

получения опыта проектно-внедренческой деятельности.

Система совместной проектной деятельности и проблемного обучения поддерживается технологиями электронного и дистанционного обучения, обеспечивая оперативный доступ студента к необходимой базе знаний, потребность в которых возникает в ходе проектной работы. Для работы в режиме реального времени, пополнения знаний по проектной тематике, студенту необходимо иметь доступ к хорошо структурированной и постоянно актуализируемой электронной базе знаний, в том числе с учетом ее наполнения студентом. Система дистанционного обучения университета обеспечивает доступ студента к базе, содержащей электронные курсы университета, а также к электронным курсам других вузов-партнеров, в том числе зарубежных.

В соответствии с выбранной траекторией обучения студент самостоятельно выбирает интересующие его курсы. Текущий контроль результатов обучения осуществляется в системе планирования и мониторинга результатов обучения и профессиональных достижений, позволяя развивать личностные качества студента, его мотивацию и производить управление учебным процессом. Студенты могут получать признание результатов обучения по всем дисциплинам и курсам, к которым предоставляется доступ. Персональные результаты поэтапного обучения каждого студента фиксируются в базе результатов обучения.

В целях повышения качества подготов-

ки, конкурентоспособности, мотивации обучающихся и ресурсного обеспечения образовательная программа может реализовываться в сетевой форме. Освоение отдельных дисциплин происходит при этом в ведущих российских и иностранных университетах на основе академической мобильности обучающихся в соответствии с договорами о реализации программы в сетевой форме. Содержание, объемы и периоды обучения в университете-партнере в рамках программы отражаются в договоре.

Таким образом, основными особенностями разработки программ бакалавриата и магистратуры (при реализации междисциплинарных проектов) являются следующие:

- учет образовательных стандартов (федеральных государственных, собственных, международных) и профессиональных стандартов;
- дипломные проекты, курсовые проекты (работы) и задания для самостоятельной работы обучающихся должны быть непосредственно связаны с реальными работами, выполняемыми научно-производственными организациями;
- обучающиеся через самостоятельный поиск проектных решений, их экспертную оценку со стороны преподавателей, работодателей и сокурсников активно приобретают актуальные знания, умения, развивают личностные качества, в том числе через ответственность за полученные результаты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Всемирная инициатива CDIO. Стандарты: информ.-метод. изд. / пер. с англ. и ред. А.И. Чучалина, Т.С. Петровской, Е.С. Кулюкиной; Том. политехн. ун-т. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2011. – 17 с.
2. Критерии и процедура профессионально-общественной аккредитации образовательных программ по техническим направлениям и специальностям: информ. изд. / сост. С.И. Герасимов, А.К. Томилин, Г.А. Цой, П.С. Шамрицкая, Е.Ю. Яткина; под ред. А.И. Чучалина. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2014. – 56 с.

## Использование виртуальных лабораторий в инженерном образовании

Тверской государственный университет

С.В. Сорокин, И.В. Сорокина, И.С. Солдатенко

Статья посвящена использованию виртуальных лабораторий в инженерном образовании. Рассматриваются программы, позволяющие моделировать электронные схемы и робототехнические системы. Проведенный анализ основан на использовании виртуальных лабораторий в разработанном авторами курсе «основы практического инженерного моделирования» для школьников.

**Ключевые слова:** виртуальная лаборатория, моделирование, роботы, микроконтроллеры, электронные схемы.

**Key words:** virtual laboratory, simulation, microcontrollers, circuits, robots.

#### Введение

Несмотря на растущие потребности рынка труда в инженерах нового поколения, среди предпочтений абитуриентов до сих пор наблюдается перекоп в сторону юридических, экономических и управленческих специальностей. Поэтому одна из основных задач сегодня – популяризация инженерного образования. Эту задачу необходимо решать еще на школьном уровне в тот момент, когда у ученика только формируются предпочтения относительно будущей профессии.

