

А. О. Гаськова^{1✉}, П. Ю. Бугаков¹

Разработка виртуальной лаборатории для поддержки изучения курса физики с использованием платформы Windows Presentation Foundation

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: gaskova11@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается процесс создания виртуальной лаборатории для сопровождения учебного курса физики с использованием платформы Windows Presentation Foundation (WPF). Разработка ориентирована на создание для СГУГиТ инструмента для контролируемого распространения своих образовательных программных продуктов. Представлены архитектура системы, принципы построения интерфейсов, механизмы защиты данных с применением шифрования и привязки к оборудованию, а также особенности переноса существующих лабораторных работ с Delphi на C#. Описаны реализованные модули лабораторий, включая графическую составляющую и интерактивные элементы управления. Результаты апробированы в рамках студенческой научной конференции, а также предполагается дальнейшее расширение функциональности.

Ключевые слова: виртуальная лаборатория, WPF, C#

А. О. Gaskova^{1✉}, P. Yu. Bugakov¹

Development of a virtual laboratory to support the study of physics course using the Windows Presentation Foundation Platform

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: gaskova11@mail.ru

Abstract. This article discusses the process of creating a virtual laboratory to support a physics course using the Windows Presentation Foundation (WPF) platform. The development is oriented to create a tool for SGUGiT for controlled distribution of its educational software products. The architecture of the system, principles of interfaces construction, mechanisms of data protection using encryption and hardware binding, as well as features of porting existing laboratory works from Delphi to C# are presented. The realized modules of the labs, including the graphic component and interactive controls, are described. The results have been tested at a student scientific conference, and further expansion of functionality is envisioned.

Keywords: virtual laboratory, WPF, C#

Введение

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ) активно развивает и внедряет инновационные образовательные технологии, включая современные виртуальные лабораторные работы по физике. Эти разработки обладают значительным потенциалом для повышения качества учебного процесса не только внутри университета, но и в других образовательных учреждениях. В связи с этим возникает задача по обеспечению возможности

контролируемого распространения таких программных продуктов, что позволило бы СГУГиТ безопасно предоставлять свои разработки сторонним организациям на определенный срок. Ключевой проблемой на этом пути является отсутствие в университете инструмента, который бы сочетал в себе качественный образовательный контент с надежной системой лицензирования, защищающей интеллектуальную собственность и гарантирующей соблюдение условий использования. Это является важным аспектом при разработке образовательных приложений с учетом требований безопасности [1].

В то же время, в современном образовании все чаще применяются цифровые технологии, включая интерактивные методы, которые открывают новые возможности для вовлеченности студентов [2–4]. Особенно это важно для таких предметов, как физика, где теория должна подкрепляться практикой [5]. Но не всегда есть возможность провести обычные лабораторные работы: может не хватать оборудования, или обучение проходит дистанционно [6]. Виртуальные лаборатории как раз помогают решить эти проблемы. В них можно безопасно и наглядно моделировать физические опыты, менять их параметры и сразу видеть результат [7]. Именно поэтому качественные виртуальные лаборатории, разработанные в СГУГиТ, были бы востребованы и в других учебных заведениях.

Для создания таких интерактивных образовательных решений платформа Windows Presentation Foundation (WPF) является технологически оправданным выбором благодаря широким возможностям данной платформы в области построения графически насыщенных пользовательских интерфейсов [8–10]. Как компонент среды .NET, WPF обеспечивает разработку десктопных приложений с современной визуализацией и высокой степенью отзывчивости, что делает ее оптимальным выбором для образовательных приложений, требующих наглядности и интерактивности, и при этом позволяет интегрировать необходимые механизмы защиты [11].

Предметом исследования в данной работе является разработка программно-технического комплекса, объединяющего виртуальную лабораторию по физике на платформе WPF с интегрированной системой лицензирования, которая позволит СГУГиТ осуществлять контролируемое предоставление доступа к данной разработке другим образовательным учреждениям.

