

Г. М. Милькович¹✉, И. А. Дубров¹, А. А. Шарапов¹

Создание интерактивной образовательной веб-платформы проектирования и программирования робототехнических систем с применением искусственного интеллекта

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: milkovichgleb@mail.ru

Аннотация. В статье представлены основные результаты проектирования и разработки комплексной образовательной веб-платформы для дистанционного изучения робототехники. Выполнен анализ предметной области, в котором выявлен дефицит отечественных программных решений для виртуального моделирования электрических цепей. Для создания серверной архитектуры и системы управления обучением применялся фреймворк NestJS и СУБД PostgreSQL, клиентский интерфейс спроектирован на базе библиотеки React и среды Next.js. В платформу интегрированы модули симуляции микроконтроллеров Arduino и автоматизированной проверки исходного кода на языке C++. Веб-платформа предоставляет пользователям интерактивное рабочее пространство для конструирования схем, преподаватели получают функционал для создания собственных уникальных курсов и автоматическую проверку практических заданий. Готовый продукт исключает зависимость от зарубежных аналогов и экономит бюджет учебных заведений на закупку физических компонентов.

Ключевые слова: образовательная веб-платформа, микроконтроллеры Arduino, робототехника, дистанционное обучение, симуляция схемотехники, автоматизированная проверка кода

G. M. Milkovich¹✉, I. A. Dubrov¹, A. A. Sharapov¹

Development of an interactive educational web platform for the design and programming of robotic systems using artificial intelligence

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: milkovichgleb@mail.ru

Abstract. The article presents the main results of the design and development of a comprehensive educational web platform for distance learning in robotics. An analysis of the subject area was conducted, which revealed a shortage of domestic software solutions for the virtual simulation of electrical circuits. The NestJS framework and the PostgreSQL DBMS were used to create the server architecture and learning management system, the client interface was designed using the React library and the Next.js environment. Modules for simulating Arduino microcontrollers and for automated verification of source code in C++ are integrated into the platform. The web platform provides users with an interactive workspace for designing circuits, instructors gain the ability to create their own unique courses and automatically grade practical assignments. The finished product eliminates dependence on foreign counterparts and saves educational institutions money on the purchase of physical components.

Keywords: educational web platform, Arduino microcontrollers, robotics, distance learning, circuit simulation, automated code verification

Введение

Подготовка современных инженерных кадров неразрывно связана с освоением микроконтроллерной техники, традиционной базой для практических занятий служат платы семейства Arduino. Изучение робототехники требует постоянного взаимодействия с физическими компонентами, однако использование реальных деталей приводит к регулярным проблемам. Компоненты изнашиваются, а контакты перегорают из-за неверного подключения. Закупка и поддержание материальной базы требует значительного финансирования учебных классов [1].

Развитие технологий дистанционного образования выявило недостаток гибкости классического образовательного процесса [2]. Проводить полноценные лабораторные работы удаленно без специализированных сред практически невозможно [3]. Рынок предлагает ряд зарубежных симуляторов, таких как Tinkercad и Wokwi, но использование данных сервисов в российских образовательных учреждениях сопряжено с критическими рисками: блокировки доступа и невозможность официальной оплаты подписок делают учебный процесс нестабильным [4]. К тому же, большинство аналогов имеют закрытый исходный код и не позволяют интегрировать в свои платформы систему управления обучением (СУО) для контроля успеваемости обучающихся.

Целью данного исследования является проектирование и разработка отечественной образовательной веб-платформы. Создаваемый ресурс должен объединить теоретическую базу, виртуальную сборку электрических схем и модуль автоматизированной проверки кода. Разработка такого продукта позволит школам и вузам выстраивать учебный процесс автономно, исключая риск внешних технических сбоев.

Методы и материалы

Базовым каркасом выступила клиент-серверная архитектура, вычислительная нагрузка на устройства обучающихся была минимизирована [5]. Серверная часть базируется на фреймворке NestJS, вся логика разбита на независимые модули: отдельно обрабатываются HTTP-запросы, отдельно контролируются пользовательские сессии. Информация хранится в реляционной СУБД PostgreSQL, структура учебных курсов жестко зафиксирована. Рутинные запросы к таблицам автоматизированы с помощью инструмента Prisma ORM [6].

Клиентская сторона спроектирована на базе React и Next.js, перенос рендеринга на сторону сервера дал существенный прирост в скорости – браузер принимает уже готовый HTML-код. Нестабильная работа на слабых учебных компьютерах исключена. Холст с электрическими цепями генерируется средствами React Flow, глобальные состояния интерфейса надежно удерживаются менеджментом Zustand. Структура взаимодействия программных узлов представлена на схеме (рис. 1).

