

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Институт компьютерных и инженерных наук
Кафедра информационных и управляющих систем
Направление подготовки 09.04.04 – Программная инженерия
Направленность (профиль) образовательной программы Управление разработкой программного обеспечения

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав.кафедрой

_____ А.В. Бушманов

«_____» _____ 2025 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: Разработка приложения «Расчёт солнечных батарей для дома»

Исполнитель

студент группы 3105-ом1

(подпись, дата)

Е. В. Логинов

Руководитель

доцент, канд.техн.наук

(подпись, дата)

О. В. Жилиндина

Руководитель научного
содержания программы
магистратуры
профессор, доктор
техн.наук

(подпись, дата)

И. Е. Ерёмин

Нормоконтроль

инженер кафедры

(подпись, дата)

В.Н. Адаменко

Рецензент

старший преподаватель,
канд.техн.наук

(подпись, дата)

Д.В. Фомин

Благовещенск 2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Институт компьютерных и инженерных наук
Кафедра информационных и управляющих систем

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

_____ А.В. Бушманов

« _____ » _____ 2025г.

З А Д А Н И Е

К магистерской диссертации студента группы 3105-ом Логинова Евгения Вячеславовича

1. Тема магистерской диссертации: Разработка приложения «Расчёт солнечных батарей для дома»

(Утверждено приказом от 06.03.2025 №609-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта): 10.06.2025 г.

3. Исходные данные к магистерской диссертации: отчёт по преддипломной практике

4. Содержание магистерской диссертации: анализ предметной области, алгоритм решения задачи, а также программная реализация решения.

5. Перечень материалов приложения:

6. Рецензент магистерской диссертации:

7. Дата выдачи задания: 01.10.2023 г.

8. Руководитель выпускной квалификационной работы: Жилиндина Ольга Викторовна доцент, канд. техн. наук

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

9. Задание принял к исполнению (01.10.2023): _____ Логинов Е.В.

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация содержит 87 с., 30 рисунков, 2 таблицы, 50 источников.

ДЕСКТОПНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ, РАСЧЁТ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ, 3D-ВИЗУАЛИЗАЦИЯ, АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА, UNITY, C#

В магистерской диссертации проанализированы существующие программные решения для расчёта и проектирования солнечных энергосистем, на основе чего разработано десктопное приложение, отличающееся точностью расчётов и возможностью 3D-визуализации солнечных панелей на модели дома.

Целью данной работы является разработка приложения для расчёта оптимального количества солнечных панелей и их визуального размещения на 3D-модели частного дома.

Для достижения поставленной цели решаются следующие основные задачи:

- анализ принципов работы солнечных энергосистем и факторов, влияющих на их эффективность;
- анализ существующих программных решений для проектирования солнечных установок;
- выбор технологий и методологии разработки;
- разработка десктопного приложения с использованием Unity и C#;
- тестирование приложения на соответствие требованиям точности расчётов и качества визуализации.

Практическая значимость приложения заключается в повышении эффективности проектирования домашних солнечных электростанций, минимизации ошибок при расчётах и обеспечении наглядного представления конечного результата за счёт 3D-визуализации.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Общая характеристика предметной области	8
1.1 Предметная область исследования	9
1.2 Существующие методы решения	16
2 Алгоритмическое и программное обеспечение для приложения расчёта солнечных батарей	27
2.1 Описание алгоритма расчёта количества и мощности солнечных батарей для дома	27
2.1.1 Сбор информации о расположении дома и климатических условиях.	27
2.1.2 Оценка потребления энергии домом	29
2.1.3 Расчёт параметров солнечных батарей для установки на дом	32
2.1.4 Визуализация установки солнечных батарей на доме в приложении	34
2.1.5 Проектирование	34
2.1.6 Функции системы	35
2.1.7 Разработка математической модели	36
2.2 Обзор и выбор программного обеспечения разработки	38
2.3 Описание интерфейса пользователя	41
2.4 Выбор языка программирования	44
3 Программная реализация предлагаемого алгоритма расчёта количества и мощности солнечных батарей	47
3.1 Разработка интерфейса пользователя	47
3.1.1 Создание структуры навигации	48
3.1.2 Окно ввода параметров дома	50
3.1.3 Окно ввода энергопотребления	52
3.1.4 Окно выбора солнечных панелей	54

3.1.5	Разработка структуры базы данных	57
3.1.6	Визуализация установки	59
3.2	Разработка алгоритмов расчёта количества и мощности солнечных батарей	62
3.2.1	Расчёт необходимой мощности солнечных панелей	62
3.2.2	Расчёт количества солнечных панелей	63
3.2.3	Определение угла установки панелей	64
3.2.4	Интеграция компонентов приложения	64
3.3	Тестирование приложения	67
3.3.1	Тестирование интерфейса и визуализации	67
3.3.2	Тестирование сценариев использования	73
	Заключение	78
	Библиографический список использованной литературы	80
	Приложение А	88

ВВЕДЕНИЕ

Современные вызовы в области энергетики и экологии требуют поиска альтернативных источников энергии, которые могут снизить зависимость от традиционных видов топлива и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Одним из перспективных направлений является использование солнечной энергии. Солнечные батареи становятся всё более популярными благодаря своей способности преобразовывать солнечный свет в электрическую энергию, что делает их привлекательным решением для домовладельцев.

Однако, несмотря на растущий интерес к солнечным батареям, многие потребители сталкиваются с трудностями при расчёте необходимого оборудования. Это связано с отсутствием доступных и удобных инструментов, которые могли бы помочь в оценке потенциала солнечной энергии для конкретного дома, расчёте необходимого количества и мощности панелей.

В данной работе рассматривается разработка приложения, направленного на решение указанных проблем. Основная цель исследования заключается в создании программного обеспечения, которое позволит пользователям легко и быстро производить расчёты, связанные с установкой солнечных батарей для дома. Приложение будет учитывать такие параметры, как географическое положение, угол наклона крыши, уровень инсоляции и другие факторы, влияющие на эффективность работы солнечных панелей.