Цель данной работы заключается в описании процесса создания такой виртуальной лаборатории. Это включает не только перенос ранее созданных лабораторных работ с Delphi на C# и их модернизацию, но и проектирование и реализацию системы лицензирования. Данная система должна обеспечить защиту от несанкционированного использования, привязку к конкретным компьютерам и контроль срока действия лицензии, позволяя СГУГиТ уверенно делиться своими разработками.

Методы и материалы

На первом этапе проекта был проведен анализ существующих решений в области виртуальных лабораторий, таких как PhET, EduMedia и Labster [2, 12]. Несмотря на высокую степень интерактивности и образовательную ценность для

индивидуального использования, данные решения не предоставляют СГУГиТ необходимых инструментов для контролируемого распространения собственных разработок и управления лицензиями для сторонних учреждений. Среди выявленных ограничений – отсутствие гибких механизмов локализации, зависимость от онлайн-доступа, ограниченная кастомизация, что затрудняет их использование в российских регионах с нестабильной инфраструктурой [6].

Выявленные ограничения обусловили необходимость создания собственной программной платформы СГУГиТ, которая бы не только содержала качественный образовательный контент, но и обладала встроенной системой защиты и лицензирования. Ключевыми требованиями стали офлайн-доступ, реализация многоуровневой системы лицензирования, локализация интерфейса и учебных материалов.

Технологическим решением стал стек на основе WPF и C#. Данная связка позволила не только создать адаптируемый интерфейс и реализовать сложную визуализацию физических процессов, но и эффективно интегрировать разработанные модули системы лицензирования [8, 11]. В качестве основной среды разработки использовалась Visual Studio 2022. Язык программирования C# позволил реализовать как вычислительную логику лабораторных работ и их визуальное представление, так и алгоритмы генерации, управление лицензионными ключами, включая безопасную работу с данными с использованием .NET, таких как SecureString [13, 14].

Для защиты системы были реализованы методы аппаратной привязки по серийному номеру материнской платы, что является одним из подходов к практической реализации лицензирования в офлайн-программах, и шифрование данных по алгоритму AES, соответствующему стандарту FIPS PUB 197 и ГОСТ Р 34.12–2015 для блочных шифров, а также RSA, что является распространенной практикой в криптографической защите информации [15–19]. Хранение информации осуществляется в JSON-файлах с использованием вышеуказанных механизмов защиты, что позволяет системе функционировать полностью автономно и безопасно [12].

Лабораторные работы интегрированы в основное приложение и представлены пользователю через единый интерфейс, который позволяет вызывать и работать с каждой из них в отдельном окне. Несмотря на то, что они не являются внешними подключаемыми модулями, их реализация внутри приложения логически обособлена. Это обеспечивает как удобство использования, так и гибкость для СГУГиТ в плане последующего добавления новых лабораторных работ или модификации существующих в рамках программного продукта, предназначенного для контролируемого распространения.

Результаты

Одним из первых этапов проектирования стало построение концептуальной модели системы (рис. 1). Она иллюстрирует взаимодействие основного приложения и утилиты для генерации лицензионных ключей. Модульный подход разделяет ответственность между компонентами, упрощая разработку и поддержку.

Это позволяет легко интегрировать новые лабораторные работы и обновлять существующие.

