходу реле-регулятора студенты самостоятельно подключают нагревательный элемент через автотрансформатор и настраивают обратную связь для термостатирования образцов, что актуализирует знания и навыки, полученные при изучении предыдущих курсов по монтажу электрооборудования и средств автоматизации.

В работе проводится одновременное исследование проводников различных групп – с высокой проводимостью (медь, алюминий) и высоким удельным сопротивлением (нихром и константан), что позволяет студентам лучше понять существенные различия в возможностях практического применения проводников. Исследование не собственных, а легированных полупроводников в виде

простейших полупроводниковых устройств позволяет показать разнообразие возможностей легирования полупроводников, в результате которого свойства полупроводников меняются кардинально.

Кроме того, нагревание образцов в объеме трансформаторного масла показывает возможности масла как хорошего изоляционного материала, способного не только осуществлять функцию изоляции токоведущих частей, но и обеспечивать отличную теплопередачу. Таким образом исследуются не просто температурные зависимости удельных сопротивлений материалов, но и свойства полупроводниковых приборов и металлов при их использовании в специфической среде трансформаторного масла, что ориентировано непосредственно на дальнейшую профессиональную деятельность будущих инженеров-электриков, инженеров-энергетиков.

Разведение вариантов в рамках одного лабораторного стенда и одновременное выполнение работы несколькими студентами вполне годится для «ускоренного» учебного процесса на заочном отделении. Студенты заочного отделения могут быть объединены в подгруппы по 3–4 человека, при этом за счет вариативности каждый из них выполняет свой вариант, а наработка профессиональных компетенций в случае со студентами-заочниками, уже работающими по специальности, не является столь актуальной.

Наконец, такой подход упрощает преподавателю проверку знаний, умений и навыков студента. Причем увеличение количества вариантов лабораторной работы может привести к изменению шаблона и предотвращает необдуманное «списывание», так что студент, справившийся с индивидуальным заданием, может быть смело «номинирован» на высший балл. В то же время это не приводит к усложнению проверки преподавателем выполненных заданий.

Сокращение времени проведения лабораторной работы без ущерба практическому опыту студентов может быть достигнуто, если:

- одновременно на лабораторной установке выполнять весь цикл испытаний как для проводников, так и для полупроводников;
- обработку полученных данных проводить на компьютере.

Подобный подход, реализованный при преподавании электроматериаловедения, по

нашему мнению, обеспечивает наибольший эффект данного вида занятий, увеличивает объем исследований, при этом значительно сокращая время. Конечно, компьютерные заготовки к лабораторным работам, включенные в электронный учебно-методический комплекс, не заменяют реальный эксперимент, а дополняют его, позволяя провести самостоятельную подготовку студентов к работе, предварительно ознакомиться с изучаемыми материалами, приобрести навыки работы с действующими электроустановками, с лабораторным оборудованием, с измерительными приборами и облегчить обработку экспериментальных данных.

При разработке лабораторной работы уделено внимание обоснованию методики ее выполнения, учитывающей психологические особенности студентов. Необходимо помочь студенту освоить основополагающие понятия лабораторных работ, такие как «цель работы», «задачи эксперимента», и особенно – «выводы» из результатов проведенного испытания электроизоляционных материалов, рекомендации по их использованию. Для этого в методические указания, наряду с кратким содержанием лабораторной работы и указаний по их выполнению, рекомендаций по обработке данных и вычислении погрешностей, включены основные контрольные вопросы. Ответы на эти вопросы требуют от студентов проработки лекционного материала (теоретического раздела ЭУМК [4]). С целью развития у студентов навыков научно-исследовательской работы, творческого подхода к работе в методические указания включены дополнительные задания, которые предусматривают самостоятельное выполнение студентами отдельных элементов учебно-исследовательской работы.

Заключение. Трудно переоценить значение лабораторных занятий при изучении курса материаловедения в техническом вузе. Лабораторные занятия – это опытный путь познания общих закономерностей поведения материалов в электрических и магнитных полях. В методической литературе последних лет приводятся методики проведения лабораторных занятий, повсеместно стали использовать проблемный подход к учебному материалу. Разработанная лабораторная работа, в которой предусмотрена как экспериментальная часть, так и обработка результатов измерений с использова-

нием компьютеров, позволяет не только активизировать познавательную деятельность, но и вырабатывает у студентов навыки самостоятельного экспериментирования, приобретения знаний по изучаемому курсу, способствует формированию профессиональных компетенций, что очень важно