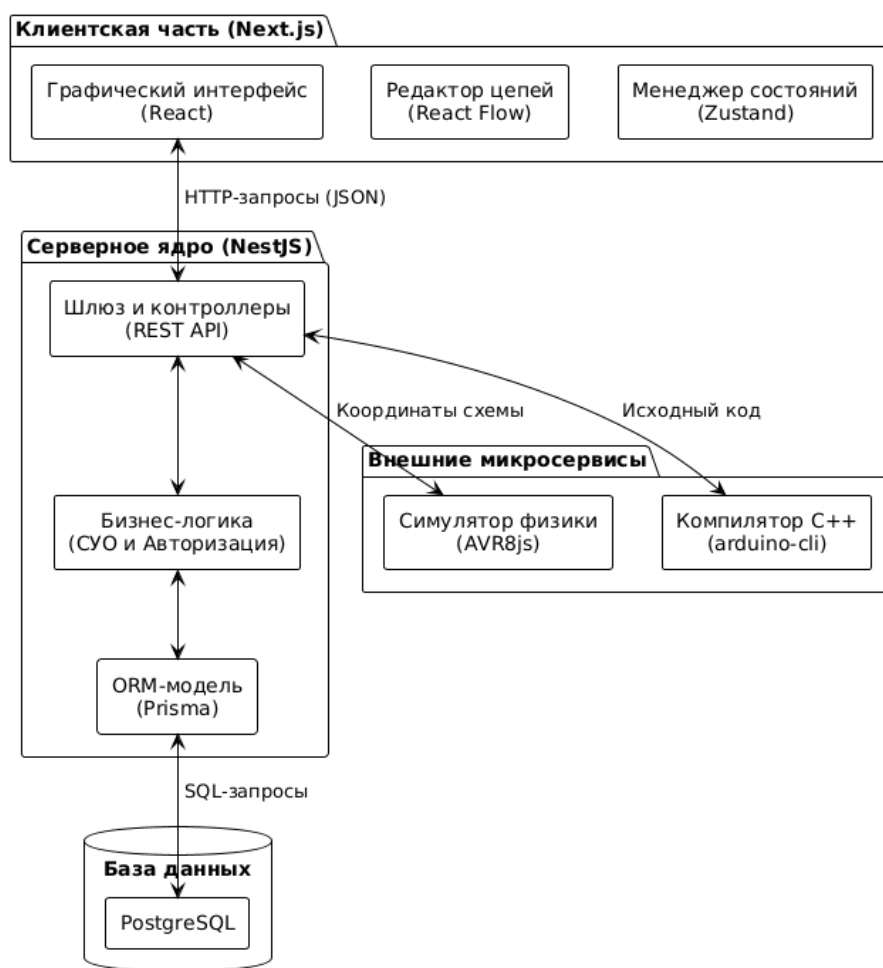


Рис. 1. Архитектура программного взаимодействия компонентов платформы

Для работы с виртуальными платами развернут независимый микросервис, физика процессов внутри цепей рассчитывается программным движком AVR8js. Задача по компиляции C++ скриптов передана консольной утилите Arduino-Cli. Связующим звеном для сетевого обмена выступает архитектура REST API, вся информация пересылается исключительно в текстовом формате JSON.

Результаты

В результате проделанной работы был создан комплексный программный продукт, получивший название «Voltrix». Платформа разделяет пользователей на три основные ролевые группы: гости, обучающиеся и преподаватели, каждая группа наделена строгим уровнем прав доступа [7].

Для обучающихся реализовано интерактивное рабочее пространство с разделенным экраном браузера на функциональные зоны. Пользователь имеет доступ к библиотеке электронных компонентов: микроконтроллеры, макетные платы, датчики, сервоприводы и т. п. Детали переносятся на центральный холст методом визуального перетаскивания Drag-and-Drop. При переключении вкладки с выбора деталей на «Код», пользователю предоставляется встроенный редактор программ-

ного кода с терминалом последовательного порта. Интерфейс рабочего пространства симулятора представлен на рис. 2.

