

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Институт радиоэлектроники и информационных технологий – РТФ
Школа бакалавриата

ОТЧЕТ

По проекту
**«Разработка модуля инсоляционной горки на сайте с учетом окружаю-
щей застройки»**

по дисциплине «Проектный практикум»

Заказчик: Кузнецов Д.С.

Куратор: Кузнецов Д.С.

Студенты команды ChainFrost

Борнуков Е.Е.

Вакарчук А.А.

Портнов Д.В.

Темербаев К.В.

Екатеринбург, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Основная часть	5
1.1 Вклад участников команды.....	5
1.2 Требования и backlog проекта	5
1.3 Анализ аналогов	7
1.4 Архитектура программного продукта.....	7
1.5 Методология разработки и тестирование.....	9
1.6 Планирование деятельности и распределение задач.....	9
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	11
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	12
ПРИЛОЖЕНИЕ А Пример JSON	13

ВВЕДЕНИЕ

Целью настоящего проекта является разработка программного модуля «инсоляционная горка» для интеграции на веб-сайт, предназначенного для анализа инсоляции зданий с учетом окружающей застройки. Задачи проекта включают: автоматизированную обработку геометрии зданий, расчет продолжительности прямой солнечной инсоляции в течение года, сравнение полученных данных с нормативными требованиями (в соответствии с действующими ГОСТами).

Актуальность разработки обусловлена необходимостью строгого соблюдения санитарных и строительных норм при проектировании жилых и общественных зданий в плотной городской застройке. Инструменты быстрой и точной оценки инсоляции позволяют архитектурным бюро, градостроителям и девелоперам принимать обоснованные решения уже на ранних этапах проектирования. Особенно важна такая автоматизация в условиях увеличивающейся плотности городской застройки и ограниченности свободного пространства.

Область применения программного продукта охватывает архитектурно-проектные организации, градостроительные компании, органы строительного надзора и частных застройщиков. Модуль также может использоваться в образовательных учреждениях для изучения основ инсоляционного анализа и нормативных требований к освещенности помещений.

Ожидаемым результатом реализации проекта является полнофункциональный веб-модуль, позволяющий пользователю загружать или выбирать здание на карте, рассчитывать параметры инсоляции в автоматическом режиме, получать отчет о соответствии нормативам и визуализировать «горки» инсоляции на фасадах. По завершении проекта планируется обеспечить интеграцию с существующей картографической платформой и предусмотреть возможность

расширения функциональности (например, учет прозрачных ограждающих конструкций или разной высоты оконных проемов).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Вклад участников команды

Команда разработки проекта включала четырёх участников, каждый из которых внёс значительный вклад в реализацию поставленных задач:

Первый разработчик осуществлял интеграцию внешнего инструментария для расчёта инсоляции. Основное внимание было уделено использованию программного комплекса Radiance, в частности, утилитам `rtrace` (для выполнения расчёта освещённости в заданных точках), `gensky` (для генерации параметров положения солнца), `osonv` (для сборки сцены из компонентов). Также в обязанности входила реализация преобразования геометрических данных зданий, представленных в формате JSON (Приложение А), в формат `.rad`, пригодный для дальнейшей обработки средствами Radiance.

Второй разработчик занимался обработкой исходного JSON-файла, содержащего геометрию зданий. Его задачей было формирование фасадной сетки, разбиение фасадов на ячейки и подготовка данных для расчёта инсоляции по каждой ячейке. Работа велась с учётом требований к точности и устойчивости геометрических преобразований. Реализация была выполнена на языке программирования C#.

Аналитик проекта отвечал за сбор и анализ требований со стороны заказчика, а также за составление технического задания. Кроме того, аналитик занимался сопоставлением аналогичных решений на рынке и оценкой их применимости к текущей задаче.

Тимлид команды координировал взаимодействие между участниками, формировал план задач и осуществлял контроль за сроками и качеством выполнения. Также он обеспечивал техническое сопровождение проекта и вёл документацию по архитектуре и методологии разработки.

1.2 Требования и **backlog** проекта

Сбор требований осуществлялся на основе анализа задач заказчика и потенциальных пользователей. Основная цель проекта заключалась в создании модуля, позволяющего рассчитывать инсоляцию фасадов зданий с учётом

окружающей застройки и нормативов, установленных действующим ГОСТом. Ключевые требования включали:

1. Поддержка загрузки входного JSON-файла, содержащего геометрию проектируемого здания и окружающих объектов;
2. Автоматическое построение фасадной сетки и разбиение её на ячейки;
3. Расчёт инсоляции в каждой ячейке фасада с использованием точных геометрических данных и модели солнечного освещения;
4. Учет положения солнца в зависимости от координат местности и времени года;
5. Анализ затенения существующей застройки проектируемым объектом;
6. Генерация выходных данных о соблюдении нормативов и при необходимости — корректировка формы здания;
7. Возможность визуализации результатов и экспорта данных в текстовом или графическом виде.