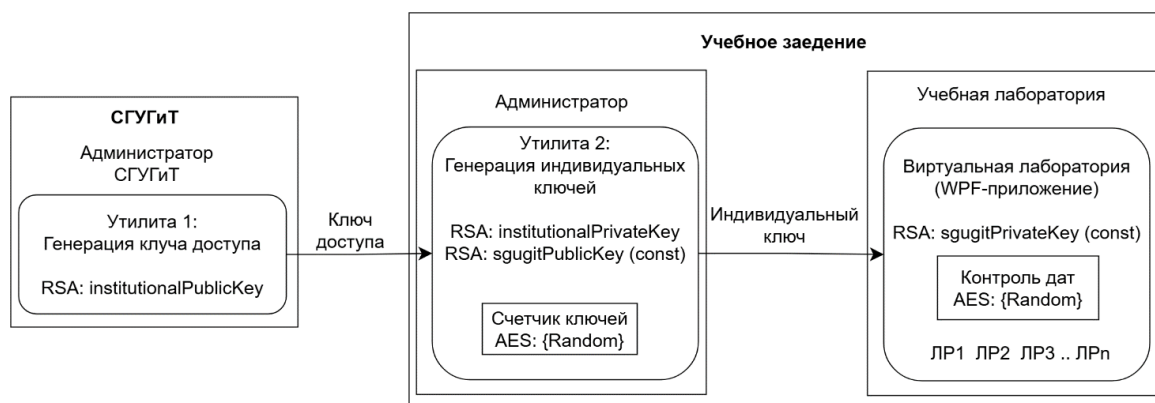


Рис. 1. Концептуальная модель

Следующим этапом проектирования стало построение диаграммы прецедентов, отражающей функциональные требования к системе. Выделены две основные категории пользователей: Администратор СГУГиТ, Администратор учреждения и Пользователь. Для каждого из них определен перечень действий от ввода ключа до запуска лабораторных работ. На диаграмме также отображены внутренние процессы, включая проверку оборудования и шифрование, которые играют ключевую роль в обеспечении защиты (рис. 2) [5].

Далее была составлена диаграмма последовательности, демонстрирующая взаимодействие между пользователем, системой проверки лицензий, файловой системой, модулем шифрования и компонентом контроля оборудования. Представлены все шаги – от ввода ключа до верификации срока действия и соответствия оборудования, а также альтернативные сценарии (рис. 3) [5].