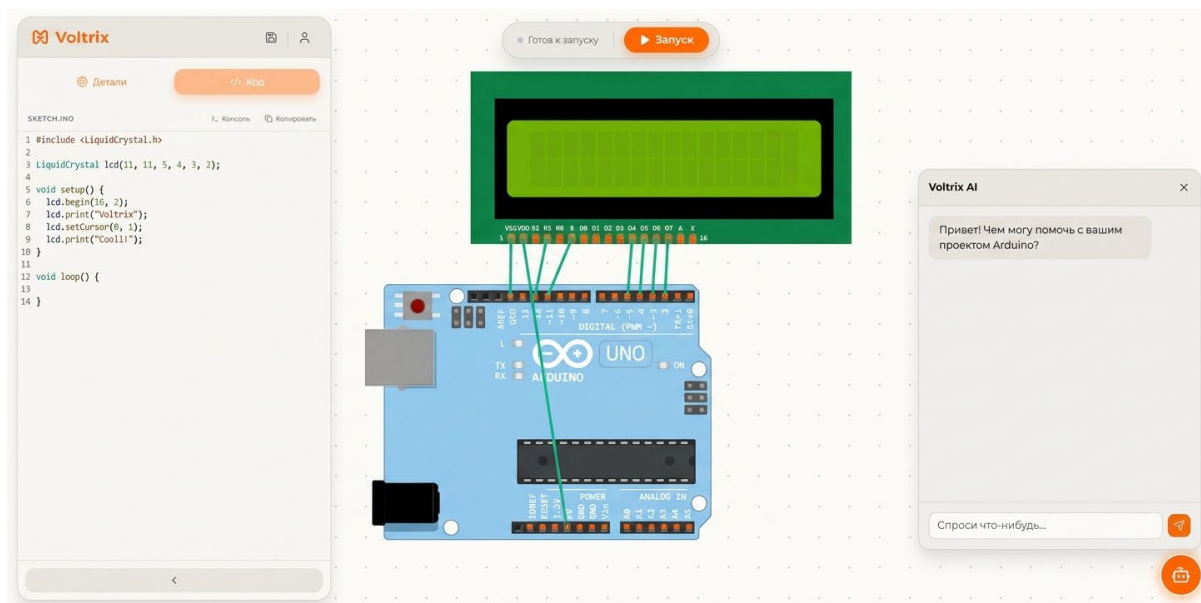


Рис. 2. Интерфейс рабочего пространства симулятора

Для преподавателей спроектирован модуль конструирования курсов (рис. 3). Система управления обучением позволяет формировать структуру образовательной дисциплины, учитель создает теоретические шаги и практические задания. Условия успешного прохождения задачи кодируются в строгие правила формата JSON, при запуске симуляции алгоритм автопроверки считывает этот блок и сверяет его с текущей цепью обучающегося.

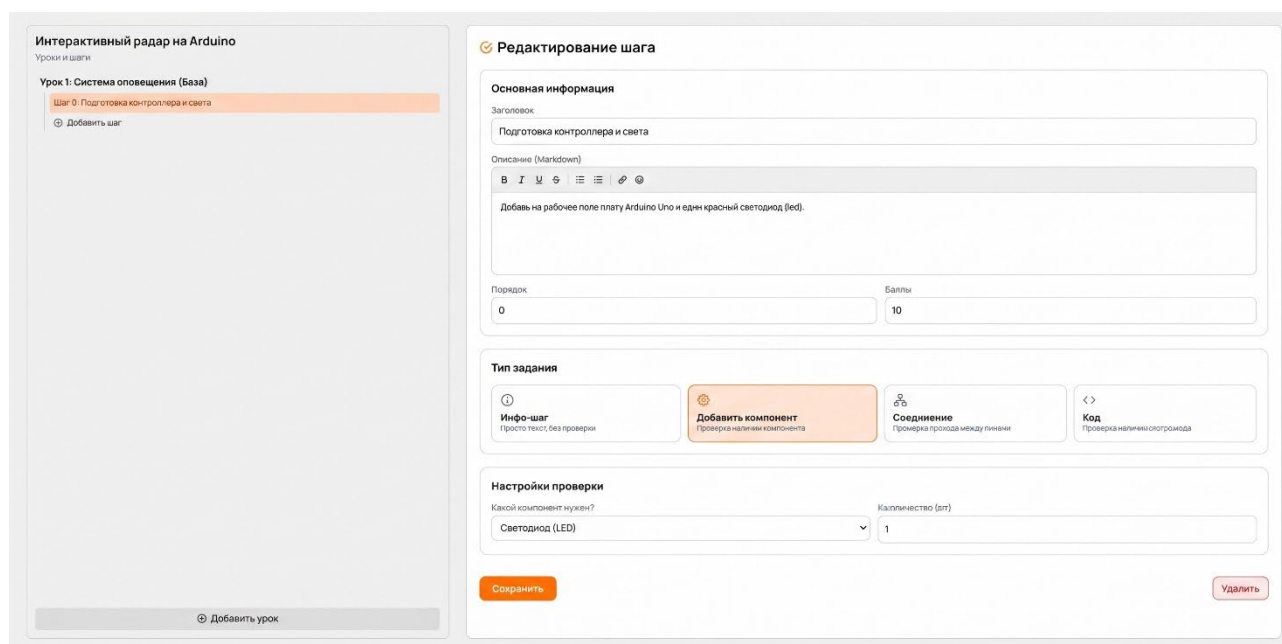


Рис. 3. Панель настройки практического задания (шага)

Система автоматизирует рутинные процессы. Клиентский скрипт собирает координаты расставленных компонентов, связи проводов и текст программы в единый массив. Сформированный пакет маршрутизируется в модуль компиляции, в случае неверного подключения контактов платформа мгновенно выводит уведомление об ошибке. При корректной сборке сервер обновляет статистику в базе данных и автоматически начисляет баллы студенту.

