

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ  
УЧЕБНО-НАУЧНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ  
КОМПЛЕКСОВ

П.В. Аракчеев, Е.В. Бурый, Д.А. Семеренко, А.Л. Шлеменков

**Аннотация.** Подготовка современных инженеров в условиях возрастающего объема информации, которая должна быть усвоена студентом до начала его профессиональной деятельности, требует интенсификации процесса обучения. Важным становится участие студентов в лабораторных практикумах. Это обеспечивает усвоение знаний из различных профильных областей и формирование первичных навыков практической деятельности. Эксплуатация серийных измерительных приборов стала настолько сложной, что получение навыков управления ими требует больше времени, чем выделяется на проведение лабораторного практикума. Поэтому разработка аппаратуры для проведения таких занятий требует применения новых решений. Важно, чтобы объекты исследования были интересны студентам, а средства измерений удовлетворяли ряду специфических требований: аппаратура для лабораторных практикумов студентов младших курсов должна реализовываться в «анти-вандалном» исполнении; рутинные процедуры измерений должны выполняться автоматически; результаты экспериментов должны сохраняться для дальнейшего использования в учебном процессе – такой «бережный» подход к полученным результатам гарантирует повышение внимания студентов в отношении их достоверности. В статье приведены примеры реализации этих требований в универсальном научно-учебном комплексе «Лабцентр». Воплощение принципов «Те же измерительные приборы и другой объект исследования», «Изучение явлений должно продвигаться от простого к сложному» в лабораторных практикумах специальных предметов продемонстрировано на примере комплекса для изучения особенностей полупроводниковой накачки в твердотельных лазерах. Отмечено, что все чаще требуется выполнять лабораторные практикумы в «чистых помещениях», где объекты исследования защищены от внешних воздействий. Организация дистанционного управления решает задачу исключения присутствия обучающихся в таких помещениях, но требует применения специальных мер для предотвращения несанкционированно-

35

© Аракчеев П.В., Бурый Е.В., Семеренко Д.А., Шлеменков А.Л., 2020

Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License  
The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

го доступа к управлению уникальным оборудованием. В статье представлены возможные решения этой задачи. На имеющихся примерах показано, что эффективность практических занятий во многом определяется уровнем развития лабораторной базы вузов.

**Ключевые слова:** инженерные кадры, обучение, лабораторный практикум, оборудование, интенсификация, управление, Интернет.

## NEW FEATURES OF MODERN EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC LABORATORY EQUIPMENT

**P.V. Arakcheev, E.V. Buryi, D.A. Semerenko, A.L. Shlemenkov**

**Abstract.** *The training of modern engineers, in terms of increasing amount of information that must be studied by the student prior to the beginning of his professional activity, requires the intensification of the learning process. The participation of students in lab classes is becoming important. This ensures the learning from different specialized fields and formation of initial skills practice. Operation of commercial instruments became so complex that the skills of management requires more time than is allocated for the laboratory practicum. Therefore, the development of equipment for these classes requires new solutions. It is important that the research objects are interesting to students, and the measurement tools meet a number of specific requirements: equipment for laboratory workshops of junior students must be implemented in “vandal-proof” performance; routine measurement procedures must be performed automatically; the results of experiments must be saved for further use in the educational process – this “careful” approach to the results guarantees increased attention of students in terms of their reliability. The article provides examples of implementation of these requirements in the universal scientific and educational complex “Lab-center”. The implementation of the principles “the same measuring devices and another object of research”, “the study of phenomena should move from simple to complex” in laboratory workshops of special subjects is demonstrated on the example of a complex for studying the features of semiconductor pumping in solid-state lasers. It is noted that it is increasingly required to perform laboratory workshops in “clean rooms”, where the objects of research are protected from external influences. The organization of remote control solves the problem of excluding the presence of students in such premises, but requires the use of special measures to prevent unauthorized access to the management of unique equipment. The article presents possible solutions to this problem. Existing examples show that the effectiveness of the practical classes is largely determined by the level of development of laboratory base of higher education institutions.*