Актуальность данной работы обусловлена растущим спросом на возобновляемые источники энергии и необходимостью в инструментах, которые могут помочь потребителям принимать обоснованные решения. Разработка такого приложения не только облегчит процесс выбора и установки солнечных батарей, но и будет способствовать популяризации использования возобновляемых источников энергии.

В рамках исследования будут решены следующие задачи:

- Определение ключевых параметров, влияющих на эффективность работы солнечных панелей.
- Анализ существующих решений для расчёта количества и мощности солнечных батарей.
- Разработка алгоритмов для расчёта необходимого количества и мощности солнечных батарей.
- Создание пользовательского интерфейса, обеспечивающего удобство использования приложения.
- Тестирование и оценка эффективности разработанного приложения.

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Солнечная энергетика как область знаний начала формироваться в середине XX века, когда появились первые прототипы солнечных элементов. В 1954 году компания Bell Labs представила первую кремниевую солнечную панель, которая могла преобразовывать солнечную энергию в электрическую с КПД около 6 %. С этого момента началось активное развитие технологий, направленных на улучшение эффективности фотоэлектрических преобразователей и снижение их стоимости.

В 1970-х годах, на фоне энергетического кризиса, возрос интерес к альтернативным источникам энергии, включая солнечную. Были разработаны новые типы панелей: поликристаллические, аморфные, тонкоплёночные. К концу 1990-х годов солнечные панели начали внедряться в частные дома и коммерческие объекты в Европе и США. В 2010-х годах произошёл скачок в развитии солнечной энергетике: появились высокоэффективные панели с КПД свыше 20 %, разработаны гибкие и прозрачные панели, а также модули с трекерами для отслеживания положения Солнца.

Сегодня солнечная энергетика является одним из ключевых направлений в области возобновляемых источников энергии. Современные солнечные панели используются не только в жилых домах, но и на промышленных объектах, в сельском хозяйстве и даже в транспорте, например, на электромобилях и космических аппаратах.

Солнечные панели позволяют существенно сократить выбросы парниковых газов и снизить негативное воздействие на окружающую среду. В отличие от традиционных угольных и газовых электростанций, солнечные установки не выделяют углекислый газ, оксиды серы и азота, не создают кислотных дождей и не способствуют глобальному потеплению.

Кроме того, солнечные батареи могут устанавливаться непосредственно на объектах потребления – на крышах домов, складах, офисах – что снижает потери при передаче энергии на большие расстояния и повышает общую энер-

гоэффективность системы.

По оценкам Международного агентства по возобновляемой энергии (IRENA), каждая мегаватт-час электроэнергии, вырабатываемый солнечными панелями, позволяет предотвратить выброс в атмосферу до 0.6 тонн CO₂ по сравнению с угольной генерацией.

1.1 Предметная область исследования

Солнечная панель представляет собой сложный технический объект, являющийся результатом многолетних научных исследований и инженерных разработок в области фотоэлектрического преобразования солнечной энергии в электрическую. С точки зрения физики, солнечная панель – это устройство, которое принимает световую энергию, излучаемую Солнцем, и преобразует её в электрическую энергию, пригодную для дальнейшего использования в различных сферах человеческой деятельности, включая энергоснабжение жилых домов, коммерческих зданий и промышленных объектов. Основным элементом, обеспечивающим возможность преобразования солнечной радиации в электричество, является фотоэлемент, или фотогальванический модуль, выполненный на основе полупроводниковых материалов, таких как кремний. Именно полупроводниковые свойства кремния и его способность к генерации носителей заряда под воздействием фотонов лежат в основе работы солнечной панели. Полупроводники обладают уникальными свойствами, которые позволяют им проводить электричество при определенных условиях.

Принцип работы солнечной панели основан на явлении фотоэлектрического эффекта, открытом в 1839 году Александром Беккерелем и подробно исследованном Альбертом Эйнштейном, что принесло ему Нобелевскую премию по физике в 1921 году. Этот эффект заключается в том, что при попадании фотонов на поверхность полупроводникового материала происходит возбуждение электронов, что приводит к их переходу из валентной зоны в зону проводимости. В результате формируется поток электронов, создающий электрический ток. Важно отметить, что эффективность преобразования зависит не только от свойств полупроводника, но и от качества его кристаллической решетки, наличия дефектов, а также от условий освещения, включая интенсивность и

спектральный состав солнечного света. На рисунке 1.1 представлен эффект фотовольтаики. Когда фотон (частица света) попадает на солнечную панель, он может быть поглощен атомом кремния. Если энергия фотона достаточна, она может выбить электрон из его связанного состояния, создавая свободный электрон и дырку. Внутреннее электрическое поле на p-n переходе разделяет свободные электроны и дырки, предотвращая их рекомбинацию.

