

В. З. Бальжинимаева^{1✉}, Д. Ю. Смирнов¹

Разработка симулятора для получения навыков работы с лабораторным оборудованием, выполняющим анализ ДНК и РНК

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

Аннотация. В статье представлены результаты разработки интерактивного симулятора «RoboLab» на платформе Unreal Engine, предназначенного для обучения студентов работе с оборудованием для анализа ДНК и РНК. Выполнен анализ предметной области, включающий в себя изучение современных методов подготовки специалистов в сфере биотехнологий, а также обоснована целесообразность внедрения виртуальных технологий в образовательные процессы высших учебных учреждений. Разработанное решение позволяет минимизировать риск повреждения реального дорогостоящего оборудования и повышает качество практической подготовки студентов.

Ключевые слова: симулятор, Unreal Engine 5, лабораторное оборудование, анализ ДНК и РНК, интерактивное обучение

V. Z. Balzhinimaeva^{1✉}, D. Yu. Smirnov¹

Development of a simulator for acquiring skills in operating laboratory equipment for DNA and RNA analysis

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

Abstract. This article presents the results of the development of «RoboLab» –an interactive simulator built on the Unreal Engine platform–designed to train students in the operation of DNA and RNA analysis equipment. An analysis of the subject domain was conducted, encompassing a review of modern methods for training specialists in the field of biotechnology; furthermore, the expediency of integrating virtual technologies into educational processes within higher education institutions is substantiated. The developed solution serves to minimize the risk of damaging expensive physical equipment while simultaneously enhancing the quality of students' practical training.

Keywords: Simulator, Unreal Engine 5, laboratory equipment, DNA and RNA analysis, interactive training

Введение

В современных условиях подготовки узконаправленных специалистов в области биотехнологий и молекулярной биологии одной из ключевых проблем является ограниченность доступа к лабораторному оборудованию. Однако для уверенного проведения исследований специалисту мало понимать лишь теоретическую часть, он обязан получить практические навыки работы с приборами. Работа с приборами и расходными материалами часто может быть весьма дорогостоящей для организации. Любая ошибка на этапе подготовки проб или неверная настройка оборудования может привести к загрязнению образца или некорректному результату. В связи

с этим актуальным становится внедрение в образовательный процесс виртуальных технологий и интерактивных симуляторов. Для повышения качества обучения необходима разработка специализированного программного обеспечения, ориентированного на прецизионную точность воспроизведения рабочих сценариев и материально-технической базы.

Целью работы является разработка симулятора, обеспечивающего формирование базовых практических навыков работы с лабораторным оборудованием для анализа ДНК и РНК за счет имитации лабораторных процедур, интерактивного взаимодействия с объектами и контроля правильности действий пользователя.

Исследование предметной области

Развитие современных биотехнологий и молекулярной генетики требует подготовки высококвалифицированных специалистов, обладающих безупречными навыками работы с лабораторным оборудованием. Анализ ДНК и РНК – это многоэтапный процесс, в котором любая ошибка на стадии подготовки проб или эксплуатации приборов может привести к значительным финансовым потерям из-за порчи дорогостоящих реагентов и риску поломки сложной техники. В последние годы в качестве эффективного решения данной проблемы рассматривается концепция виртуализации лабораторных пространств, позволяющая перенести процесс формирования первичных навыков в цифровую среду.

Научные данные подтверждают, что использование интерактивных симуляторов в техническом обучении способствует более глубокому пониманию архитектуры приборов и алгоритмов их работы. В отличие от традиционного чтения инструкций, данные методы позволяют обучающемуся визуализировать внутренние процессы, происходящие в оборудовании, таком как центрифуги или спектрофотометры. Это не только ускоряет процесс запоминания последовательности действий, но и формирует мышечную память через механику взаимодействия с 3D-объектами. Ключевыми элементами таких систем являются системы контроля ошибок в реальном времени и встроенные методические подсказки, которые минимизируют риск закрепления неправильных навыков [1].

Несмотря на наличие на рынке специализированных образовательных платформ, их массовое внедрение часто ограничено высокой стоимостью подписок, закрытой архитектурой или отсутствием возможности адаптации под конкретный парк приборов отечественных лабораторий. Кроме того, многие существующие решения ориентированы на упрощенную визуализацию в ущерб технической достоверности. В связи с этим была инициирована разработка оригинального симулятора «RoboLab». Проект направлен на создание автономного приложения с прецизионной точностью 3D-моделей и логикой работы, полностью соответствующей регламентам реальных биологических исследований [2].