**Keywords:** *engineering personnel, education, laboratory workshops, equipment, intensification, remote control, Internet.*

Особенностью подготовки современных инженеров является необходимость освоения студентами знаний из различных профильных областей. Вот почему важной компонентой учебного процесса любого технического вуза является участие студентов в лабораторных практикумах, обеспечивающих не только быстрое усвоение учебного материала, но и формирование первичных навыков практической деятельности. Вместе с тем, непрерывно возрастающий объем знаний, которыми должны владеть выпускники вузов, требует интенсификации учебного процесса — увеличения объема получаемых навыков и знаний без увеличения учебной нагрузки.

#### **Требования, предъявляемые к современным научно-учебным лабораторным комплексам, и результаты их реализации**

Уже неоднократно отмечалось [1–3], что современные лабораторные комплексы для проведения учебных занятий должны удовлетворять противоречивым требованиям — быть одновременно и специализированными, соответствующими особенностям применения в учебном процессе, и универсальными, пригодными для эффективного проведения лабораторных практикумов по различным дисциплинам.

Отсюда следует вывод о недостаточности простого комплексирования измерительных приборов — они уже стали настолько сложными, что получение навыков управления ими требует больше времени, чем удается выделить на проведение лабораторного практикума. Нельзя забывать и о том, что объекты исследования должны быть интересны студентам.

Есть еще ряд специфических требований, предъявляемым к этим комплексам:

- Объекты исследования и средства измерений должны, по возможности, максимально соответствовать тем, которые используются на современных предприятиях. Изучение какого-либо эффекта или явления без демонстрации важности его познания для понимания принципов функционирования современных технических систем не привлекает внимания студентов.

- Аппаратура для лабораторных практикумов студентов младших курсов должна реализовываться в так называемом «антивандалном» исполнении. При этом основные функции управления аппаратурой должны быть сохранены, а приводящие к выходу ее из строя ситуации — аппаратно заблокированы. Надо заметить, что любопытство в отношении прочности изделия достаточно быстро уступает место уверенности в его надежности, после чего интерес к изучению прочности быстро угасает.

- Все рутинные процедуры измерений комплекс должен осуществлять без помощи исследователя. Такие решения существенно экономят время и повышают эффективность работы. Если в расчетное время результата нет — значит, исследователь не знает, что исследовать и как.

- В случае, если для управления аппаратурой необходим компьютер, способы управления параметрами и, возможно, способы отображения информации должны быть отличны от тех, которые широко применяются в стандартных программных приложениях. Такие решения позволяют избежать необдуманных действий студентов при управлении аппаратурой.

• Для аппаратуры, устанавливаемой в учебной лаборатории, целесообразно создавать единый канал связи, обеспечивающий преподавателю возможность контроля активности студентов. Необходимо обеспечить аппаратное сохранение результатов эксперимента на подключаемый внешний накопитель для дальнейшего использования студентами. Этот «бережный» подход к полученным результатам гарантирует повышение внимания студентов по отношению к достоверности этих результатов — ведь они должны будут использовать их в курсовых работах.

Построенный на основе указанных принципов комплекс «ЛАБ-ЦЕНТР» (название в англоязычной литературе — NETELAB, рис. 1) представляет собой функционально законченный прибор, работающий автономно, без подключения к компью-

теру, и обеспечивает исследования сигналов в реальных электрических цепях.

Этот комплекс:

- заменяет 7 стандартных измерительных приборов; он занимает меньше места в лаборатории и не боится любопытных рук начинающих исследователей;
- изготавливается в антивандальном исполнении;
- впервые реализует в учебном оборудовании режим характеристики графа, что позволило увеличить информативность лабораторных работ — по нашим оценкам, скорость усвоения материала увеличивается до 3-х раз;
- оснащен каналом связи, обеспечивающим преподавателю возможность контроля активности учащихся, в том числе — дистанционного;
- опционально оснащается устройством для подключения внешне-



Рис. 1. Лабораторный комплекс: двухканальный осциллограф-характериограф (1); вольтметры (2, 3); фазометр (4); регулируемый однополярный источник постоянного напряжения (5); регулируемый двухполярный источник постоянного напряжения (6); генератор импульсов (7); генератор гармонических сигналов (8); рабочая панель (9)

го USB накопителя для дальнейшего использования полученных результатов;

- имеет низкую цену;
- реализует возможность подключения к беспроводной сети.

