

ОРГАНИЗАЦИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ НА БАЗЕ ВЕБ-ПЛАТФОРМЫ

В. В. Шаронов¹ [0009-0003-8020-8943], Т. Н. Абсатаров² [0009-0007-3651-5400],
М. В. Лукашевский³ [0000-0001-6782-6702], С. Д. Федорович⁴ [0000-0002-8986-7369]

¹ООО «Лабораториум», г. Бузулук, Россия

^{2–4}Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Россия

¹SharonovVV@mpei.ru, ²AbsatarovTN@mpei.ru, ³LukashevskyMV@mpei.ru,

⁴FedorovichSD@mpei.ru

Аннотация

Представлена отечественная веб-платформа ООО «Лабораториум» для проведения лабораторных работ на реальном экспериментальном оборудовании в дистанционном формате. Доступ к стенду реализован через стандартный браузер в рамках управляемых сеансов: обучающийся наблюдает за состоянием установки по видеопотоку, выполняет управляющие воздействия и автоматически формирует электронный протокол результатов. Преподаватель получает набор инструментов для назначения работ, планирования общей очереди доступа и проверки результатов на основе детальных журналов сеансов. Рассмотрены типовые сценарии использования платформы – как внутри отдельной образовательной организации, так и в сетевом межвузовском взаимодействии. Платформа проходит апробацию на кафедре общей физики и ядерного синтеза НИУ «МЭИ»; предварительные результаты оценены как положительные.

Ключевые слова: дистанционные лабораторные работы, инженерное образование, удаленный доступ к оборудованию, лабораторный стенд, веб-платформа, видеопоток, электронный протокол, межвузовское взаимодействие.

ВВЕДЕНИЕ

Подготовка инженерных кадров исторически связана с обязательным лабораторным практикумом, в ходе которого обучающиеся осваивают приемы об-

ращения с измерительной техникой, учатся обрабатывать полученные экспериментальные данные и следовать установленному порядку проведения опытов. Параллельно ужесточаются требования к доступности подобных занятий: численность академических групп растет, программы технических дисциплин усложняются, а возможности учебных лабораторий по времени работы и приборному парку остаются прежними или расширяются медленнее, чем растут общие потребности образовательного процесса.

В период 2020–2024 гг. в системе высшего образования получили широкое распространение программные симуляторы, виртуальные лаборатории, а также ряд локальных систем дистанционного управления отдельными стендами. Опыт их эксплуатации показал, что подобные инструменты эффективны для первичного знакомства студентов с методикой эксперимента и расширения охвата обучающихся, но в технических дисциплинах они, как правило, не позволяют сформировать полноценные навыки работы с реальной измерительной аппаратурой и характерными для нее погрешностями. Дополнительным ограничением выступает то, что узкоспециализированные программные продукты требуют постоянного технического сопровождения, плохо масштабируются между разными типами оборудования и редко распространяются за пределами конкретных кафедр или подразделения.

С учетом указанных недостатков обоснованным становится развитие лабораторного практикума, который опирается не на симуляционные модели, а на физически существующее оборудование и сопровождается понятным регламентом действий для обеих сторон образовательного процесса. Цель настоящей работы – представить опыт применения отечественной веб-платформы удаленного доступа к лабораторным установкам и проанализировать варианты ее использования при реализации образовательных программ в дистанционном формате.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Опыт проведения лабораторных работ по техническим дисциплинам в учебных лабораториях позволил выделить ряд устойчиво проявляющихся проблем организационно-методического характера, это

– жесткая географическая и временная привязка занятий к помещению лаборатории и сетке учебного расписания;

- ограниченная пропускная способность практикума, обусловленная не-большим числом установок и требованием физического присутствия студента на рабочем месте;

- затрудненность самостоятельного повторного выполнения эксперимента в удобное для обучающегося время, что снижает индивидуализацию образовательной траектории;

- отсутствие интегрированной цифровой среды, в которой объединены управление установкой, ведение электронного протокола и хранение журналов работы;

- разрозненность цифровизации (так называемая «лоскутная цифровизация») – локальные программные решения слабо тиражируемы между дисциплинами и не интегрируются между кафедрами и образовательными организациями.