Отсутствие в школьной программе инженерных дисциплин, не считая программирования, преподаваемого в курсе информатики, приводит к тому, что абитуриенты не знают, что их ожидает в вузе, это приводит к снижению успеваемости студентов, росту числа отчислений и переводов на гуманитарные направления [1]. Таким образом, недостаточный уровень инженерных знаний у школьников снижает популярность инженерных отраслей – абитуриенты не желают поступать и учиться на технических специальностях.

Все это обуславливает актуальность создания программ дополнительного образования для практико-ориентированных научно-технических клубов инженерного творчества старшеклассников и

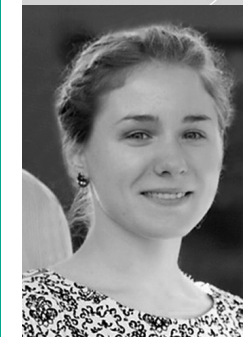
студентов младших курсов, направленных на вовлечение молодежи в инженерное творчество, развитие конструкторского мышления и, как следствие, на мотивацию выбора будущей профессии, связанной с инженерией.

В настоящее время большую популярность набирают разнообразные онлайн курсы, так как они дают возможность обучения на дому, в удобное время с возможностью многократного воспроизведения материалов занятий. Такого рода курсы позволяют получить требуемый навык при минимальных материальных затратах со стороны учащегося, развивая при этом нужные компетенции. Но применительно к вопросу инженерного обучения возникает проблема отсутствия оборудования. Курсы инженерного творчества, особенно если это связано с электротехникой и конструированием роботов, бессмысленны без практических занятий, которые, в свою очередь, требуют наличия специального лабораторного оборудования. Как, к примеру, научиться конструировать роботов, не обладая необходимыми материалами?

Для решения данной проблемы можно использовать виртуальные лаборатории. Они позволяют эмулировать выполнение практических упражнений по построению электрических схем, программиро-



С.В. Сорокин



И.В. Сорокина



И.С. Солдатенко

ванию микроконтроллеров и даже созданию и программированию роботов с высокой степенью достоверности.

В настоящей статье делается обзор современных инструментальных средств, предоставляющих возможности для обучения, и рассматривается их применение в очных и дистанционных курсах по инженерному конструированию. Данный обзор основан на опыте, полученном авторами при разработке дистанционного курса «Основы практического инженерного моделирования» для школьников в рамках государственного задания Минобрнауки РФ по созданию практико-ориентированных научно-технических клубов инженерного творчества.

#### Моделирование электронных схем с микроконтроллерным управлением

Применение микроконтроллеров в электронных схемах позволяет существенно повысить гибкость решения и снизить его схемотехническую сложность, а значит, и стоимость. Данный аспект послужил толчком к повсеместному распространению микроконтроллеров в сфере электроники. К примеру, даже в таком простом устройстве, как фонарь, может использоваться микропроцессорное управление. Поэтому знакомство с разработкой электронных схем в наше время не может обойти стороной вопрос использования в них микропроцессоров.

Насколько известно авторам статьи, в настоящее время существует лишь одна полностью бесплатная система – виртуальная лаборатория, позволяющая моделировать электронные схемы, управляемые микропроцессором. Это онлайн сервис [circuits.io](http://circuits.io) [2] (рис. 1).

Так как эта система работает в онлайн режиме, то для ее использования не требуется установка дополнительного программного обеспечения – вся работа с системой производится непосредственно в браузере. Отметим также, что система вполне удовлетворительно работает на достаточно старых компьютерах (в частности, данная система была успешно протестирована авторами на ноутбуке