Отличительные особенности комплекса:

- универсальность: на базе одной платформы обеспечивается изучение таких дисциплин, как «Электричество и магнетизм», «Основы электротехники», «Электрические машины», «Полупроводниковые приборы», «Основы электроники», «Логические элементы и схемы ЭВМ» путем легкой замены рабочей панели;

- реализм: органы управления и способы отображения результатов соответствуют эргономике современных измерительных приборов;

- информативность: возможность одновременного наблюдения семейств изучаемых характеристик, полученных при различных условиях, позволяет учащимся глубже понять суть изучаемых процессов и явлений;

- интерактивность: впервые преподаватель имеет возможность объективно оценить активность каждого студента и корректировать его действия в процессе работы;

- автономность: каждое рабочее место функционирует автономно.

Иные принципы закладываются в основу комплексов, предназначенных для изучения специальных предметов студентами старших курсов. В этом случае комплекс — комплект настоящих приборов, в том числе — уникальных. Главное — он по-прежнему не боится любопытных рук начинающих исследователей. Перечисленные требования дополнены новыми концепциями:

«Те же измерительные приборы и другой объект исследования» — такое решение позволяет экономить пространство в лаборатории, упрощает подготовку учащегося к занятиям и позволяет уделять основное внимание именно объекту исследования, а не исследовательским инструментам;

«Изучение явлений должно продвигаться от простого к сложному» — возможности измерительных приборов позволяют сначала исследовать эффекты на качественном уровне, после чего, при необходимости, экспериментально регистрировать закономерности, анализировать их и находить объяснение полученным результатам.

Построенный на основе этих идей комплекс для изучения особенностей полупроводниковой накачки в твердотельных лазерах демонстрировался в Техническом университете Берлина и получил высокую оценку специалистов — пять степеней защиты от повреждения дорогостоящих оптико-электронных элементов обеспечили возможность самостоятельной эксплуатации комплекса студентами старших курсов (рис. 2).

Нужно отметить, что уровень мотивированности иностранных студентов, которые работали с комплексом, постепенно достигается и нашими студентами. Это говорит о том, что предпринимаемые усилия по формированию престижа инженерных кадров и развитию высшего образования в Российской Федерации заметны и дают положительные результаты.

### **Управление лабораторными комплексами через сеть Internet**

Отдельного детального рассмотрения заслуживает вопрос организации удаленного управления учеб-