Методы и технологии

Реализация интерактивного симулятора «RoboLab» представляла собой комплексный процесс, разделенный на три ключевых технологических этапа,

каждый из которых требовал использования специализированного программного обеспечения.

На первом этапе осуществлялось проектирование высокоточных трехмерных моделей лабораторного оборудования (центрифуги, микроспектрофотометра, системы цифровой ПЦР). В качестве основного инструмента использовалась среда SketchUp, позволяющая создавать модели с соблюдением реальных метрических параметров на основе технической документации приборов.

К преимуществам SketchUp можно отнести следующие моменты [3]:

- высокая точность моделирования, SketchUp ориентирован на работу с реальными метрическими величинами. Это позволяет создавать модели лабораторного оборудования, полностью соответствующие техническим паспортам и чертежам приборов;

- механика прямого моделирования значительно ускоряет процесс проектирования корпусных деталей приборов и позволяет оперативно вносить изменения в структуру объектов без необходимости перестраивать всю модель с нуля;

- программная среда обеспечивает сохранение правильной полигональной сетки и масштаба при передаче моделей в Unreal Engine 5, что исключает возникновение визуальных артефактов и ошибок при настройке коллизий;

- поддержка прямого импорта САД-файлов позволяет использовать реальные подложки и схемы расположения узлов оборудования, гарантируя максимальное сходство виртуального тренажера с оригиналом.

В качестве основного инструментария для сборки и визуализации виртуальной среды был выбран Unreal Engine 5. Данная платформа представляет собой мощный программный комплекс, позволяющий создавать высокореалистичные интерактивные приложения с глубокой физической симуляцией объектов. Использование Unreal Engine в образовательных целях обусловлено возможностью интеграции сложных сценариев взаимодействия с хорошей графикой, что создает эффект полного погружения в лабораторный процесс [4].

К преимуществам среды разработки Unreal Engine можно отнести следующие аспекты [5]:

- технология позволяет в реальном времени просчитывать глобальное освещение и отражения, что критически важно для корректного отображения металлических и стеклянных поверхностей лабораторного оборудования без длительного процесса предварительного просчета света;

- поддержка физически корректного шейдинга (PBR) дает возможность настраивать свойства материалов таким образом, чтобы пластик, металл и жидкости выглядели и взаимодействовали со светом так же, как в реальной жизни;

- наличие встроенной системы визуального программирования Blueprints позволяет выстраивать сложную программную логику приборов и сценарии лабораторных работ;

- встроенные компоненты обработки физики позволяют реализовать естественное поведение лабораторных инструментов;

– архитектура платформы позволяет собрать симулятор в виде независимого исполняемого файла, который работает без необходимости подключения к интернету или установки сторонних браузерных плагинов.

Выбор программного обеспечения обусловлен спецификой данного проекта. SketchUp обеспечил высокую точность проектирования 3D-моделей приборов, а Unreal Engine 5 стал основной средой для реализации интерактивности. Благодаря инструментам данной платформы удалось внедрить продвинутые графические эффекты и физику взаимодействия, что приблизило условия виртуальной лаборатории к реальным. Использование системы визуального программирования Blueprints позволило удобно и эффективно настроить внутреннюю логику оборудования, связав действия пользователя с ответными реакциями системы.

Результаты

В результате работы было создано десктоп приложение, в котором реализованы следующие функции:

- пользователю доступна детализированная локация, включающая основные приборы для анализа нуклеиновых кислот: центрифугу 1248R, микроспектрофотометр Nano 500 и ПЦР-комплекс (рис. 1);
- реализована система управления от первого лица, позволяющая пользователю свободно передвигаться по лаборатории и детально осматривать оборудование под любым углом.;
- интегрирован робот-помощник, с помощью диалоговых окон он сопровождает пользователя все время работы в симуляторе (рис. 2);
- программная часть, написанная на Blueprints, отслеживает каждый шаг пользователя, и предоставляет возможность взаимодействия с оборудованием и получение ответной реакция системы на действия пользователя;
- собрана и представлена информационная база об оборудовании, его эксплуатации и технике безопасности;
- тестирование для пользователя по общим вопросам по лабораторной работе (рис. 1);
- создана система подсчета баллов при прохождении симулятора.