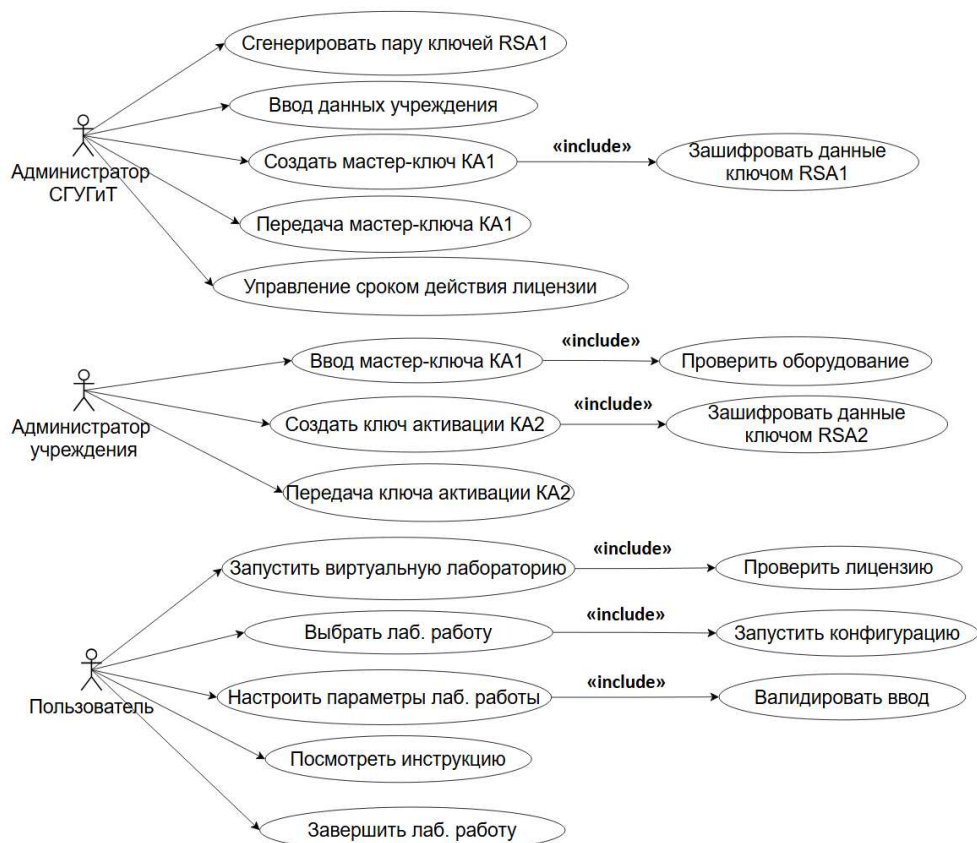


Рис. 2. Диаграмма прецедентов

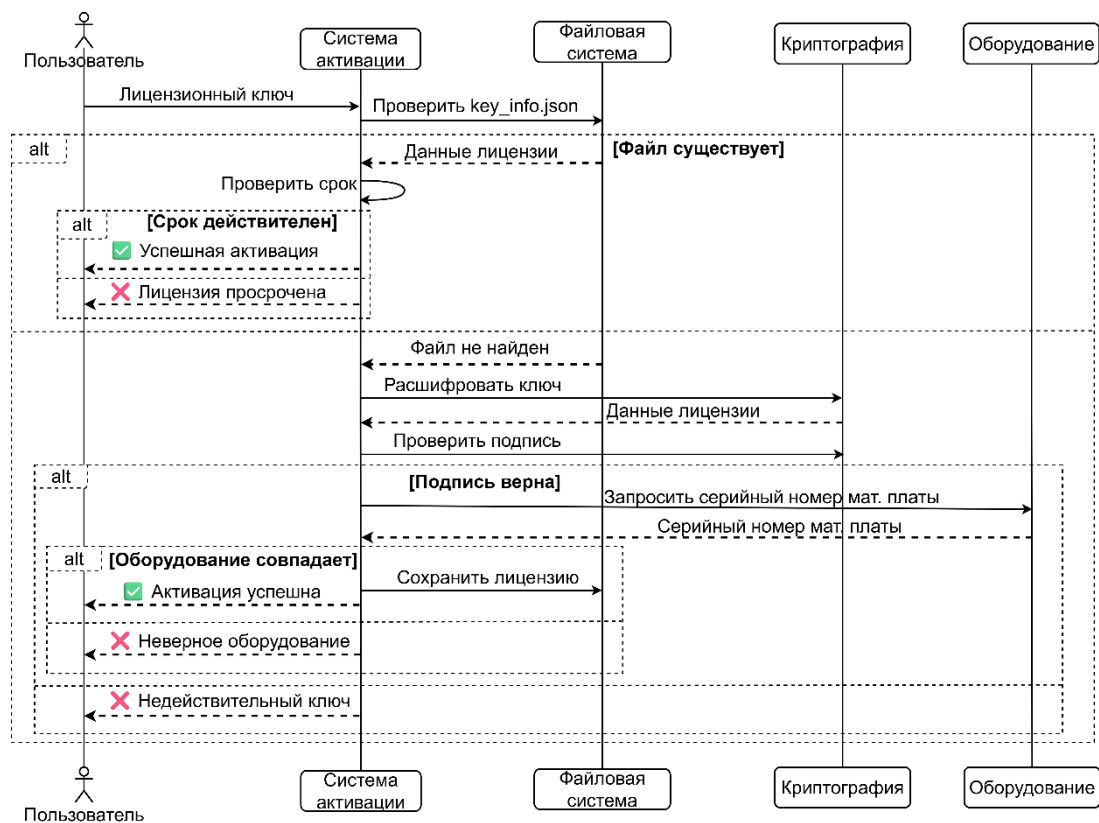


Рис. 3. Диаграмма последовательности

Графическая часть системы включает два интерфейса: административный и пользовательский. В административной панели реализованы функции генерации и распространения ключей, а пользовательский интерфейс позволяет запускать эксперименты, настраивать параметры и сохранять результаты. Также предусмотрены функции проверки данных и загрузки конфигураций [11, 18].