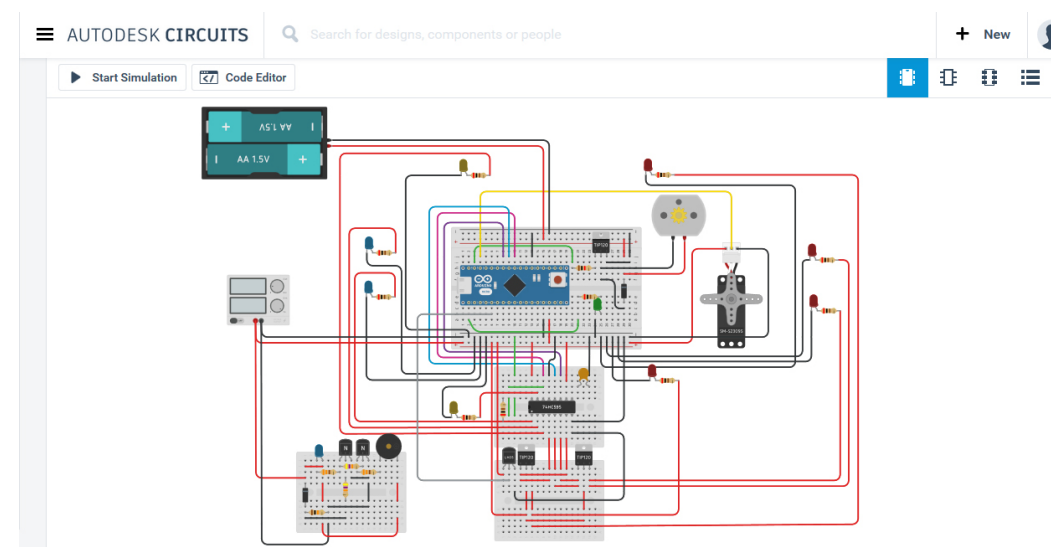
с процессором Intel Core i3 380M, выпущенном в 2010 году). Таким образом, можно констатировать, что доступность этой системы находится на высоком уровне.

Данная виртуальная лаборатория позволяет создавать электронные схемы, используя широкий набор компонентов, включающих источники тока и напряжения, пассивные компоненты (резисторы, конденсаторы и индуктивности) и активные компоненты, такие как диоды, транзисторы, операционные усилители, логические микросхемы, различные датчики и средства индикации. При этом полностью поддерживается интерфейс работы пользователя с компонентами – во время работы моделируемой схемы можно вращать потенциометр, что приведет к изменению его сопротивления и будет учтено в работе модели, нажимать кнопки, менять температуру, которую «измеряет» датчик температуры и т.д.

Основной режим, в котором происходит создание электронных схем – режим работы с макетной платой, на которой расставляются компоненты и выполняются их соединения. В системе имеется режим просмотра (без возможности редактирования) принципиальной электрической схемы, которая составляется автоматически на основе соединений на макетной плате. Также предусмотрен редактор печатной платы, позволяющий выполнять трассировку печатной платы и экспортировать результат в стандартном формате Gerber, поддерживаемом практически любым оборудованием для производства печатных плат.

Однако, основной изюминкой среды [circuits.io](http://circuits.io) является поддержка эмуляции микроконтроллерного управления. В среде имеются модели плат Arduino и отдельных микроконтроллеров фирмы Atmel и воссозданы средства их программирования, предоставляемые средой Arduino. Таким образом, обучающиеся имеют возможность разработать электронную схему, программу для микроконтроллера и промоделировать взаимодействие программы со схемой.

Рис. 1. Виртуальная лаборатория [circuits.io](http://circuits.io)



Следует отметить, что в профессиональном сообществе платформа Arduino часто подвергается критике [3]. В основном эта критика направлена на то, что стиль программирования, культивируемый в среде Arduino, не соответствует стилю промышленной разработки ПО для микроконтроллеров и не позволяет достичь максимально возможной эффективности в использовании доступных ресурсов.

Тем не менее, авторы полагают, что среда Arduino хорошо подходит для знакомства с основами проектирования встраиваемых систем, так как для получения в ней первых практических результатов требуется сравнительно небольшой уровень знаний. Эта особенность упрощает дальнейшее изучение более сложных приемов профессиональной разработки.