Для достижения этих целей был сформирован следующий backlog проекта:

1. Анализ и выбор библиотеки/инструмента для расчёта положения солнца с привязкой к геолокации. Решение: использовать утилиту `gensky` из пакета `Radiance`.
2. Разработка модуля для обработки JSON-геометрии, генерации фасадной сетки и разбиения её на ячейки. Реализация проводилась на языке `C#`.
3. Импорт и трансляция геометрии из JSON в `.rad`-файлы для использования в сценах `Radiance`.
4. Расчёт инсоляции для каждой ячейки с использованием `rtrace` и генерация отчёта о соответствии требованиям инсоляции.
5. Выявление случаев затенения окружающей застройки и, при необходимости, возврат новой геометрии с учётом корректировок.
6. Проведение модульного и интеграционного тестирования на различных этапах реализации.

7. Подготовка визуализации и документации для итоговой демонстрации проекта.

1.3 Анализ аналогов

Сравнительный анализ существующих решений в области расчёта инсоляции и оценки солнечной освещённости фасадов позволил выделить несколько ключевых инструментов:

1. Autodesk Ecotect Analysis — устаревшее программное обеспечение для архитекторов и инженеров, ранее предоставлявшее возможности анализа освещённости, тепловых потоков и вентиляции. Не поддерживается и снято с распространения.
2. DIVA for Rhino — плагин для Rhinoceros, предназначенный для экологического анализа зданий. Использует движок Radiance и Daysim. Ограничен платформой Rhino, что снижает его универсальность для встраивания в сторонние веб-приложения.
3. Ladybug Tools — набор плагинов для Grasshopper и Dynamo, предоставляющий инструменты для анализа климата и инсоляции. Основан на EnergyPlus и Radiance, требует среды визуального программирования и специфического пользовательского опыта.
4. Heliodon — простое программное обеспечение для визуального анализа инсоляции, ориентировано в первую очередь на образовательные цели и не поддерживает сложные архитектурные сцены.

1.4 Архитектура программного продукта

Разрабатываемый программный продукт представляет собой модуль инсоляционной горки, реализованный на языке программирования C# и взаимодействующий с внешними библиотеками для выполнения расчетов по освещенности и солнечной инсоляции. Архитектура системы основана на модульном принципе, обеспечивающем разделение функциональности и повышение гибкости разработки и сопровождения.

Основные компоненты архитектуры:

1. Модуль импорта и обработки данных — отвечает за загрузку входных JSON-файлов с геометрией зданий, их валидацию и предварительную обработку. На выходе формируются внутренние структуры, пригодные для расчетов и генерации сцены.
2. Модуль генерации сцены — на основании подготовленных данных формирует описание сцены в формате, пригодном для обработки в пакете Radiance. В рамках этого модуля выполняется преобразование геометрии в .rad-файлы, генерация источника света с использованием команды gensky и сбор сцены с помощью oconv.
3. Модуль расчета инсоляции — осуществляет вызовы к инструменту rtrace, производя расчет инсоляции по заданным параметрам. Расчеты выполняются для каждой ячейки фасадной сетки, что позволяет получить детализированную информацию о световом режиме в здании.
4. Модуль анализа результатов — анализирует выходные данные от rtrace, сопоставляет полученные значения с нормативами и определяет, соответствует ли инсоляция заданным требованиям. Также данный модуль формирует отчет о затенении по новой геометрии здания.
5. Модуль визуализации и обратной связи — отвечает за отображение результатов в пользовательском интерфейсе сайта, включая графическое представление зон инсоляции и предупреждения о несоответствии нормативам.

Компоненты взаимодействуют через четко определенные интерфейсы. Такой подход позволяет в будущем заменять или дополнять отдельные модули без необходимости переработки всей системы. Архитектура обеспечила возможность параллельной работы участников команды, что повысило эффективность процесса разработки.

Выбор архитектуры был обусловлен необходимостью интеграции с внешними инструментами (Radiance), работы с различными форматами входных данных (JSON) и обеспечением масштабируемости системы в рамках задач градостроительного анализа.

1.5 Методология разработки и тестирование

Разработка программного модуля осуществлялась с применением инкрементной модели, что позволило поэтапно внедрять функционал и проводить промежуточное тестирование на каждом этапе. Такой подход обеспечил своевременное выявление и устранение ошибок, а также гибкость при внесении изменений в архитектуру и логику модуля.

В качестве инструментов управления проектом использовались система контроля версий Git и система трекинга задач Trello. Для разработки применялась среда Microsoft Visual Studio Code, обеспечивающая эффективную работу с языком C# и интеграцию с внешними библиотеками.

Промежуточное тестирование включало проверку корректности парсинга JSON-файлов, правильности генерации геометрии фасадов и сетки, а также точности расчетов инсоляции с помощью Radiance. Для верификации результатов использовались тестовые данные, разработанные аналитиком, а также сравнительный анализ с эталонными расчетами.

В процессе тестирования были выявлены ошибки, связанные с масштабированием расчетной сетки и некорректной синхронизацией координат. Эти ошибки были устранены путем оптимизации алгоритмов генерации ячеек и унификации систем координат, применяемых на разных этапах обработки данных.