Задачей настоящего исследования стало разработать программно-техническое решение, которое обеспечивает удаленное выполнение лабораторных работ на реальных стендах по формализованному регламенту сеанса и снижает организационную нагрузку на персонал лаборатории. Решение должно работать как внутри одного университета, так и в сетевом взаимодействии нескольких образовательных организаций при обмене доступом к стендам участников.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАТФОРМЫ

Техническое решение и его преимущества

Платформа реализована по схеме «браузер – сервер – локальный агент у стенда» (рис. 1). Пользователь работает с системой через веб-интерфейс; серверная часть отвечает за учет пользователей и ролей, расписание сеансов, хранение протоколов и журналов. Локальный агент размещен рядом с лабораторной установкой и обеспечивает обмен с оборудованием по промышленным интерфейсам (например, Modbus RTU), а также передачу видеопотока. Такое разделение позволяет использовать для работы только стандартный браузер, минимизировать вмешательство в существующие стенды и сохранять их в локальном контуре лаборатории. Блок-схема типового сценария выполнения лабораторной работы в системе представлена на рис. 2.

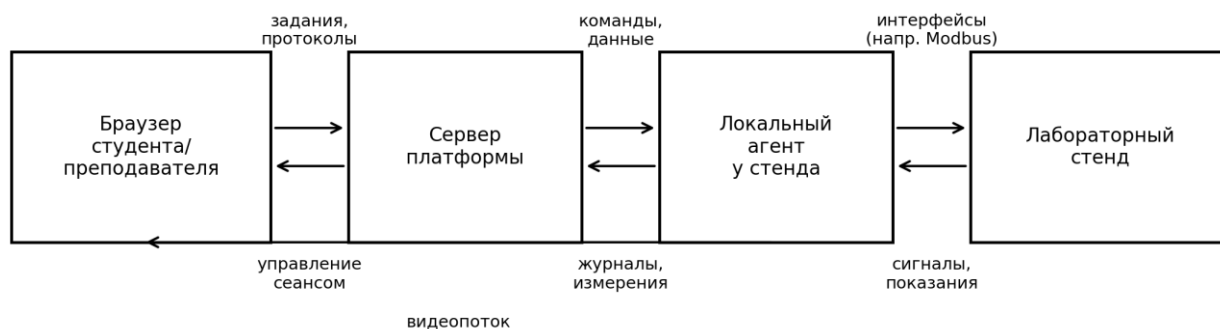


Рис. 1. Обобщенная схема взаимодействия компонентов платформы.



Рис. 2. Типовой сценарий выполнения лабораторной работы в системе.

Подключение новых установок выполняется по единому шаблону, что облегчает масштабирование практикума. Программное обеспечение разработано в Российской Федерации, правообладатель – ООО «Лабораториум»; решение ориентировано на выполнение требований импортозамещения и может развиваться в инфраструктуре образовательной организации.

Сценарий работы студента и преимущества

Студент проходит четкую последовательность шагов: вход в личный кабинет, выбор лабораторной работы и стенда, резервирование временного интервала, выполнение эксперимента в рамках сеанса и итоговое оформление протокола. Во время сеанса рабочая область интерфейса разделена на зоны: видео-окно с состоянием установки, панель текущих измеренных значений и элементы управления (рис. 3). Это позволяет студенту контролировать ход эксперимента, отслеживать изменения параметров и фиксировать промежуточные результаты в электронной форме.

Проверка температурной шкалы кельвина

Абсатаров Т.Н.