Обозначить проблемы стиля программирования Arduino и показать пути для дальнейшего развития – задачи, которые должны быть обязательно учтены при разработке курсов, использующих среду [circuits.io](http://circuits.io) и Arduino.

Ориентация на Arduino также позволяет учащимся легко перейти

от эксперимента в виртуальной среде к практике – платы Arduino дешевы и не требуют дополнительного оборудования для программирования кроме кабеля USB.

В качестве основного недостатка среды [circuits.io](http://circuits.io) можно отметить отсутствие моделей датчиков с цифровыми интерфейсами. Модель Arduino полностью поддерживает работу с интерфейсом i2C, однако в качестве устройств, с которыми можно связаться, могут выступать только другие платы Arduino. С одной стороны, такой вариант позволяет познакомиться с особенностями работы с шиной i2C как в режиме мастера, так и в режиме ведомого. Но с другой стороны, в настоящий момент цифровые датчики имеют широкое распространение, а отсутствие их поддержки сужает круг задач, которые можно рассмотреть в курсах, использующих данную систему.

В целом, можно отметить, что система [circuits.io](http://circuits.io) может быть с успехом использована для подготовки курсов по основам схемотехники и разработки встроенных систем, позволяя реализовать весь цикл проектирования устройства, включая



разработку электронной схемы, отладку программного обеспечения и трассировку печатной платы.

#### Моделирование роботов

Возможности системы circuits.io ограничены моделированием электрической составляющей системы – она может показать, как крутится пропеллер на электродвигателе или вращается сервопривод, но не обеспечивает моделирование их взаимодействия с окружающим физическим миром. Это является прерогативой другого класса программ, предназначенных для моделирования робототехнических систем.

На основании предварительного анализа авторами были выделены три существующие системы, которые можно использовать в обучении в качестве виртуальных лабораторий: ROS, Webots и V-REP.

#### Система ROS

ROS (сокращение от Robot Operation System, операционная система для роботов) [4] – платформа для программирования роботов, исходно разработанная специалистами Стэнфордского университета. Является единственной полностью бесплатной системой с открытыми исходными кодами из трех перечисленных. Система ROS разрабатывалась как ядро для реализации ПО для роботов и, совместно с другими компонентами, разработанными в рамках этой среды, такими как эмулятор Gazebo [5], может быть использована как виртуальная лаборатория робототехники.

Основным недостатком ROS является тот факт, что необходимый комплект программного обеспечения может быть установлен только в операционной системе Ubuntu определенных версий. Многие источники в интернете, посвященные этой системе, рассматривают именно процесс ее установки и решения возникающих при этом проблем совместимости ОС и компонентов. Такое решение однозначно не может быть рекомендовано для использования в рамках онлайн курсов для школьников, так как большая часть

потенциальной аудитории не сможет ее установить.

#### Система Webots

Среда системы Webots [6] разработана фирмой Cyberbotics, основанной специалистами Федеральной политехнической школы Лозанны (EPFL) и является наиболее функциональной системой моделирования роботов, работающей в операционных системах Windows, Mac OS и Linux.

Эта система поддерживает моделирование роботов и их взаимодействие с физическим миром и позволяет разрабатывать программы для управления роботами на языках программирования C++, Java и Python. Система включает множество готовых моделей роботов. Доступна обширная документация по системе, включающая текст электронного учебника Cyberbotics' Robot Curriculum [7].

К сожалению, все версии программы, включая образовательную, являются платными. Бесплатная пробная лицензия позволяет использовать программу только в течение месяца, после чего будет доступно редактирование только двух стандартных моделей, а остальные будут открываться в режиме воспроизведения без возможности модификации. Такие ограничения делают невозможным использование этой системы в онлайн курсах.

#### Система V-REP

Система V-REP [8] является коммерческой разработкой фирмы Coppelia Robotics, однако ее лицензия позволяет бесплатное использование в целях образования без ограничений функциональности. Система V-REP доступна для Windows, Mac OS и Linux.