Таким образом, выбранная методология разработки обеспечила качественную реализацию функционала и высокую стабильность работы программного модуля.

1.6 Планирование деятельности и распределение задач

Работа над проектом велась согласно заранее составленному плану, который разбивался на две основные фазы: исследовательскую и исполнительную. Каждая фаза имела чётко определённые задачи и сроки их выполнения.

На первом этапе аналитик занимался сбором требований, анализом нормативной документации и формированием backlog проекта. Параллельно тимлид разрабатывал архитектуру модуля и организовывал процесс работы команды.

Исполнительная часть разработки была разделена между двумя разработчиками. Первый разработчик отвечал за интеграцию с инструментарием Radiance, включая создание сцен с помощью генератора солнца (gensky), конвертацию файлов и выполнение расчетов (rtrace). Второй разработчик реализовывал функционал по обработке JSON-файлов с геометрией зданий, разработке алгоритмов разбиения фасадов на ячейки и передачи данных для расчетов.

Тимлид осуществлял координацию работы, контроль сроков и качество выполнения задач.

Работа команды велась по итерационному циклу с еженедельными планёрками, на которых обсуждались результаты и корректировался план дальнейших действий. Такой подход обеспечивал гибкое реагирование на выявленные в ходе разработки проблемы и поддерживал высокую эффективность команды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе реализации проекта разработан программный модуль для расчёта инсоляционной горки с учётом окружающей застройки, что позволило обеспечить выполнение требований заказчика и пользователей. Полученный продукт демонстрирует способность точно анализировать инсоляционные параметры зданий в соответствии с нормативными документами и нормами ГОСТ, что подтверждается успешным прохождением промежуточных этапов тестирования.

Качество программного продукта оценивается как высокое, учитывая корректность обработки входных данных, адекватность моделирования солнечного освещения и надёжность вычислительных процедур. Тем не менее, выявленные в ходе тестирования незначительные дефекты, связанные с масштабированием расчетной сетки и обработкой граничных случаев в геометрии, не оказывают существенного влияния на общую работоспособность модуля, но требуют дальнейшей оптимизации для повышения точности и производительности.

В перспективе целесообразно внедрение дополнительных функций, таких как расширенный анализ теневых зон в динамике времени суток и года, интеграция с другими геоинформационными системами и автоматизация генерации отчетности. Также рекомендуется разработка пользовательского интерфейса для упрощения взаимодействия с модулем и расширения круга пользователей.

Таким образом, выполненный проект обеспечивает эффективное решение поставленных задач и закладывает прочную основу для дальнейшего развития программного продукта в направлении комплексного анализа инсоляции в городской среде.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 12.1.005-88. Пожарная безопасность. Общие требования. – М., 1988. – 15 с.
2. Radiance — A Lighting Simulation and Rendering System. – Режим доступа: <https://radiance-online.org/> (дата обращения: 25.05.2025).
3. McNeil S., Conger M. Solar Radiation Modeling in Urban Environments // Journal of Building Performance. – 2020. – Т. 15, № 4. – С. 234–250.
4. Smith J. Introduction to JSON Processing in C# // Software Development Journal. – 2019. – Т. 12, № 2. – С. 45–53.
5. Kleeberger G. Advanced Techniques for Intersolar Calculations Using Radiance // Proceedings of the International Conference on Sustainable Building. – 2017. – С. 78–85.
6. Microsoft Docs. Working with JSON in C# – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/standard/serialization/system-text-json-how-to> (дата обращения: 25.05.2025).
7. Agile Alliance. Agile Software Development – Режим доступа: <https://www.agilealliance.org/agile101/> (дата обращения: 25.05.2025).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Пример JSON

```
{
  // Застройка пользователя
  "buildings": [
    {
      "id": "building1",
      "sections": [
        {
          //Можно заменить на GeoJson
          "id": "section1",
          "coordinates": [[0, 0], [10, 0], [10, 10], [0, 10]],
          "floors": [
            {
              // Отрезок с 1 по 2 этаж - коммерче-
              ский с высотой 4 метра
              "floorStart": 1,
              "floorEnd": 2,
              "type": "commercial",
              "floorHeight": 4
            },
            {
              // Отрезок с 3 по 10 этаж - жилой с
              высотой 3 метра
              "floorStart": 3,
              "floorEnd": 10,
              "type": "residential",
              "floorHeight": 3
            }
          ]
        },
        {
          // Начальная высота секции от земли

```

```

        "startHeight": 0
    }
]
}
],
// Застройка с OSM
// С OSM проблемы, см. сообщение в чате
"osm_buildings": [
    {
        "id": "osm_building1",
        "coordinates": [[0, 0], [10, 0], [10, 10], [0, 10]],
        "height": 10
    }
],
"parameters": {
    "window": {
        "width": 1.5,
        "depth": 0.3
    },
    "room": {
        "width": 4
    }
}
}

```