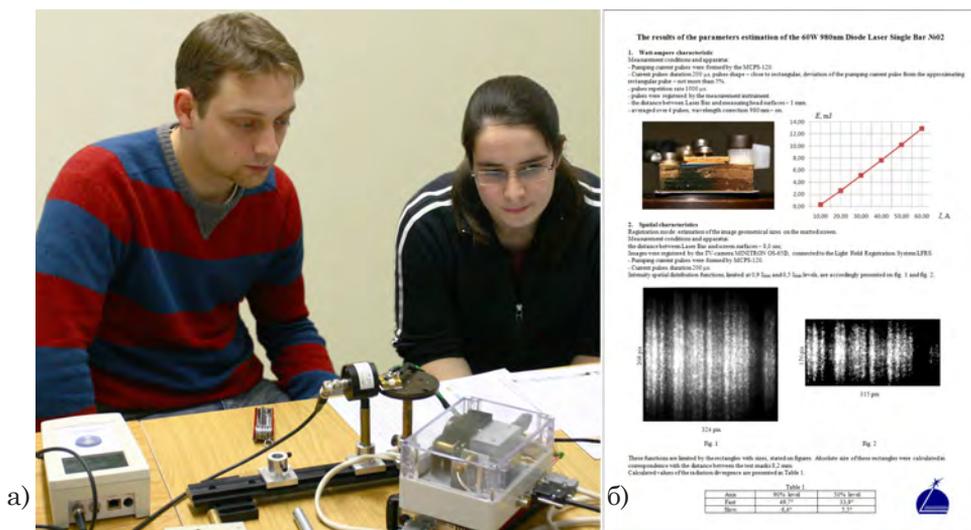


Рис. 2. Студенты 4-го курса Технического университета Берлина выполняют лабораторную работу, используя «Комплекс для изучения особенностей полупроводниковой накачки в твердотельных лазерах» (а); отчет о выполненной лабораторной работе (б)

но-научными лабораторными комплексами, находящимися в чистых помещениях. Цель использования этих помещений — защитить изучаемые объекты от внешних воздействий — прежде всего таких, как пыль и агрессивные газовые среды. Поскольку исследователь сам может являться источником этих воздействий, предпринимаются весьма дорогостоящие меры для защиты среды чистых помещений от воздействия человека. Наилучшим решением является исключение его присутствия в таких помещениях. Такое решение особенно актуально, когда количество обучающихся, которые должны участвовать в проводимых исследованиях, велико. Видимо, проведение лабораторных работ на таком технологическом уровне — реальная ближайшая перспектива.

Конечно, дорогостоящие учебно-научные лабораторные комплексы целесообразно эксплуатировать в режиме удаленного доступа к управлению

этим оборудованием. Хотя в полном объеме вопросы исключения несанкционированного доступа и надежного управления при обеспечении больших объемов передаваемой информации пока не решены, уже получены первичные результаты (рис. 3).

Так, реализованные в блоке управления лазерным комплексом [4] концепции — это «открытая архитектура» сети приборов, которая предусматривает ее реконфигурацию и расширение.

Решен вопрос безопасного использования комплекса при подключении к сети Internet за счет формирования отказа в подключении к локальной сети третьего пользователя: всегда возможно подключение Администратора и Пользователя (в ранее определенном для него временном интервале).

Реализована блокировка опасных команд.

Выполнена группа организационных мероприятий — осуществление предварительной записи, резервиро-

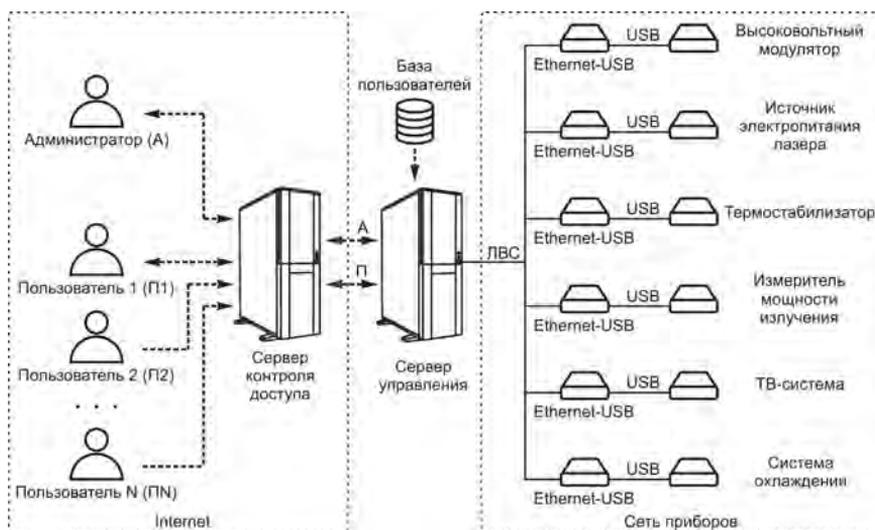


Рис. 3. Организация эксплуатации учебно-научного оборудования в режиме удаленного доступа к управлению приборами

вание интервала времени доступа, личная идентификация на основе алгоритмов искусственного интеллекта.