На данный момент все функциональные модули симулятора и база данных оборудования интегрированы в программную оболочку приложения. Использование интерактивной среды для отработки навыков позволит обучающемуся упростить взаимодействие с реальными приборами в лаборатории, работа с которыми требует предельной точности и строгого соблюдения регламентов.

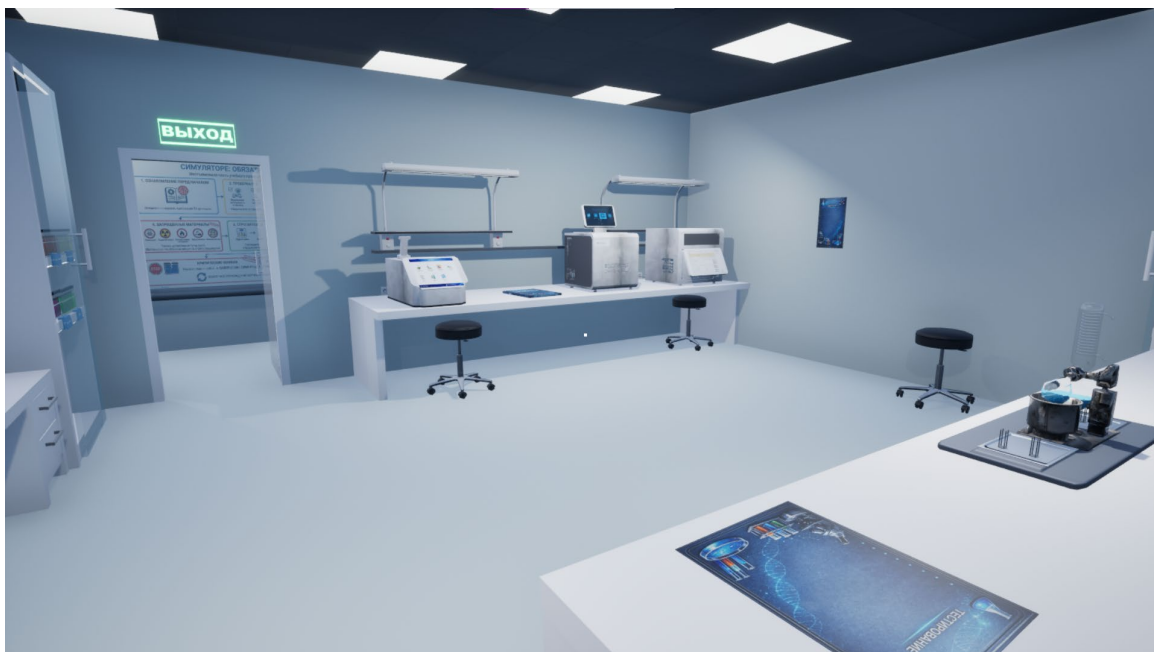


Рис. 1. Внешний вид лаборатории

А для помощи обучающимся, реализован встроенный робот-помощник и система методических подсказок, которые позволят лучше разобраться как с интерфейсом самого симулятора, так и с техническими нюансами эксплуатации сложного оборудования для анализа ДНК и РНК, с которыми студент может столкнуться в реальной профессиональной деятельности.