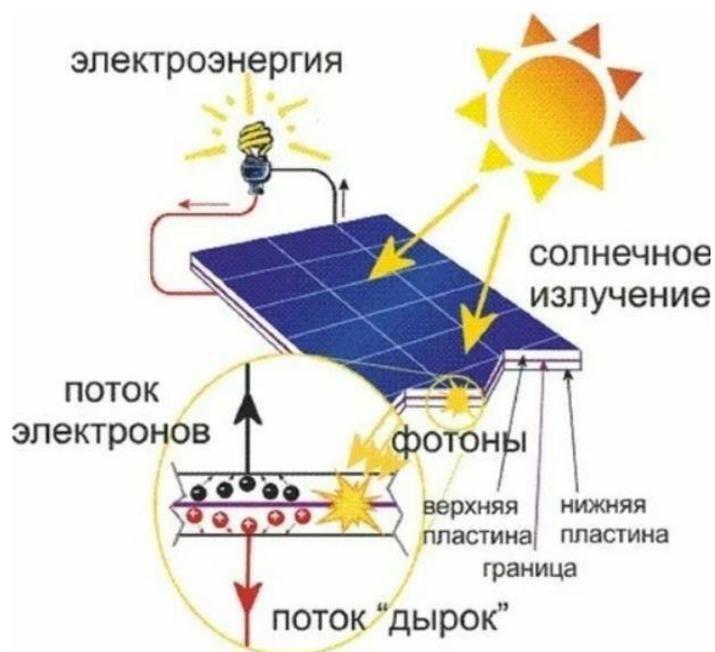


Рисунок 1.1 – Изображение фотовольтаики

Электроны движутся к n-области, а дырки – к p-области, создавая поток электрического тока. Поскольку большинство бытовых приборов работают на переменном токе, постоянный ток, производимый солнечными панелями, преобразуется в переменный ток с помощью инвертора. Фотовольтаический эффект является основой для работы солнечных батарей и позволяет эффективно использовать солнечную энергию для удовлетворения энергетических потребностей.

Современные солнечные панели различаются по типу используемого материала, технологии производства, а также конструктивным особенностям. Сравнительный анализ видов солнечных панелей представлен в таблице 1. Основные виды солнечных панелей включают:

Монокристаллические солнечные панели. Изготавливаются из одного

цельного кристалла кремния. Самые эффективные среди всех типов панелей, обычно с КПД от 15 % до 22 %. Высокая эффективность, долговечность, хорошая производительность в условиях низкой освещенности, более дорогие в производстве по сравнению с другими типами. Монокристаллические панели имеют характерный темно-синий или черный цвет и отличаются однородной структурой, что обеспечивает их высокую эффективность. Однако при этом они требуют более сложного и дорогого процесса производства, включая выращивание монокристаллов методом Чохральского.

Другим типом являются поликристаллические панели, которые изготавливаются из множества кристаллов кремния, что позволяет снизить стоимость производства, но при этом приводит к некоторому снижению эффективности преобразования энергии (КПД порядка 13–16 %). Поликристаллические панели обычно имеют светло-голубой оттенок с характерным рисунком кристаллических границ, и они являются более доступными по цене, что делает их привлекательным выбором для частных пользователей, несмотря на менее высокую эффективность по сравнению с монокристаллическими аналогами.

Третьим типом являются аморфные солнечные панели, которые изготавливаются из тонкопленочных полупроводниковых материалов. Аморфные панели имеют наименьший КПД (порядка 10–12 %), но отличаются гибкостью, лёгкостью и возможностью установки на поверхности сложной формы. Аморфные панели могут применяться в нишевых решениях, таких как переносные зарядные устройства, устройства для кемпинга, покрытия автомобилей и других нестандартных конструкций где традиционные панели установить затруднительно.

Таблица 1 – Сравнительный анализ типов солнечных панелей

Тип панели	КПД (%)	Срок службы	Цена	Особенности
Монокристаллическая	18–22	25–30 лет	Высокая	Высокий КПД, дорогие, долговечные

Продолжение таблицы 1

Тип панели	КПД (%)	Срок службы	Цена	Особенности
Поликристаллическая	13–16	20–25 лет	Средняя	Дешевле, меньше КПД, проще в установке
Аморфная (тонкопленочная)	10–12	10–15 лет	Низкая	Легкие, гибкие, для нестандартных крыш

Помимо классификации по материалу, солнечные панели также различаются по технологии сборки, количеству слоев, наличию антиотражающих покрытий и типу стекла, используемого для защиты фотоэлементов. Каждый из этих факторов оказывает влияние на эффективность работы панели, её срок службы и стоимость.

Фотоэлектрическая система представляет собой комплекс технических элементов, предназначенных для преобразования солнечного излучения в электрическую энергию. Основу такой системы составляют солнечные панели, формируемые из соединённых фотоэлектрических модулей. Мощность отдельной панели варьируется в диапазоне (10–250) Вт, а их объединение в батареи (последовательно или параллельно) позволяет создавать системы мощностью до нескольких киловатт.

Ключевым компонентом системы является фотоэлектрический преобразователь – полупроводниковое устройство, непосредственно преобразующее энергию солнечных фотонов в электрический ток. Поскольку солнечные панели генерируют исключительно постоянный ток, для питания большинства бытовых и промышленных электроприборов требуется инвертор, осуществляющий преобразование в переменный ток (220 В).

Для обеспечения бесперебойного энергоснабжения система включает аккумуляторные батареи, накапливающие избыточную энергию. Управление

энергопотоками осуществляется посредством солнечного коллектора, который предотвращает перегрузку системы и блокирует обратный ток в периоды отсутствия солнечной активности.

В случае недостаточной генерации или полного разряда аккумуляторов подключение нагрузки автоматически переключается на внешнюю сеть с помощью устройства автоматического ввода резерва. Учёт произведённой и потреблённой энергии (например, в зимний период) ведётся через специализированный электросчётчик.

Существуют 3 основные конфигурации солнечных фотоэлектрических систем электроснабжения:

– Автономная фотоэлектрическая система полностью независима от сетей централизованного электроснабжения. За исключением некоторых специальных применений, в которых энергия от солнечных батарей напрямую используется потребителями (например, водоподъемные установки, солнечная вентиляция и т.п.), все автономные системы должны иметь в своем составе аккумуляторные батареи. Энергия от аккумуляторов используется во время недостаточного прихода солнечной радиации или когда нагрузка превышает генерацию солнечных батарей.

