

УДК 372.862, 621.317.2

**Д. О. Понкин, И. В. Шириков, Е. А. Давыдов, С. Л. Колбахов,
Н. А. Малышев, И. Н. Жабин, Д. О. Леушин, А. Е. Смирнов,
И. Н. Ерёмкина, Т. А. Смолянин, Е. С. Матюханов, Е. А. Бутенко**

Инженерный онлайн-практикум

Представлена новая методика дистанционного обучения учащихся старших классов школ инженерным дисциплинам, востребованным в современной экспериментальной физике. В процессе обучения учащийся на практике решает комплекс задач, на базовом уровне соответствующий реальным задачам, возникающим при проведении физических исследований. Для этой цели разработан и реализован инженерный онлайн-практикум, включающий лабораторный стенд модульного типа, при помощи которого стало возможным организовать выполнение пользователями различных физических опытов обучающего характера с использованием современных методик научного эксперимента. Пользователи могут выполнять задания удаленно по сети Интернет, одновременно наблюдая за реальным процессом работы стенда при помощи веб-камеры, что обеспечивает определенный эффект присутствия.

Ключевые слова: дистанционные образовательные технологии, микроэлектроника, инженерное образование

Об авторах

Понкин Дмитрий Олегович – старший инженер Объединенного института ядерных исследований; старший преподаватель кафедры проектирования электроники для установок «мегасайенс» государственного университета «Дубна». *E-mail:* linksat@mail.ru. 141980. Московская область, г. Дубна ул. Университетская, д. 19.

Шириков Илья Вячеславович – старший инженер Объединенного института ядерных исследований; старший преподаватель кафедры проектирования электроники для установок «мегасайенс» государственного университета «Дубна».

Давыдов Евгений Александрович – доцент кафедры фундаментальных проблем физики микромира государственного университета «Дубна».

Колбахов Семен Леонидович – студент 4-го курса кафедры проектирования электроники для установок «мегасайенс» государственного университета «Дубна».

Малышев Николай Андреевич – студент 5-го курса кафедры проектирования электроники для установок «мегасайенс» государственного университета «Дубна».

Жабин Илья Николаевич – студент 4-го курса кафедры проектирования электроники для установок «мегасайенс» государственного университета «Дубна».

Леушин Дмитрий Олегович – студент 5-го курса кафедры проектирования электроники для установок «мегасайенс» государственного университета «Дубна».

Смирнов Александр Евгеньевич – студент 6-го курса кафедры проектирования электроники для установок «мегасайенс» государственного университета «Дубна».

Ерёмкина Ирина Николаевна – студент 5-го курса кафедры проектирования электроники для установок «мегасайенс» государственного университета «Дубна».

Смолянин Тимофей Андреевич – студент 5-го курса кафедры проектирования электроники для установок «мегасайенс» государственного университета «Дубна».

Матюханов Евгений Сергеевич – старший лаборант Объединенного института ядерных исследований.

Бутенко Елизавета Андреевна – старший техник Объединенного института ядерных исследований.

В 2018 г. государственным университетом «Дубна» было принято решение о созда-

нии инженерного онлайн-практикума в рамках Заочной школы для старшеклассников, задачей которого является ознакомление молодых исследователей с современными подходами к организации лабораторных исследований, а также пробуждение у них интереса к таким областям науки и техники, как физика, ин-

форматика, электротехника, электроника, программирование.

Как показывает практика, в рядовых общеобразовательных школах методика изучения естественнонаучных дисциплин отражает, скорее, историю этой науки, а не современное положение дел. В результате дети, выбирающие для себя профессию исследователя природы, не получают реального представления о том, в чем собственно заключается их будущая профессия. Также они не в полной мере готовы к освоению учебных программ высших учебных заведений, особенно в тех случаях, когда эти программы максимально приближены к реальной практике работы.