назад
Осталось: 16:21
Завершить работу

Текущие показания датчиков

T1:	23,5 °C
T2:	23,6 °C
DPy:	1,0 Па
Ратм:	758 мм рт. ст.
Рн:	36,4 Вт

Регулировка параметров

Напряжение нагревателя 0,7 В

+

-

0
9,0

Расход воздуха 21 л/с

+

-

0
50

Установить
Внести показания в таблицу

Внесенные показания Скачать данные

№	T1, °C	T2, °C	DPy, Па	Ратм, мм рт. ст.	Рн, Вт
1	23,5	23,6	1,0	758	36,4

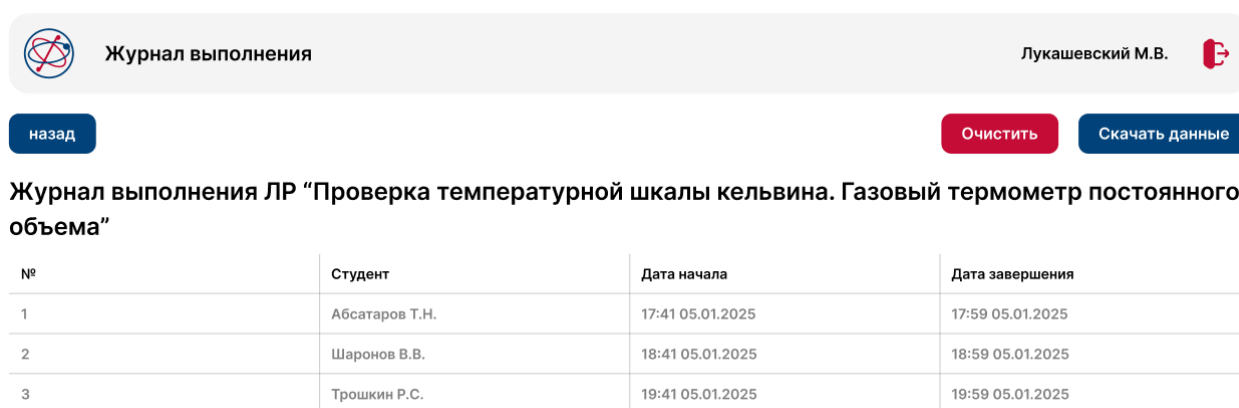
Рис. 3. Интерфейс рабочего места студента во время проведения эксперимента.

Практическая ценность подхода для обучающегося связана с возможностью повторять ключевые шаги эксперимента и анализировать ошибки на реальных данных, не ограничиваясь единственным очным занятием. Слотовая модель делает доступ к стенду прогнозируемым и снижает потери времени на ожидание. Дополнительно формируются навыки работы с реальными измерениями и погрешностями, что важно для подготовки инженера и последующей проектной деятельности.

1847

Работа преподавателя и преимущества для учебного процесса

Преподаватель использует платформу как централизованный инструмент управления практикумом: назначает работы и индивидуальные допуски, выстраивает расписание сеансов и контролирует регламент эксперимента. Электронный протокол вместе с журналом действий студента (рис. 4) позволяет оценивать качество работы по итоговым числовым результатам и динамике их получения: временным отметкам, изменениям управляющих параметров, последовательности операций и реакции на нештатные ситуации. Такой подход облегчает организационную работу при росте числа обучающихся в группе или потоке, ускоряет цикл обратной связи и создает условия для формирования методического банка типовых ошибок и удачных решений, который в дальнейшем используется для совершенствования учебного курса.



№	Студент	Дата начала	Дата завершения
1	Абсатаров Т.Н.	17:41 05.01.2025	17:59 05.01.2025
2	Шаронов В.В.	18:41 05.01.2025	18:59 05.01.2025
3	Трошкин Р.С.	19:41 05.01.2025	19:59 05.01.2025

Рис. 4. Интерфейс преподавателя с журналом выполненных работ.

Преимущества для образовательной организации и межвузовское взаимодействие

Для образовательной организации внедрение платформы означает переход от использования стендов исключительно «внутри расписания» к режиму управляемого предоставления доступа в дистанционном формате. Помимо обеспечения собственных дисциплин лаборатория может участвовать в сетевых образовательных программах и совместных проектах с партнерскими вузами и учреждениями среднего профессионального образования, предоставляя доступ к отдельным установкам по согласованным регламентам и договорам. Контроль сеансов и хранение протоколов при этом выполняются средствами платформы.

При наличии спроса такой формат потенциально создает дополнительный источник дохода для образовательной организации. В практическом плане это формирует последовательный механизм: сначала обеспечивается дистанционный доступ к существующим стендам, затем по мере накопления опыта и ресурсов расширяется лабораторная база и, как следствие, возрастает объем доступной практики. Дополнительным эффектом может стать повышение узнаваемости лаборатории и привлекательности образовательной программы для абитуриентов.

Электронные симуляции и комбинированный формат обучения

Программные симуляторы и виртуальные лаборатории прочно вошли в практику подготовки студентов к очным занятиям: они доступны в любое время, безопасны для пользователя и оборудования, не изнашивают установки и допускают неограниченное число повторов опыта. Однако симуляционный эксперимент опирается на упрощенную математическую модель явления и не воспроизводит факторов натурной работы – случайных и систематических погрешностей, нестабильности режимов, влияния внешней среды, особенностей взаимодействия с физическими измерительными интерфейсами и средствами автоматизации. Это ограничивает прямой перенос навыков из виртуальной среды в инженерную практику.

Согласно метаанализу публикаций о применении виртуальных лабораторий в инженерном образовании, использование симуляционных средств дает статистически значимый положительный эффект: студенты, прошедшие подготовку на виртуальных лабораториях, в среднем показывают более высокие результаты, чем группы, обучавшиеся по традиционной методике [2]. Авторы этого исследования подчеркивают, что виртуальные лаборатории не заменяют очных занятий на физическом оборудовании и являются взаимодополняющим, а не альтернативным инструментом.