– Батарейная соединенная с сетью фотоэлектрическая система похожа на автономную систему. В ней также используются аккумуляторные батареи, но такая система одновременно подключена к сетям централизованного электроснабжения. Поэтому излишки, генерируемые солнечными батареями могут направляться в нагрузку или сеть (для этого необходимы специальные инверторы, которые могут работать параллельно с сетью, их часто называют гибридными). Если потребление превышает генерацию электричества солнечными батареями, то недостающая энергия берется от сети. Некоторые модели таких инверторов с зарядными устройствам могут давать приоритет для заряда аккумуляторов от источника постоянного тока (например, солнечного контроллера), тем самым снижая потребление энергии от сети для заряда аккумуляторов. Существует разновидность батарейной соединенной с сетью системы, в кото-

рой вместо контроллеров заряда солнечных батарей применяются сетевые фотоэлектрические инверторы, соединенных к выходу ББП. Такую возможность имеют всего несколько моделей ББП, но общая эффективность системы за счет применения сетевых фотоэлектрических инверторов может быть намного выше, чем при применении контроллеров заряда АБ.

– Безаккумуляторная соединенная с сетью фотоэлектрическая система является самой простой из всех систем. Она состоит из солнечных батарей и специального инвертора, подключенного к сети. В такой системе нет аккумуляторов, поэтому они не могут использоваться в качестве резервных систем. Когда сеть пропадает, то и выработка электроэнергии солнечными батареями также прекращается. Это может быть ограничением такой системы, но основное ее преимущество - высокая эффективность, низкая цена (за счет отсутствия аккумуляторов и менее дорогого сетевого инвертора) и высокая надежность. Инсоляция – это термин, обозначающий количество солнечной радиации, получаемой определенной поверхностью за определенный промежуток времени. Обычно измеряется в киловатт-часах на квадратный метр (кВтч/м²) или в ваттах на квадратный метр (Вт/м²).

Особое внимание следует уделить инсоляции – количественной характеристике солнечной энергии, доступной на поверхности Земли. Инсоляция измеряется в кВт*ч/м² за определённый промежуток времени (чаще всего за сутки или за год) и зависит от множества факторов: географического положения объекта, времени года, времени суток, погодных условий, угла наклона поверхности относительно горизонта, а также степени загрязнения атмосферы. Например, уровень инсоляции в Сочи составляет порядка 4.7 кВт*ч/м²/день, тогда как в Санкт-Петербурге этот показатель в среднем около 2.6 кВт*ч/м²/день.

Инсоляция – это один из ключевых параметров, определяющих потенциальную энергоэффективность системы солнечного электроснабжения. Чем выше инсоляция, тем больше количество солнечной энергии доступно для преобразования в электрическую. Например, в южных регионах России, таких как Краснодарский край или Ставрополье, среднегодовой уровень инсоляции мо-

жет превышать 4–5 кВт*ч/м²/день, что делает эти регионы перспективными для установки солнечных панелей. В то же время в северных широтах инсоляция может быть существенно ниже, что требует более тщательных расчетов и возможно установки дополнительных модулей для компенсации недостаточной солнечной активности.

Важно отметить, что инсоляция не является постоянным и неизменным параметром: она подвержена сезонным и суточным колебаниям, связанным с вращением Земли вокруг своей оси и обращением вокруг Солнца. Летом, когда продолжительность светового дня максимальна, а Солнце находится выше над горизонтом, уровень инсоляции достигает пиковых значений, тогда как зимой из-за короткого светового дня и низкого угла падения солнечных лучей эффективность выработки энергии снижается. Этот фактор особенно важно учитывать при проектировании систем автономного энергоснабжения для жилых домов, где сезонная разница в выработке энергии может составлять более 50 %.

Географическое положение объекта определяет базовые условия инсоляции через широтные особенности угла падения солнечных лучей и продолжительности светового дня. Эти фундаментальные параметры модулируются сезонными и суточными циклами, создающими выраженную временную вариативность поступления солнечной энергии.

В дополнение к природным факторам необходимо учитывать и антропогенные факторы, такие как затенение от соседних зданий, деревьев, инженерных сооружений и других объектов. Даже частичное затенение одной панели может снизить производительность всей системы из-за особенностей электрической схемы соединения модулей (например, в случае последовательного подключения). Поэтому правильный выбор места для установки панелей и анализ окружающей среды являются важнейшими этапами проектирования.

Установка солнечных панелей – это долгосрочная инвестиция. Средняя стоимость 1 кВт установленной мощности в России составляет от 80000 до 120000 рублей. При этом срок окупаемости системы в зависимости от региона и уровня инсоляции варьируется от 5 до 10 лет.

Пример: дом в Краснодарском крае потребляет 500 кВт*ч в месяц. Установка системы на 5 кВт обойдётся в ~450 000 рублей, но ежегодная экономия на счетах за электроэнергию составит около 50 000 рублей. Это позволит окупить затраты за 9 лет, после чего система начнёт приносить чистую экономию.

1.2 Существующие методы решения

Для расчета солнечных батарей для дома используют специальные алгоритмы, программы-калькуляторы, а также программное обеспечение, которое позволяет проводить детальные инженерные расчеты с учетом множества факторов. В основе большинства расчетных методик лежат базовые физические принципы, описывающие работу фотоэлектрических преобразователей, законы сохранения энергии, а также климатологические данные, определяющие доступное количество солнечной радиации для конкретного региона.

Важно подчеркнуть, что выбор метода расчета зависит от уровня подготовки пользователя, целей проекта и требуемой точности. Для бытовых нужд, например, при проектировании небольшой автономной системы для частного дома, чаще всего применяются упрощенные методы и онлайн-калькуляторы. В то время как для сложных промышленных систем, интегрируемых в энергосети, требуется использование профессионального программного обеспечения, способного учитывать большое количество переменных и сценариев.

Единого подхода к расчету различных солнечных панелей не существует. Каждая методика имеет свои ограничения, допущения и область применения. Например, простейшие методы основаны на расчетах по среднему годовому потреблению электроэнергии дома, умноженному на стандартный коэффициент потерь, и делением результата на среднюю инсоляцию региона. Такие подходы позволяют получить приблизительные оценки, но не учитывают деталей архитектуры здания, затенений и сезонных колебаний.