Несмотря на то, что удобство интерфейса и документация несколько уступают системе Webots, V-REP может быть вполне успешно использована как виртуальная лаборатория робототехники.

V-Rep предоставляет виртуальную среду моделирования с интегрированной средой разработки, которая позволяет как строить различные робототехнические устройства: от манипуляторов до

свободно перемещающихся на плоскости или в воздушно-водной среде роботов, так и моделировать их поведение. В библиотеке системы есть большое количество уже заранее созданных роботов, поведение всех узлов и компонентов которых можно задавать посредством скриптов.

Основным неудобством в использовании V-REP в онлайн-курсе для школьников является необходимость знания языка программирования Lua, который не изучается в школьной программе. В принципе, система поддерживает интеграцию с 7 языками программирования: C, Java, Python, Matlab, Octave, Lua и Urbi. Однако ядро системы работает только с языком Lua, и для использования других языков программирования в любом случае потребуется написать небольшую программу-адаптер на этом языке. Поэтому при разработке курса по практическому инженерному моделированию для школьников авторами было принято решение включить в него небольшой раздел по программированию на Lua. Этот язык программирования в достаточной степени схож с другими современными языками программирования, и можно надеяться, что его освоение в необходимом для курса объеме не составит большой сложности для слушателей, имеющих опыт программирования на других языках. В противном случае придется использовать непонятный для обучающихся фрагмент кода и отказаться от применения интегрированной среды разработки, что усложнит работу с системой.

#### Выводы по системам робототехнического моделирования

Совокупность легкости установки под все распространенные в данный момент операционные системы и бесплатная образовательная лицензия делают V-REP единственной доступной в настоящее время системой, пригодной для использования в качестве виртуальной робототехнической лаборатории для онлайн курсов.

Однако, если система используется в рамках курсов, проводимых в учебном заведении, имеющем возможность

приобретения программного обеспечения, то можно рекомендовать использование системы Webots, как обладающей большими возможностями и удобством в использовании и программировании.

Среда ROS может быть рекомендована для использования в образовательных программах вузов. Наличие открытых исходных кодов позволяет применять эту систему для изучения и разработки алгоритмов машинного зрения, обратной кинематики, локализации и картографирования. Система ROS активно используется в современных научных исследованиях. Однако ее использование может создать проблемы с точки зрения системного администрирования, вплоть до установки строго фиксированных версий операционных систем.

#### Апробация

В рамках выполнения государственного задания Минобрнауки РФ по созданию практико-ориентированных научно-технических клубов инженерного творчества авторами был разработан дистанционный курс для школьников «Основы практического инженерного моделирования» с использованием рассмотренных в статье систем моделирования. Курс рассчитан на 40 часов и затрагивает темы, связанные с разработкой встроенных и робототехнических систем.

В первой части курса рассматривается разработка электронных схем с микропроцессорным управлением с использованием виртуальной лаборатории circuits.io. Вторая часть курса, основанная на использовании системы V-REP, посвящена высокоуровневым вопросам программирования поведения робота. Здесь внимание уделяется таким вопросам как перемещение в пространстве, исследование территории, обнаружение коллизий и реагирование на них, взаимодействие с окружающей средой.

#### Заключение

В статье выполнен обзор современных виртуальных лабораторий, которые могут быть использованы в инженерном образовании, например, при создании онлайн

курсов, когда одной из основных проблем становится необходимость наличия дорогостоящего лабораторного оборудования. Рассмотрены системы, позволяющие моделировать электронные схемы и робототехнические системы. Проведенный анализ основан на использовании виртуальных лабораторий в разработанном