Обсуждение

Анализ конкурентоспособности созданного продукта подтверждает его высокую эффективность. Популярные зарубежные сервисы предоставляют качественную визуализацию, однако их функционал ограничивается форматом виртуальной песочницы. Образовательным учреждениям приходится использовать дополнительные платформы для ведения успеваемости обучающихся.

Разработанная веб-платформа решает данную проблему комплексно. Теория, сборка схем и программирование происходят в одном окне браузера. Внедрение функции автоматизированной проверки кода избавляет преподавателей от необходимости визуально анализировать каждую студенческую работу. Время на проверку домашних заданий сокращается кратно. Сравнительная характеристика существующих решений приведена в табл. 1.

Таблица 1. Сравнение образовательных веб-платформ

Критерий оценки	Зарубежные симуляторы	Текстовые системы	Разработанная платформа
Наличие встроенной СУО	Нет	Да	Да
Виртуальная сборка цепей	Да	Нет	Да
Автоматическая проверка	Нет	Частично	Да
Риск блокировок и санкций	Высокий	Отсутствует	Отсутствует

Для оценки экономической целесообразности внедрения разработанной платформы применяется математическая модель расчета сокращения финансовых издержек учебного заведения. Вычисление коэффициента экономической эффективности (K_{eff}) рассчитывается по формуле:

$$K_{eff} = \frac{n \cdot (C_{hw} + C_{fail})}{C_{soft}}, \quad (1)$$

где n – количество оборудуемых учебных мест;

C_{hw} – базовая стоимость физического набора микроконтроллера и датчиков;

C_{fail} – средние ежегодные затраты на замену сломанных компонентов;

C_{soft} – стоимость годовой лицензии на использование веб-платформы.

Проведенные расчеты показывают, что при увеличении числа студентов значение коэффициента многократно возрастает, закупка физического оборудования требует линейного увеличения бюджета. Внедрение программной симуляции сводит издержки на амортизацию и замену сгоревших компонентов к нулю.

Дополнительным коммерческим и академическим преимуществом является независимость от санкционных рисков, так как серверная архитектура базируется на отечественных облачных мощностях. Разработанный продукт позволяет полностью отказаться от закупок физических микроконтроллеров и расходных радиодеталей, что ведет к значительной экономии государственного бюджета.

Заключение

Проектирование и разработка образовательной веб-платформы успешно завершены. Итоговый продукт объединяет клиентские интерфейсы, серверную архитектуру, базу данных и независимый модуль симуляции микроконтроллеров. Технология автоматизированной проверки кода доказала свою отказоустойчивость в ходе тестирования.

Созданный программный комплекс полностью удовлетворяет потребности преподавателей и студентов в качественном инструменте для дистанционного изучения робототехники. Платформа готова к внедрению в реальный учебный процесс государственных школ, технопарков и высших учебных заведений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зайцева, С. А. Развитие образовательной робототехники: проблемы и перспективы / С. А. Зайцева, В. В. Иванов, В. С. Киселев, А. Ф. Зубаков // Образование и наука. – 2022. – Т. 24, № 2. – С. 84–115 (дата обращения: 19.11.2025). – Текст : непосредственный.
2. Пьянова, Н. В. Перспективы использования дистанционного обучения в образовательной робототехнике / Н. В. Пьянова, А. И. Попова, Е. А. Алекса // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. – 2022. – С. 263–266 (дата обращения: 14.12.2025). – Текст : непосредственный.
3. Едренкина, М. В. Возможности применения дистанционных образовательных технологий в обучении конструированию в условиях дополнительного образования / М. В. Едренкина // Кронос. – 2021. – № 1 (51). – С. 21–23. – Текст : непосредственный.
4. Сатлер, О. Н. Использование цифровых инструментов Arduino и Tinkercad в условиях дистанционного формата обучения / О. Н. Сатлер, О. В. Капралов // Проблемы современного педагогического образования. – 2025. – Текст : непосредственный.
5. Что такое клиент-серверная архитектура // Work Systems :[блог]. – URL: <https://work-systems.ru/blog/chto-takoe-klient-servernaya-arhitektura> (дата обращения: 04.02.2026). – Текст : электронный.
6. Обзор Prisma ORM: как забыть об SQL и сосредоточиться на данных // Хабр : [информационный портал]. – URL: <https://habr.com/ru/companies/macloud/articles/554952/> (дата обращения: 07.02.2026).
7. Литченко, С. П. Сравнение ПО для моделирования схем / С. П. Литченко, Д. В. Тарасов // Вестник науки. – 2026. – Текст : непосредственный.

© Г. М. Милькович, И. А. Дубров, А. А. Шаранов, 2026