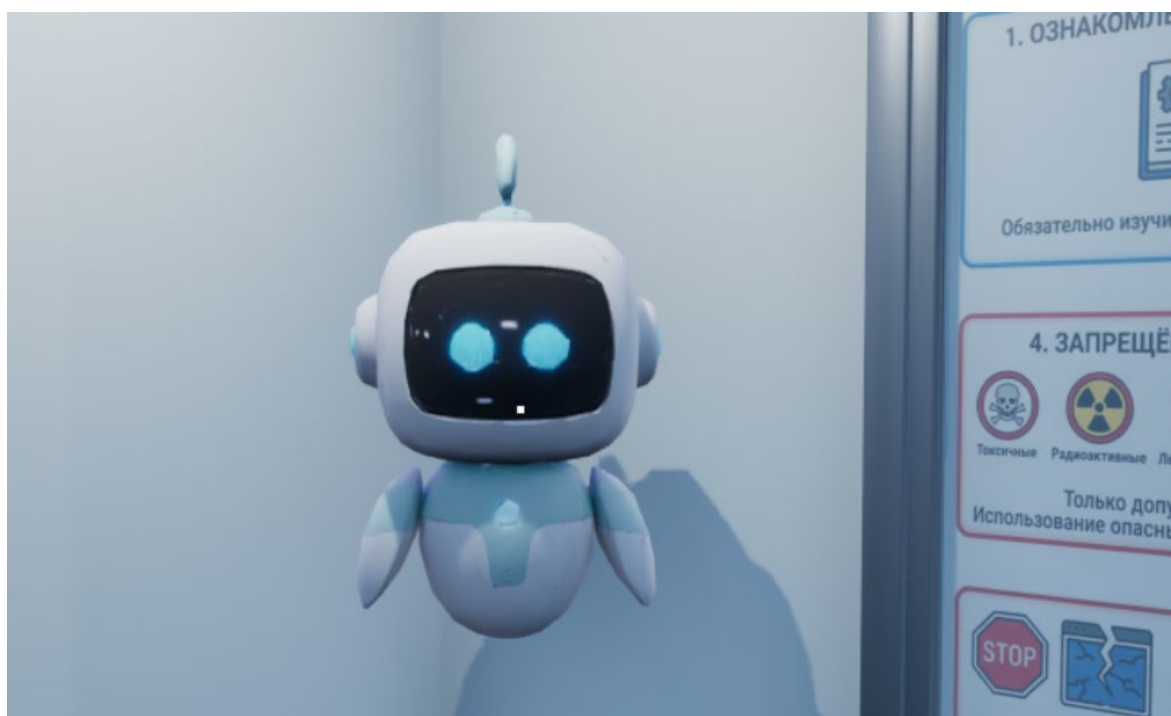


Рис. 2. Робот помощник

Заключение

В результате выполнения работы был разработан интерактивный симулятор «RoboLab», предназначенный для обучения студентов работе с лабораторным оборудованием для анализа ДНК и РНК. Симулятор может быть интегрирован в учебный процесс вузов как средство подготовки к реальным лабораторным работам, что в конечном итоге повышает уровень профессиональных компетенций будущих выпускников и снижает эксплуатационные риски для образовательных учреждений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технические аспекты разработки виртуальных лабораторных работ по техническим дисциплинам / О. Г. Аврунин, О. Я. Крук, Т. В. Носова, В. В. Семенец. – Текст : электронный // КиберЛенинка : [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskie-aspekty-razrabotki-virtualnyh-laboratornyh-rabot-po-tehnicheskim-distiplinam> (дата обращения: 13.05.2026).
2. Степушкина, П. К. Игровые движки для образовательных целей / П. К. Степушкина. – Текст : электронный // КиберЛенинка : [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/igrovyedvizhki-dlya-obrazovatelnyh-tseley> (дата обращения: 13.05.2026).
3. Лапицкая, Д. П. Сравнительный анализ программ для инженерной графики / Д. П. Лапицкая, В. А. Бутайкис, А. А. Куликова. – Текст : электронный // Материалы докладов 81-й студенческой научно-технической конференции БНТУ. – Минск : БНТУ, 2025. – С. 273–274. – URL: <https://rep.bntu.by/handle/data/162890> (дата обращения: 13.05.2026).
4. Эффективность виртуальных технологий для формирования навыков обследования пациента и профессионального мышления врача (результаты проспективных, рандомизированных, контролируемых исследований) / Е. Г. Рипп, Т. М. Рипп, Ю. С. Духовный, А. С. Зверев. – Текст : электронный // РОСОМЕД-2025 : сборник тезисов. – 2025. – URL: <https://www.rosmedobr.ru/rosmedobr2025/thesis/390301/> (дата обращения: 13.05.2026).
5. Сравнительный анализ Unity и Unreal Engine в разработке симуляторов / Б. Гылыджов, Г. Дерьяева, Г. Гараева, М. Гайыпназаров. – Текст : непосредственный // Символ науки : международный научный журнал. – 2024. – Т. 1, № 10-1. – С. 49–50.

© В. З. Бальжинимаева, Д. Ю. Смирнов, 2026