авторами курсе «Основы практического инженерного моделирования» для школьников. Показано, что использование виртуальных лабораторий позволяет школьникам познакомиться со всеми аспектами разработки робототехнических систем без использования специального оборудования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Швецов, В.И. Модернизация преподавания математики как важнейшей составляющей междисциплинарности в инженерном образовании / В.И. Швецов, С. Сосновский // Инженерное образование. – 2016. – № 20. – С. 207-212.
2. Autodesk CIRCUITS [Electronic resource] // Circuits.io: [site]. – San Rafael, 2017. – URL: <https://circuits.io>, free. – Tit. screen (usage date: 13.02.2017).
3. Я презираю Arduino [Электронный ресурс] // Geektimes: [сайт]. – 2014–2017. – URL: <https://geektimes.ru/post/255760>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 13.02.2017).
4. Robot Operating System: ROS [Electronic resource]: [site]. – [Kirkland, 1998–2017]. – URL: <http://www.ros.org>, free. – Tit. screen (usage date: 13.02.2017).
5. GAZEBO [Electronic resource]: [site]. – [Mountain View, CA, 2011–2017]. – URL: <http://gazebo.org>, free. – Tit. screen (usage date: 13.02.2017).
6. Webots [Electronic resource]: [site]. – [Lausanne]: Cyberbotics Ltd, cop. 2017. – URL: <http://www.cyberbotics.com/webots.php>, free. – Tit. screen (usage date: 15.02.2017).
7. Cyberbotics' Robot Curriculum [Electronic resource] // Wikibooks: site. – San Francisco, 2003–2016. – URL: [https://en.wikibooks.org/wiki/Cyberbotics%27\\_Robot\\_Curriculum](https://en.wikibooks.org/wiki/Cyberbotics%27_Robot_Curriculum), free. – Tit. screen (usage date: 15.02.2017).
8. V-REP: Virtual Robot Experimentation Platform [Electronic resource] // Coppelia Robotics: [site]. – Olst, 2012–2017. – URL: <http://www.coppeliarobotics.com>, free. – Tit. screen (usage date: 15.02.2017).

УДК 378.147.88

## Лабораторные работы в структуре продуктивного обучения математике студентов технических вузов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)

**В.А. Акимушкин, С.Н. Поздняков, А.С. Чухнов**

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

**С.В. Рыбин**

**Предлагаемый в статье подход к созданию и использованию лабораторных работ в организации обучения дискретной математике и математической логике, и теории алгоритмов основан на роли компьютерных инструментов в поддержке продуктивного мышления. Рассматриваемые работы основаны на моделировании предметной среды, включают в себя целевую установку, определяющую экспериментально-конструктивную деятельность студента и средства для автоматической оценки частичных решений, предлагаемых обучаемыми. Результаты эксперимента показали существенное повышение эффективности по сравнению с тестами на выбор.**

**Ключевые слова:** лабораторные работы, дискретная математика, математическая логика и теория алгоритмов, информационная среда, имитационные модели.

**Key words:** laboratory works, discrete mathematics, mathematical logic.

#### Введение

Большое число современных авторов понимают под лабораторной работой по дискретной математике систему задач по определенной теме, обеспечивающую полный охват отдельных элементов знаний по ней. Нам кажется, что при таком подходе, выполнение такой лабораторной работы ничем не отличается от решения индивидуального домашнего задания или набора тестовых задач [1-3].

Классическое инженерное образование трактует лабораторную работу по математике как учебное занятие, являющееся основной единицей лабораторного (вычислительного) практикума, на котором реализуются численные методы решения профессионально значимой за-

дачи [4]. При этом относительно редко решаются типовые задачи, соответствующие будущей специализации, чаще – «профессиональные» задачи технического содержания (называемые часто задачами прикладной направленности).

Лабораторный практикум должен состоять из примеров решения задач, выполняемых по образцу творческих индивидуальных заданий. Тогда система лабораторных заданий активизирует самостоятельную работу студентов и способствует более глубокому освоению курса и отработке приемов решения задач. При проведении занятий студенты будут более активно участвовать в решении и разборе задач, которые им придется выполнять индивидуально. Самостоятельное решение студентами задач помогает им лучше



В.А. Акимушкин



С.Н. Поздняков



С.В. Рыбин



А.С. Чухнов