Поэтому, безусловно, полезно предоставить возможность учащимся старших классов школ получить реалистичное представление о том, как выполняются естественнонаучные исследования на современном уровне. Для этого их необходимо познакомить с таким оборудованием, как программируемые микроэлектронные устройства, с принципами работы, включающими широкое использование автоматики и автоматизации, а также систем удаленного управления при проведении экспериментов. Научить уделять внимание контролю безопасных режимов работы экспериментальной установки с учетом реального энергопотребления и тепловыделения. Контролировать работу установки визуально и по информации от датчиков. Собирать, хранить, передавать и визуализировать полученные экспериментальные данные.

Согласно концепции современного инженерного образования [1], наиболее продуктивным является обучение в контексте решения комплексных реалистичных задач, а не выполнения ограниченных сугубо учебных заданий. Единственный актуальный способ осуществить такой подход в обучении учащихся самых обычных школ Российской Федерации, расположенных вне крупных научно-образовательных центров (таких как Москва, Санкт-Петербург и т.п.), – это реализовать программу дистанционного образования [2].

Проект инженерного онлайн-практикума

Электроника применяется в различных сферах деятельности, начиная с использования в быту и заканчивая автоматизацией производственных процессов. В связи со сложностью устройства электронных средств и растущей необходимостью в квалифицированных кадрах при их проектировании необходимо более глубокое изучение данной предметной области. Все современные экспериментальные установки представляют собой сложные системы, в которых электронные средства играют ведущую роль. Поэтому современный исследователь должен обладать широким набором компетенций в данной области. Онлайн-практикум должен, таким образом, формировать на базовом уровне помимо естественнонаучных и следующие инженерные компетенции:

- работа электрических цепей;
- измерение физических величин;
- условные графические обозначения в электрических схемах;
- программирование;
- разработка встроенного программного обеспечения;
- системы управления;
- датчики и исполнительные механизмы;
- аналоговая и цифровая схемотехника;
- техническая документация и поиск информации в интернете.

Для реализации поставленной задачи необходимо было создать соответствующее учебное оборудование, обладающее широким функционалом и дающее возможность выполнять характерные работы, возникающие при организации и проведении физических экспериментов на действующих современных научно-исследовательских установках.

Схема взаимодействия пользователей с инженерным онлайн-практикумом представлена на рис. 1. Ученик курса со своего компьютера получает доступ к удалённому компьютеру, к которому подключен стенд, изучает материалы, выполняет задания, программируя стенд для выполнения заданных физических экспериментов, и в режиме реального времени наблюдает за его работой.



Рис. 1. Схема работы со станком инженерного практикума

Практическая реализация

В качестве начальной части оборудования использовалась отладочная плата МилКиТЭС, ранее разработанная в университете, которая была достаточно высоко оценена на различных тематических образовательных форумах и выставках (например, «Наука 0+», Москва, 2019 г., Московский международный салон образования, 2019 г.). Эта плата позволяет в удаленном режиме выполнять программы на российских микроконтроллерах и выводить информацию, в том числе на графический дисплей [3]. Для нового образовательного онлайн-практикума было решено построить лабораторный станок на базе данной отладочной платы, разработав к ней модуль расширения

функционала (*МилКиTool*), позволяющий реализовать проведение ряда физических экспериментов.

Модуль расширения *МилКиTool* имеет следующие периферийные устройства:

- датчик измерения температуры;
- датчик измерения магнитного поля;
- нагревательный элемент;
- RGB-светодиод;
- шаговый электродвигатель с блоком управления;

• система измерения токов потребления станда, подсветки, нагревателя.

На рис. 2 представлен модуль расширения *МилКиTool* после трассировки печатной платы (слева) и в изготовленном виде (справа).