Удаленный доступ к натурным установкам продолжает эту линию развития практикума: он сохраняет масштабируемость виртуальных лабораторий и одновременно возвращает в учебный процесс опыт работы с физически измеренными данными. С учетом результатов [1] об эффективности активных методик обучения в удаленных лабораториях в дальнейшем развитии платформы ООО

«Лабораториум» предусмотрен комбинированный сценарий: предварительная отработка методики и интерфейса на симуляторе, затем выполнение ключевых измерительных операций на реальном стенде с автоматической фиксацией данных в едином электронном протоколе.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Апробация в условиях учебной лаборатории

Платформа проходит апробационные испытания совместно с кафедрой общей физики и ядерного синтеза НИУ «МЭИ» в условиях учебной лаборатории. Фотография внешнего вида одного из четырех имеющихся стендов представлена на рис. 5. На текущем этапе подтверждена работоспособность основных пользовательских сценариев: запуск сеанса по расписанию, видеонаблюдение, проведение измерений, формирование и передача электронного протокола. Сбор количественных показателей эксплуатации продолжается; предварительная обратная связь участников оценена как положительная.



Рис. 5. Пример лабораторного стенда «Определение показателя адиабаты воздуха», подключенного к платформе.

Контроль корректности и единый протокол результатов

В ходе сеанса в журнале фиксируются временные отметки, изменения управляющих параметров и экспериментальные данные. Это позволяет препо-

давателю проверять корректность выполнения не только по итоговому протоколу, но и по последовательности действий. Наличие единого формата протокола упрощает сопоставление результатов между группами и дисциплинами и повышает воспроизводимость лабораторных работ.

Наблюдаемые эффекты и планируемая оценка

Предварительные результаты апробации показали снижение организационных трудозатрат и повышение прозрачности процесса: доступ планируется по слотам, результаты фиксируются автоматически. Поскольку испытания продолжаются, отмеченные эффекты носят предварительный характер. Количественная оценка формируется по данным журналов и опросов и включает показатели, привычные для инженерных экспериментов и учебной практики: количество проведенных сеансов, долю работ, завершенных без повторного допуска, среднее время выполнения (в минутах), среднее время ожидания доступа (в минутах), задержку видеоканала (в секундах), а также оценки удовлетворенности по пятибалльной шкале. Получение статистики позволит уточнить методические рекомендации и подготовить масштабирование на другие стенды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что применение отечественной платформы ООО «Лабораториум» позволяет организовать дистанционное выполнение лабораторных работ на реальном оборудовании по управляемому регламенту «сеанс – протокол – проверка». Трехзвенная архитектура «браузер – сервер – агент» обеспечивает минимальные требования к рабочему месту студента, сохраняя при этом оборудование в контуре лаборатории и облегчая подключение новых стендов. Отмечена возможность использования платформы в сетевых формах обучения и межвузовских проектах, что потенциально может способствовать развитию лабораторной базы. В настоящее время продолжаются апробационные испытания; предварительные результаты оценены как положительные. Дальнейшее развитие платформы предполагает расширение перечня поддерживаемых установок и внедрение комбинированного формата «симуляция + реальная установка».

Благодарности

Авторы выражают благодарность коллективу кафедры общей физики и ядерного синтеза НИУ «МЭИ» за содействие в проведении апробационных испытаний и предоставление доступа к лабораторной базе кафедры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Van den Beemt A., Groothuijsen S., Ozkan L., Hendrix W.* Remote labs in higher engineering education: engaging students with active learning pedagogy // *Journal of Computing in Higher Education*. 2023. Vol. 35. P. 320–340.
<https://doi.org/10.1007/s12528-022-09331-4>
2. *Li J., Liang W.* Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: A meta-analysis // *PLOS ONE*. 2024. Vol. 19, No. 12. e0316269.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316269>
3. *Hernandez-de-Menendez M., Vallejo Guevara A., Morales-Menendez R.* Virtual reality laboratories: a review of experiences // *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*. 2019. Vol. 13. P. 947–966.
<https://doi.org/10.1007/s12008-019-00558-7>
4. *May D., Terkowsky C., Varney V., Boehringer D.* Online laboratories in higher engineering education – solutions, challenges, and future directions from a pedagogical perspective // *European Journal of Engineering Education*. 2023. Vol. 48, No. 5. P. 759–768. <https://doi.org/10.1080/03043797.2023.2248819>
5. *Fedorovich S.D., Shcherbakov P.P., Lukashevsky M.V. et al.* The automated laboratory complex with remote access “Molecule physics and thermodynamics” // *Journal of Physics: Conference Series*. 2017. Vol. 891. P. 012373.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/891/1/012373>