Система лицензирования основана на RSA-ключях. Первая утилита генерирует уникальные пары RSA-ключей для каждого учреждения. Один ключ из этой пары встраивается во вторую утилиту для расшифровки лицензионной информации. Отдельная, постоянная RSA-пара, зашитая во вторую утилиту и основное приложение, используется для лицензирования пользовательских ключей. Предотвращение избыточной генерации ключей обеспечивается счетчиком, хранящимся в файлах на компьютере. Этот счетчик зашифрован AES, ключ для которого извлекается из данных мастер-ключа.

Система хранения данных включает в себя проверку подлинности ключа, его последующее сохранение в зашифрованный JSON-файл и привязку к конкретному оборудованию. Это предотвращает несанкционированное копирование и запуск приложения на других устройствах [18].

На текущий момент в составе лаборатории реализовано шесть практических модулей: «Фигуры Лиссажу», «Сложение колебаний», «Вынужденные колебания», «Распределение Максвелла», «Распределение Больцмана» и «Колебательный контур» (рис. 4). Все они сопровождаются графической визуализацией и позволяют изменять параметры моделей [7]. Например, в модуле «Фигуры Лиссажу» пользователь может настраивать амплитуды, частоты и фазы колебаний для получения различных траекторий [6].

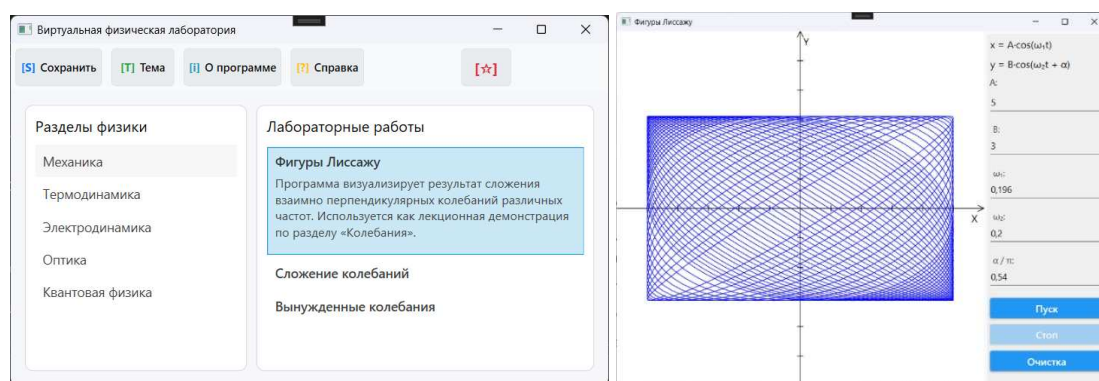


Рис. 4. Пользовательский интерфейс виртуальной лаборатории и лабораторной работы «Фигуры Лиссажу»

Заключение

В данной работе представлена разработка виртуальной физической лаборатории на платформе Windows Presentation Foundation. Она представляет собой не только пример создания образовательного программного обеспечения, но и решение для СГУГиТ, обеспечивающие возможность контролируемого распространения университетских разработок. Успешный перенос и модернизация