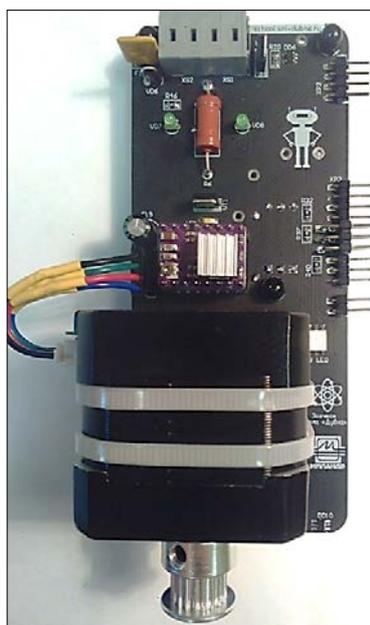
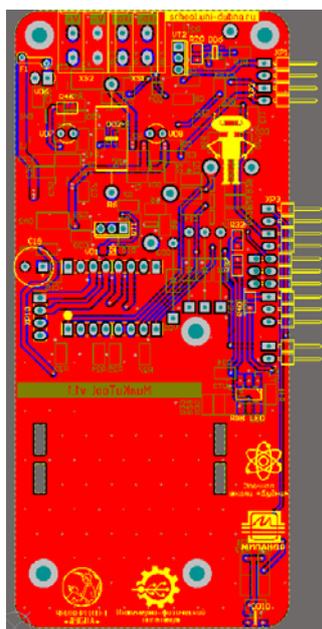


Рис. 2. Модуль *МилКиTool* после трассировки печатной платы (слева) и в сборе (справа)

Затем на основе модулей *МилКиTool* и *МилКиТЭС* был собран лабораторный станок для инженерного онлайн-практикума. В его

состав входят следующие функциональные блоки:

- 32-битный микроконтроллер *K1986BE92QI*;
- отладочная плата МилКиТЭС;
- модуль расширения МилКиTool;
- графический дисплей MT12864B 128 × 64 пикселя;

- 8-светодиодная линейка;
 - блок управления подсветкой стенда (показан разъём для подключения);
 - блок обмена данными с компьютером.
- Лабораторный стенд в сборе представлен на рис. 3.

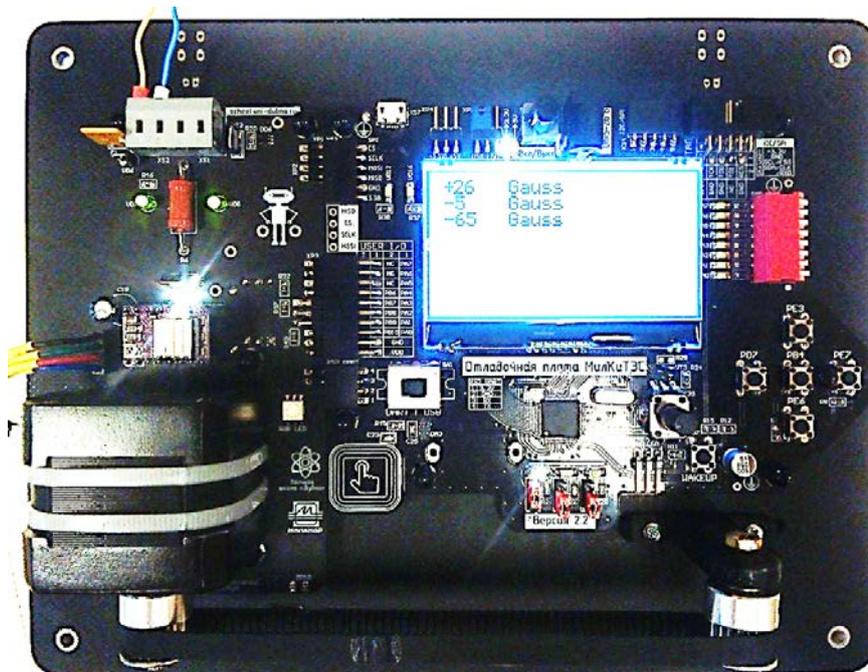


Рис. 3. Лабораторный стенд для инженерного онлайн-практикума

Для управления стендом был выбран подход, заключающийся в подключении некоторого количества стендов к одному компьютеру и установке на этот компьютер нескольких операционных систем для каждого стенда с помощью средств виртуализации. Использование средств виртуализации позволяет выделить каждому ученику отдельную от других операционную систему, которая будет управлять выделенным только ей стендом. В качестве гипервизора был выбран *VMWare ESX*.