Расчет солнечных батарей для дачи или частного дома надо начинать с определения потребностей в электроэнергии. Это ключевой этап, без которого дальнейшее проектирование невозможно. Определение энергопотребления может осуществляться двумя основными методами: путем анализа данных счет-

чиков электроэнергии за предыдущие периоды или путем суммирования мощностей всех приборов в доме с учетом времени их работы. Эту величину можно узнать из показаний счетчика электроэнергии или подсчитать по энергопотреблению каждого потребителя и времени его использования. Следует отметить, что первый метод – использование показаний счетчика – является более надежным, так как он отражает фактические данные энергопотребления в течение определенного периода. Второй метод, основанный на подсчете энергопотребления каждого устройства, может привести к значительным ошибкам, особенно если не учтены все приборы, особенности их работы и скрытое энергопотребление (например, в режиме ожидания). Тем не менее, этот метод позволяет получить более детальную картину распределения энергопотребления между различными группами приборов.

Для начала необходимо рассчитать точное количество приборов, которые нужно обеспечить электроэнергией с учетом энергопотребления каждого из них. Сюда могут входить бытовая техника (холодильник, телевизор, микроволновка, утюг и другая бытовая техника), компьютерная техника, системы освещения, бойлеры, котлы, насосы, газонокосилки, снегоуборочная техника и т.п. Важно отметить, что при расчете следует учитывать не только мощность каждого устройства, но и характер его работы, например, циклическую нагрузку стиральной машины или кратковременное использование утюга. Такие нюансы существенно влияют на итоговый расчет. Для этого либо анализируем и усредняем среднесуточные показатели электросчетчика, либо просто складываем все мощности приборов, которые будут работать при помощи солнечных батарей. Это можно сделать согласно инструкции на приборах или найти информацию по усредненным значениям техники в специальной литературе или интернете.

Далее необходимо вычислить уровень инсоляции, количество солнечного излучения, которое попадет на конкретную область Земли. Для каждого региона этот показатель индивидуален. К примеру, в Краснодарском крае уровень инсоляции может достигать 1500–1800 кВт·ч/м² в год, тогда как в Ленинградской области он не превышает 900–1100 кВт·ч/м² в год. Эти различия оказыва-

ют существенное влияние на расчет необходимой мощности солнечной электростанции. В течение года Солнце по-разному освещает поверхность Земли, следовательно и инсоляция в зависимости от сезона имеет различные показатели. А для более эффективной выработки энергии угол наклона солнечных панелей рекомендуется менять с учётом годового изменения положения Солнца.

Кроме того, важным фактором, который необходимо учитывать, является наличие затенений от окружающих объектов. Даже небольшая тень, например, от дерева или дымовой трубы, может значительно снизить эффективность работы солнечной панели или целой системы из-за явления "эффекта затенения", при котором одна затененная ячейка снижает производительность всего модуля.

При нахождении в сети других элементов (таких как аккумулятор) необходимо произвести дополнительные расчёты. После рассчитывается инвертор в зависимости от конфигурации системы. Инвертор играет ключевую роль в преобразовании постоянного тока, вырабатываемого солнечными панелями, в переменный ток стандартного напряжения и частоты (220 В, 50 Гц для России). Его выбор должен быть обоснованным и учитывать как номинальную мощность системы, так и возможные пиковые нагрузки.

В настоящее время на рынке представлено множество программных продуктов и инструментов, предназначенных для расчёта количества и мощности солнечных батарей. Эти решения варьируются от профессиональных программ, требующих глубоких технических знаний, до простых онлайн-калькуляторов, которые предоставляют базовые оценки. Ниже приведён подробный анализ существующих решений, их преимуществ и недостатков. Каждое из программных решений имеет свои особенности, область применения, а также ограничения, связанные с базами данных, обновляемостью климатической информации и возможностями по визуализации результатов. Важно подчеркнуть, что использование таких инструментов позволяет повысить точность расчетов, уменьшить вероятность ошибок и повысить обоснованность проектных решений. Рассмотрим популярные из них:

– PV*SOL(1999)

PV*SOL представляет собой специализированное программное обеспечение для проектирования и моделирования фотоэлектрических систем. Программа обеспечивает комплексный анализ солнечных электростанций, учитывая географические и климатические особенности местности, параметры оборудования, а также потенциальное затенение. Точность расчётов и возможность прогнозирования энергетической эффективности делают данный инструмент ценным ресурсом для проектировщиков и инженеров в области солнечной энергетики.

Важной особенностью PV*SOL является поддержка трёхмерного моделирования, позволяющая детально проектировать солнечные установки различных типов, включая крышные, наземные и фасадные системы. Программа предоставляет инструменты для расчёта как сетевых, так и автономных решений, в том числе систем с аккумуляторными накопителями. Дополнительно встроенные функции финансового анализа помогают оценить экономическую целесообразность проектов, учитывая тарифные политики, субсидии и сроки возврата инвестиций. На рисунке 1.2 показан скриншот приложения.



Рисунок 1.2 – Скриншот приложения PV*SOL

– SOLARGIS PVPLANNER(2010)

Solargis PVPlanner – это облачный инструмент для предпроектного анализа и оценки энергетической эффективности фотоэлектрических станций. В отличие от детальных проектных решений, он ориентирован на быстрые расчёты и предварительную оценку потенциала солнечной генерации на ранних стадиях разработки проекта. Платформа использует точные климатические данные и современные алгоритмы моделирования, что позволяет получать достоверные прогнозы выработки электроэнергии без необходимости сложных расчётов.

Ключевым преимуществом Solargis PVPlanner является доступ к глобальной базе метеорологических данных с высоким пространственным и временным разрешением. Это позволяет оценивать солнечную радиацию и другие климатические параметры для любой точки мира, включая регионы с ограниченной наземной метеорологической инфраструктурой. Система поддерживает моделирование различных конфигураций PV-систем, включая выбор типа панелей, их ориентацию и угол наклона, а также учёт потерь от затенения. Результаты расчётов представляются в виде детальных отчётов, включающих месячные и годовые показатели выработки, карты солнечных ресурсов и экономические показатели. Скриншот представлен на рисунке 1.3.