лабораторных работ с Delphi на C# и их интеграция в единую программную оболочку позволили не только сохранить и улучшить существующий образовательный контент, но и создать продукт, готовый к безопасному тиражированию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никитин, С. А. Разработка и сопровождение образовательных приложений с учетом требований безопасности / С. А. Никитин // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2023. – № 4. – С. 75–80.
2. Коткин, Г. Л. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием MATLAB / Г. Л. Коткин, В. С. Черкасский. – Новосибирск : НГУ, 2001. – 112 с. – Текст : непосредственный.
3. Гундырев, В. Б. Интерактивные методы и ИКТ в современном инженерном образовании / В. Б. Гундырев, И. В. Самойлова, А. М. Лукьянов // Вестник образования и психологии. – 2014. – № 2. – С. 45–49.
4. Плаксина, И. В. Интерактивные образовательные технологии / И. В. Плаксина. – М. : Юрайт, 2020. – 208 с. – (Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-10342-2. – Текст : непосредственный.
5. Смирнов, А. В. Методика применения информационных технологий в обучении физике / А. В. Смирнов. – М. : Академия, 2008. – 192 с. – ISBN 978-5-7695-4202-0. – Текст : непосредственный.
6. Русакова, М. С. Моделирование физических процессов и визуализация данных средствами Python / М. С. Русакова, Е. В. Рогачева. – Самара : Самарский университет, 2024. – 104 с. – Текст : непосредственный.
7. Борзяк, А. А. Основы компьютерного моделирования и визуализации / А. А. Борзяк, В. В. Топорков, Д. М. Емельянов. – М. : Лань, 2022. – 208 с. – ISBN 978-5-8114-4825-7. – Текст : непосредственный.
8. Мак-Дональд, М. WPF: Windows Presentation Foundation в .NET 4.5 с примерами на C# 5.0 для профессионалов / М. Мак-Дональд ; пер. с англ. – 4-е изд. – М. : Вильямс, 2017. – 992 с. – ISBN 978-5-8459-1923-5. – Текст : непосредственный.
9. Microsoft Learn. Windows Presentation Foundation (WPF) Overview // Microsoft Docs. – URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/desktop/wpf/overview/> (дата обращения: 10.05.2025). – Текст : электронный.
10. MSDN. Windows Presentation Foundation (WPF) Overview // Microsoft Docs. – URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/desktop/wpf/overview/> (дата обращения: 10.05.2025). – Текст : электронный.
11. Балакин, А. О. Электронное учебное пособие «Разработка WPF-приложений в C#» : выпускная квалификационная работа / А. О. Балакин. – Екатеринбург : РГППУ, 2018. – 72 с. – Текст : непосредственный.
12. PhET Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. – URL: <https://phet.colorado.edu/> (дата обращения: 10.05.2025). – Текст : электронный.
13. Microsoft Learn. Руководство по C# // Microsoft Docs. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/> (дата обращения: 10.05.2025). – Текст : электронный.
14. MSDN. SecureString and encryption in .NET // Microsoft Docs. – URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/api/system.security.securestring> (дата обращения: 10.05.2025). – Текст : электронный.
15. Шайтанов, М. И. Практическая реализация аппаратной привязки лицензий в офлайн-программах / М. И. Шайтанов // Информационные технологии. – 2023. – № 2. – С. 61–65.
16. FIPS PUB 197. Advanced Encryption Standard (AES) / National Institute of Standards and Technology. – Gaithersburg, MD, 2001. – URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/FIPS/NIST.FIPS.197.pdf> (дата обращения: 10.05.2025). – Текст : электронный.

17. ГОСТ Р 34.12–2015. Информационные технологии. Криптографическая защита информации. Блочные шифры. – М. : Стандартиформ, 2015. – 12 с. – Текст : непосредственный.
18. Никулина, Т. В. Виртуальные образовательные лаборатории: принципы и возможности / Т. В. Никулина, Е. Б. Стариченко // Педагогическое образование в России. – 2016. – № 6. – С. 98–102.
19. Яковлев, А. В. Криптографическая защита информации / А. В. Яковлев, А. А. Безбогов, В. В. Родин, В. Н. Шамкин. – Тамбов : ТГТУ, 2006. – 180 с. – Текст : непосредственный.
20. Кузнецов, И. В. Методы защиты данных в автономных системах / И. В. Кузнецов. – СПб. : Политехника, 2022. – 144 с. – ISBN 978-5-7325-1234-5. – Текст : непосредственный.

© А. О. Гаськова, П. Ю. Бугаков, 2025