ORGANIZING A REMOTE LABORATORY PRACTICUM IN ENGINEERING EDUCATION ON A WEB PLATFORM

V. V. Sharonov¹ [0009-0003-8020-8943], T. N. Absatarov² [0009-0007-3651-5400],
M. V. Lukashevsky³ [0000-0001-6782-6702], S. D. Fedorovich⁴ [0000-0002-0034-9224]

¹Laboratorium LLC, Buzuluk, Russia

²⁻⁴National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow, Russia

¹SharonovVV@mpei.ru, ²AbsatarovTN@mpei.ru, ³LukashevskyMV@mpei.ru,

⁴FedorovichSD@mpei.ru

Abstract

The paper considers a domestic web platform by Laboratorium LLC intended for conducting laboratory works on real equipment in a remote format. Access to the laboratory stand is organized through a browser within managed sessions: the student observes the installation via a video stream, performs control actions, and generates an electronic protocol. The instructor is provided with tools for assigning works, scheduling the queue, and verifying protocols against execution logs. Usage scenarios of the platform and options for networked interaction between educational institutions are described. The platform is currently undergoing pilot testing; preliminary results are assessed as positive.

Keywords: *remote laboratory works, engineering education, remote access to equipment, laboratory stand, web platform, video stream, electronic protocol, inter-university interaction.*

REFERENCES

1. Van den Beemt A., Groothuijsen S., Ozkan L., Hendrix W. Remote labs in higher engineering education: engaging students with active learning pedagogy // Journal of Computing in Higher Education. 2023. Vol. 35. P. 320–340.
<https://doi.org/10.1007/s12528-022-09331-4>
2. Li J., Liang W. Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: A meta-analysis // PLOS ONE. 2024. Vol. 19, No. 12. e0316269.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316269>

3. *Hernandez-de-Menendez M., Vallejo Guevara A., Morales-Menendez R.* Virtual reality laboratories: a review of experiences // *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*. 2019. Vol. 13. P. 947–966.

<https://doi.org/10.1007/s12008-019-00558-7>

4. *May D., Terkowsky C., Varney V., Boehringer D.* Online laboratories in higher engineering education – solutions, challenges, and future directions from a pedagogical perspective // *European Journal of Engineering Education*. 2023. Vol. 48, No. 5. P. 759–768. <https://doi.org/10.1080/03043797.2023.2248819>

5. *Fedorovich S.D., Shcherbakov P.P., Lukashevsky M.V. et al.* The automated laboratory complex with remote access “Molecule physics and thermodynamics” // *Journal of Physics: Conference Series*. 2017. Vol. 891. P. 012373.

<https://doi.org/10.1088/1742-6596/891/1/012373>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



ШАРОНОВ Владислав Витальевич – генеральный директор ООО «Лабораториум»; магистрант кафедры теоретических основ теплотехники имени М.П. Вукаловича Национального исследовательского университета «МЭИ».

Vladislav Vitalievich SHARONOV – Chief Executive Officer of Laboratorium LLC; Master's student at the M.P. Vukalovich Department of Theoretical Foundations of Heat Engineering, National Research University "Moscow Power Engineering Institute".

email: SharonovVV@mpei.ru

ORCID: 0009-0003-8020-8943



АБСАТАРОВ Тимирхан Нурбулатович – аспирант кафедры общей физики и ядерного синтеза, Национальный исследовательский университет «МЭИ».

Timirkhan Nurbulatovich ABSATAROV – PhD student at the Department of General Physics and Nuclear Fusion, National Research University "Moscow Power Engineering Institute".

email: AbsatarovTN@mpei.ru

ORCID: 0009-0007-3651-5400



ЛУКАШЕВСКИЙ Михаил Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры общей физики и ядерного синтеза, Национальный исследовательский университет «МЭИ».

Mikhail Vladimirovich LUKASHEVSKY – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of General Physics and Nuclear Fusion, National Research University "Moscow Power Engineering Institute".

email: LukashevskyMV@mpei.ru

ORCID: 0000-0001-6782-6702



ФЕДОРОВИЧ Сергей Дмитриевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры общей физики и ядерного синтеза Национального исследовательского университета «МЭИ».

Sergey Dmitrievich FEDOROVICH – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor at the Department of General Physics and Nuclear Fusion, National Research University “Moscow Power Engineering Institute”.

email: FedorovichSD@mpei.ru

ORCID: 0000-0002-8986-7369

Материал поступил в редакцию 3 июня 2026 года