Для взаимодействия учеников инженерного практикума с лабораторным стендом необходимо было организовать удалённый доступ. В силу особенностей построения сетей встроенных в ОС *Windows* инструментов недостаточно для реализации удалённого доступа, поэтому необходимо использовать стороннее программное обеспечение. Для этого была выбрана программа *Remote Utilities*.

Обсуждение и результаты

Разработанный лабораторный стенд действительно позволил учащимся удаленно

выполнять практические работы по исследованию различных физических явлений одновременно с изучением принципов работы на современных установках. Также были разработаны и подготовлены соответствующие обучающие видеоматериалы и методические пособия для выполнения серии лабораторных работ. В процессе выполнения каждой работы учащиеся последовательно выполняют следующие действия:

- изучают видеоматериалы и методические пособия, в которых излагается физическая теория исследуемого явления;
- проходят тестирование по изученной теоретической части;
- изучают видеоматериалы и методические пособия по программированию;
- проходят тестирование по пройденной теме по программированию;
- изучают видеоматериалы и методические пособия по оборудованию, задействованному в лабораторной работе;
- выполняют работы на стенде, в процессе которых самостоятельно пишут управ-

ляющие программы для стендового оборудования, позволяющие осуществить заданный физический эксперимент;

- составляют итоговый отчет о проведенных исследованиях.

Перечень работ, доступных для выполнения на текущей конфигурации лабораторного стенда, представлен в таблице. Структура стенда позволяет без каких-либо трудностей добавлять дополнительные модули для выполнения новых практических работ.

Список доступных практических работ

№	Название работы	Цель работы
1	Измерение тока в цепи	Закрепить на практике такие понятия, как ток, напряжение, электродвижущая сила, сопротивление, нагрузка и т.д., провести измерение тока, в том числе измерить ток, потребляемый самой установкой
2	Управление освещением	Изучить работу широтно-импульсной модуляции, изучить работу транзистора, научиться управлять яркостью подсветки стенда и яркостью дисплея
3	Системы счисления, булева алгебра	Изучить системы счисления, научиться управлять выводами микроконтроллера и освоить принципы использования битовых и логических операций на практике
4	Системы вывода информации	Закрепить навыки работы с графическим дисплеем, научиться выводить различные объекты и изображения, отображать параметры установки
5	Взаимодействие с внешними устройствами	Изучить способы взаимодействия лабораторного стенда с компьютером и инструменты, необходимые для осуществления взаимодействия
6	Процессы нагрева и охлаждения	Изучить работу нагревателя и датчика температуры, написать программу для поддержания температуры нагреваемых элементов установки в заданных пределах
7	Измерение переменного магнитного поля	Изучить способы управления шаговым электродвигателем, изучить работу с датчиком магнитного поля, провести измерения магнитного поля

Можно заметить, что при выполнении работ учащиеся последовательно оказываются в роли как физика-экспериментатора, так и инженера, обеспечивающего работу физических установок. Это, безусловно, поможет школьникам в выборе наиболее подходящей для них специальности при поступлении в высшее учебное заведение. Полученные знания будут полезны при освоении широкого спектра образовательных программ инженерно-физической направленности.

Выводы

1. Разработаны концепция, структура и программно-аппаратная платформа для новой формы дистанционного обучения, позволяющей на практике ознакомить учащихся с современными принципами осуществления научно-экспериментальной деятельности на физических установках.

2. Разработан и создан модульный лабораторный стенд, позволяющий выполнять различные лабораторные работы в режиме удаленного доступа, благодаря чему у учащихся формируются практические инженерные компетенции в области электротехники, электроники и программирования, а также приобретаются углубленные знания по физике.

Библиографический список

1. Rethinking Engineering Education / E.F. Crawley [et al.] // New York: Springer US, 2007.
2. Малитиков Е.М., Карпенко М.П., Колмогоров В.П., Актуальные проблемы развития дистанционного образования в Российской Федерации и странах СНГ // Право и образование. 2000. № 1(2). С.42–54.
3. Основы программирования микроконтроллеров серии 1986BE9X в среде Keil uVision / Ю.С. Сахаров [и др.]. Дубна: Гос. ун-т «Дубна», 2017.