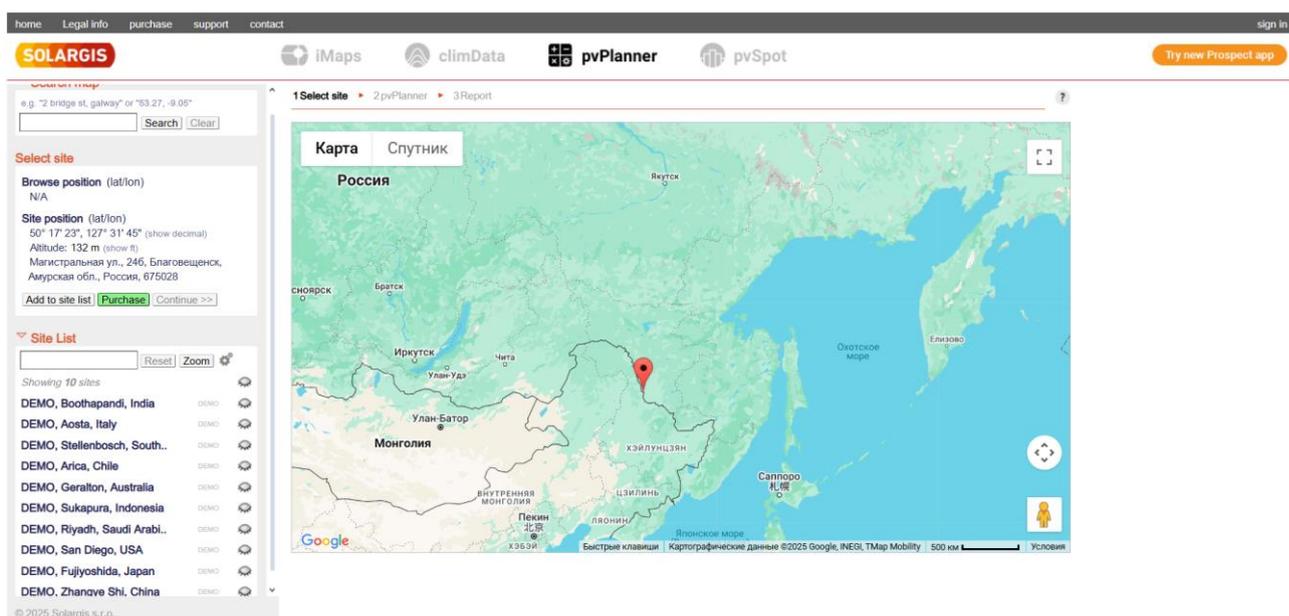


Рисунок 1.3 – Скриншот приложения SOLARGIS PVPLANNER

– SYSTEM ADVISOR MODEL (2007)

System Advisor Model (SAM) – это профессиональное программное обеспечение, разработанное Национальной лабораторией возобновляемой энергетики США, предназначенное для моделирования и технико-экономического анализа энергетических систем. Программа позволяет оценивать производительность и финансовую эффективность проектов, связанных с солнечной энергетикой, ветрогенерацией, биоэнергетикой и другими возобновляемыми источниками. SAM широко используется исследователями, инженерами и разработчиками для прогнозирования выработки энергии, оптимизации конфигурации систем и расчёта ключевых экономических показателей.

Одной из основных особенностей SAM является его модульная структура. Программа использует актуальные метеорологические данные и позволяет учитывать региональные тарифы на электроэнергию, налоговые льготы и другие финансовые параметры. SAM также предоставляет возможность проведения анализа чувствительности, что помогает оценить влияние изменений ключевых параметров на эффективность проекта. Скриншот представлен на рисунке 1.4.