для инженера. Кроме того, указанная лабораторная работа базируется на универсальном оборудовании отечественного производства, что позволяет дорабатывать данную и выполнять другие работы с минимальными затратами и без внесения изменений в базовый стенд.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кучеренко, Л. В. Постановка лабораторной работы по физике с профессиональной направленностью / Л. В. Кучеренко // CETERIS PARIBUS. – Москва. – 2016. – № 9. – С. 51–54.
2. Арсланов, Ш. Д. Об особенностях преподавания естественнонаучных дисциплин для различных специальностей в техническом вузе / Ш. Д. Арсланов, Д. Э. Арсланов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 6.
3. Бондар, В. А. Логіка-метадагогічна паслядоўнасць дзейняў пры рашэнні фізічных задач / В. А. Бондар, І. А. Вабішчэвіч // Весті БДПУ. Сер. 3, Фізика. Матэматыка. Інфарматыка. – 2012. – № 2(72). – С. 33–37.
4. Электротехнические и конструкционные материалы : учебно-методический комплекс по учебной дисциплине / Минсельхозпрод РБ, УО «БГАТУ», АЭФ, Кафедра ППС; сост.: Т. М. Ткаченко [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2017.
5. Курс агульнай фізікі. Лабараторны практыкум / пад рэд. М. С. Цэдрыка і Ул. А. Якавенкі. – Мозыр : Белы вецер, 2000.
6. Исследование зависимости сопротивления металлов и полупроводников от температуры: методические указания к выполнению лабораторной работы E-05a по курсу «Общей физики», для студентов всех специальностей / сост.: доцент, д. ф-м. н. С. И. Борисенко. – Томск, изд. ТПУ 2008 – 15 с.
7. УП «НТП «Центр»» [Электронный ресурс] : офиц. сайт. Могилев, 2007. Режим доступа: http://ntpcentr.com/ru/catalog/08_00/08_47_1/. Дата доступа: 17.09.2017.
8. Федотов, А. К. Физическое материаловедение : учеб. пособие: в 3 ч. Материалы энергетики и энергосбережения / А. К. Федотов, В. М. Анищик, М. С. Тиванов. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. Ч. 3. – 463 с.

REFERENCES

1. Kucherenko, L. V. Postanovka laboratornoy raboty po fizike s professionalnoy napravlennoy / L. V. Kucherenko // CETERIS PARIBUS. – Moskva. – 2016. – № 9. – S. 51–54.
2. Arslanov, Sh. D. Ob osobennostyakh prepodavaniya yestestvennonauchnykh distsiplin dlya razlichnykh spetsialnostey v tekhnicheskoy vuz / Sh. D. Arslanov, D. E. Arslanov // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. – 2015. – № 6.
3. Bondar, V. A. Logika-metadagichnaya paslyadounasts dzeyannyau pry rashenni fizichnykh zadach / V. A. Bondar, I. A. Vabishchevich // Vestsi BDP. Ser. 3, Fizika. Matematyka. Infarmatyka. – 2012. – № 2 (72). – S. 33–37.
4. Elektrotekhnicheskiye i konstruksionnyye materialy: uchebno-metodicheskiy kompleks po uchebnoy distsipline / Minselkhozprod RB, UO "BGATU", AEF, Kafedra PPS; sost.: T. M. Tkachenko [i dr.]. – Minsk: BGATU, 2017.
5. Kurs agulnay fiziki. Labaratorny praktykum / pad red. M. S. Tsedryka i Ul. A. Yakavenki. – Mozyr: Bely vetser, 2000.
6. Issledovaniye zavisimosti soprotivleniya metallov i poluprovodnikov ot temperatury: metodicheskiye ukazaniya k vypolneniyu laboratornoy raboty E-05a po kursu «Obshchey fiziki», dlya studentov vseh spetsialnostey / sost.: dotsent, d. f-m. n. S. I. Borisenko Tomsk, izd. TPU 2008 – 15 s.
7. UP "NTP "Tsentr" [Elektronnyy resurs] : of its. sayt. Mogilyov, 2007. – Rezhim dostupa: http://ntpcentr.com/ru/catalog/08_00/08_47_1/. Data dostupa: 17.09.2017.
8. Fedotov, A. K. Fizicheskoye materialovedeniye : ucheb. posobiye: v 3 ch. Materialy energetiki i energosberezheniya / A. K. Fedotov, V. M. Anishchik, M. S. Tivanov. – Minsk : Vysheyschaya shkola, 2015. Ch. 3. – 463 s.