Эти меры существенно снижают риск несанкционированного доступа к управлению уникальным оборудованием и вероятность его повреждения из-за неправильных действий Пользователя при том, что объем используемых вычислительных ресурсов не является критическим.

**Заключение.** Возрастает роль формирования навыков практической деятельности у современных студентов — будущих инженеров, требующая интенсификации учебного процесса в части дальнейшего увеличения объема практических занятий. Эффективность этих занятий во многом определяется уровнем развития лабораторной базы вузов.

41

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Arakcheev, P.V, Buryi, E.V., Semerenko, D.A. Efficiency of investigation of science groups with specialists, PhD students and students with different specialization // Journal of International Scientific Publication. 2011. Vol. 9, Part 2. P. 98–112.
2. Buryi, E.V., Semerenko, D.A., Sumin, S.L. Set of tools for investigation of processes of generation laser with pump of active elements by laser diode // Journal of International Scientific Publication. 2011. Vol. 9, Part 1. P. 85–94.
3. Бурый, Е.В., Масленникова, С.И. Новые методические возможности изучения частотных и резонансных свойств электрических цепей при использовании учебно-лабораторного комплекса NETELAB // Электричество. 2014. № 6. С. 66–71.
4. Buryi, E.V., Semerenko, D.A., Sumin, S.L. Set of tools for investigation of processes of generation laser with pump of active elements by laser diode // Journal of International Scientific Publication. 2011. Vol. 9, Part 1. P. 85–94.

**REFERENCES**

1. Arakcheev P.V, Buryi E.V., Semerenko D.A. Efficiency of investigation of science groups with specialists, PhD students and students with different specialization, *Journal of International Scientific Publication*, 2011, Vol. 9, Part 2, pp. 98–112.
2. Buryi E.V., Semerenko D.A., Sumin S.L. Set of tools for investigation of processes of generation laser with pump of active elements by laser diode, *Journal of International Scientific Publication*, 2011, Vol. 9, Part 1, pp. 85–94.
3. Buryi E.V., Maslennikova S.I. Novyye metodicheskiye vozmozhnosti izucheniya chastotnykh i rezonansnykh svoystv elektricheskikh tsepey pri ispolzovanii uchebno-laboratornogo kompleksa NETELAB, *Elektrichestvo*, 2014, No. 6, pp. 66–71. (in Russian)
4. Buryi E.V., Semerenko D.A., Sumin S.L. Set of tools for investigation of processes of generation laser with pump of active elements by laser diode, *Journal of International Scientific Publication*, 2011, Vol. 9, Part 1, pp. 85–94.

---

**Аракчеев Павел Владимирович**, кандидат технических наук, заместитель руководителя, Лаборатория лазерных информационных систем, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, arpv2002@inbox.ru

**Arakcheev P.V.**, PhD (in Engineering), Deputy Head, Laser Information System Laboratory, Bauman Moscow State Technical University, arpv2002@inbox.ru

**Бурый Евгений Владленович**, доктор технических наук, профессор, руководитель, Лаборатория лазерных информационных систем, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, buryi@bmstu.ru

**Buryi E.V.**, ScD (in Engineering), Professor, Head, Laser Information System Laboratory, Bauman Moscow State Technical University, buryi@bmstu.ru

**Семеренко Денис Алексеевич**, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Лаборатория лазерных информационных систем, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, ddd183@mail.ru

**Semerenko D.A.**, PhD (in Physics and Mathematics), Senior Researcher, Laser Information System Laboratory, Bauman Moscow State Technical University, ddd183@mail.ru

**Шлеменков Антон Леонидович**, исследователь, Лаборатория лазерных информационных систем, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, anthony99@mail.ru

**Shlemenkov A.L.**, Researcher, Laser Information System Laboratory, Bauman Moscow State Technical University, anthony99@mail.ru