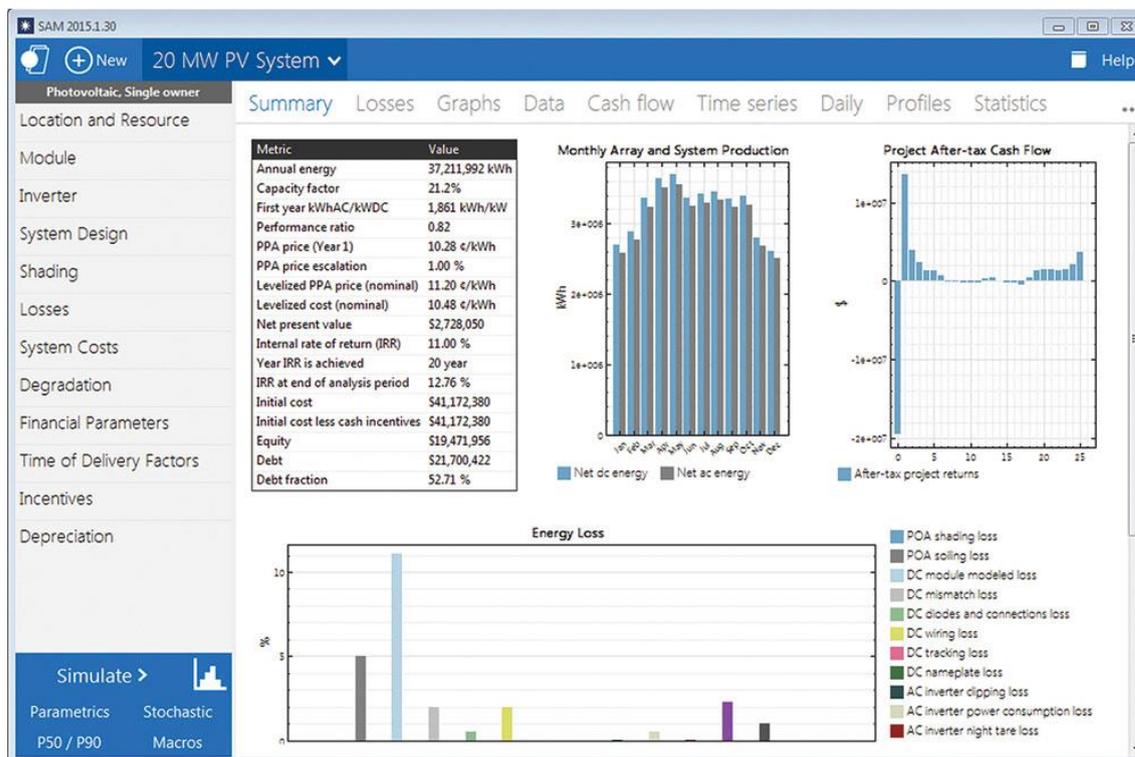


Рисунок 1.4 – Скриншот приложения SAM

– RETSCREEN(1998)

RETScreen – это специализированное программное обеспечение, разработанное при поддержке правительства Канады, предназначенное для комплексного анализа энергоэффективности и возобновляемых энергетических проектов. Программа позволяет проводить технико-экономическую оценку различных технологий, включая солнечные, ветровые, гидроэнергетические системы. RETScreen широко используется инженерами, энергетическими аудиторами и проектными организациями для быстрого сравнения альтернативных решений и определения их жизнеспособности на ранних стадиях разработки.

Ключевым преимуществом RETScreen является его удобный интерфейс и доступ к обширной базе климатических данных, охватывающей практически все регионы мира. Программа включает встроенные инструменты для расчета энергопродукции, финансовых показателей и экологических выгод. Особенно RETScreen является возможность проведения анализа в условиях неопределенности, что позволяет оценить риски, связанные с изменением ключевых параметров проекта. Скриншот представлен на рисунке 1.5.

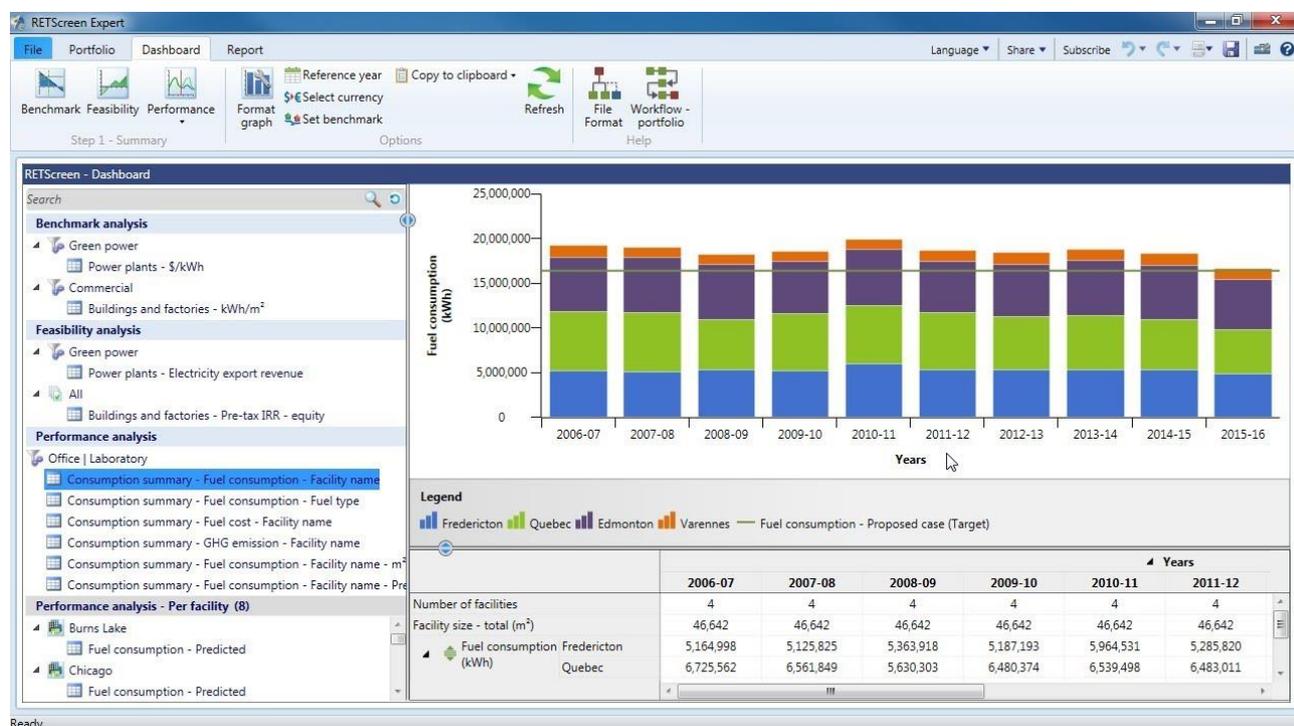


Рисунок 1.5 – Скриншот приложения RETSCREEN

– PVSYST(1992)

PVsyst – это профессиональное программное обеспечение для детального проектирования и моделирования фотоэлектрических систем, разработанное швейцарской компанией PVsyst SA. Программа признана отраслевым стандартом для инженеров, проектировщиков и исследователей в области солнечной энергетики благодаря своей точности, комплексному подходу и широкому набору инструментов анализа. PVsyst позволяет проводить детальные расчеты как для небольших автономных систем, так и для крупных солнечных электростанций промышленного масштаба.

Основными возможностями PVsyst являются: точное моделирование энергетической продуктивности с учетом географического положения, метеорологических условий, характеристик оборудования и потерь в системе; продвинутый анализ затенения с использованием 3D-моделирования; сравнение различных конфигураций системы; а также подготовка профессиональных отчетов. Программа включает обширные базы данных солнечных модулей и инверторов, что упрощает процесс проектирования. Особое внимание уделено параметрическому анализу, позволяющему оценить влияние различных факторов на производительность системы.. Скриншот приложения представлен на рисунке 1.6.

Таким образом, современный рынок предлагает широкий спектр инструментов для проектирования солнечных систем, каждый из которых имеет свои преимущества и ограничения. Выбор конкретного инструмента должен основываться на характере задачи, требуемой точности, бюджете и технических возможностях пользователя.

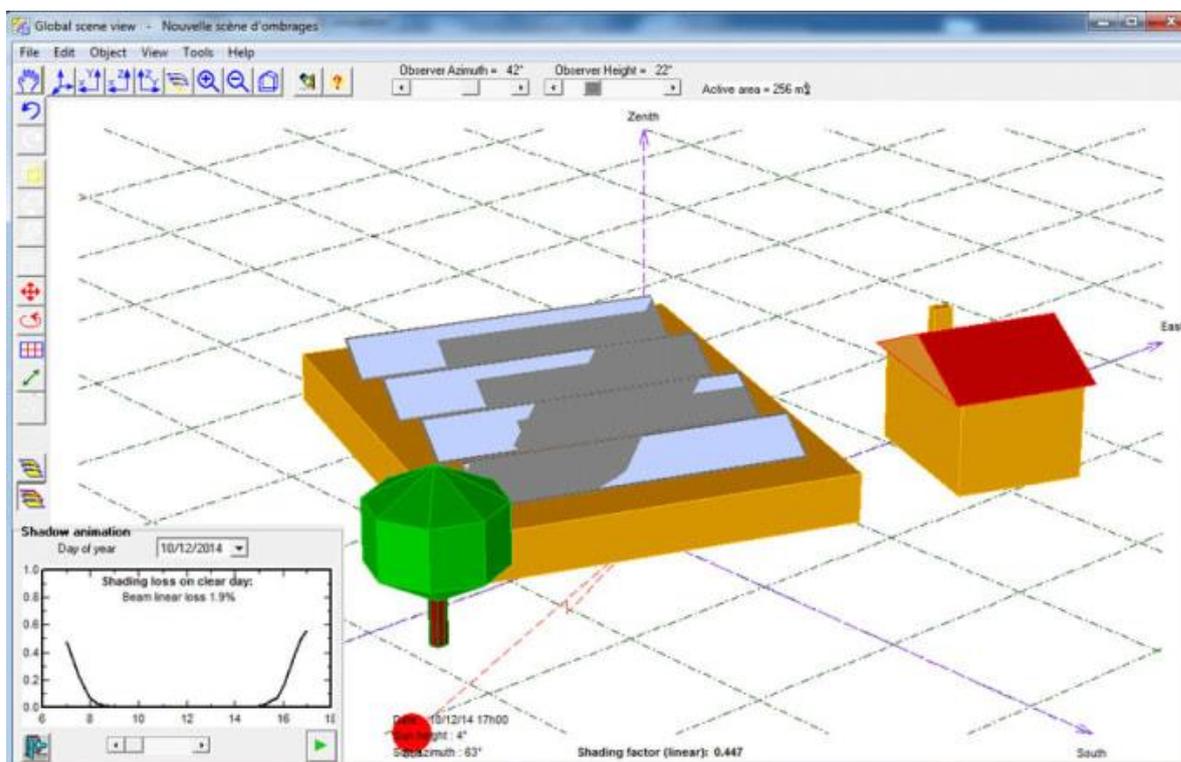


Рисунок 1.6 – Скриншот приложения PVSYST

Таблица 2 – Основные характеристики программ

Название	Дата выпуска	Цена	Ограничения приложения
SOLARGIS PVPLANNER	2010	Стартовый пакет – бесплатно Базовый пакет – от 1800 евро в год Профессиональный пакет – от 3600 евро в год.	Не подходит для финансо- вого анализа Не охватывает все регионы мира Предлагает меньше технических расчетов, чем конкурирующие приложе- ния Требуется доступ в Интер- нет для запуска симуляций
RETSCREEN	1998	бесплатно в режиме предвари- тельного просмотра От 869 долларов в год.	Невозможно сохранить, распечатать или передать файлы в бесплатном режиме Отсутствует поддержка высокоточных вычислений
SYSTEM ADVISOR MODEL	2007	Бесплатно	Менее интуитивный интерфейс по сравнению с конкурентами

Продолжение таблицы 2

Название	Дата выпуска	Цена	Ограничения приложения
PV*SOL	1999	30-дневная бесплатная пробная версия До 1295 евро плюс НДС.	Анализ производительности не такой полный, как у конкурирующих программ. Сложность построения 3D-моделей.
PVSYST	1992	30-дневная бесплатная пробная версия 682 доллара в год	Только моделирует фотоэлектрические системы и не может анализировать гибридные электростанции.

Любой из пяти вышеперечисленных инструментов поможет смоделировать работу солнечной электростанции и оценить ее эффективность. У каждого из них свои сильные стороны. Основные характеристики программ представлены в таблице 2. Веб-сервис SolarGis pvPlanner может стать лучшим выбором для тех, кому не хочется тратить время и усилия на установку ПО и изучение излишне замысловатых настроек. PV*SOL, возможно, станет наиболее подходящим решением для тех, кому важно сделать красивую 3D-модель для презентации проекта перед инвесторами. System Advisor Model подойдет для разработки сложных гибридных систем с несколькими источниками возобновляемой энергии. RETScreen наверняка понравится исследователям, которым нужно оценивать эффективность генерации чистой энергии в любой точке мира. А Pvsyst, вероятно, придется по душе тем, кто хочет улучшить свои знания о современных солнечных панелях.

Поскольку у каждого из рассмотренных пяти программных пакетов для моделирования PV-систем есть не менее 30 дней бесплатного пользования, то ничто не мешает опробовать все пять и выбрать наиболее подходящий для себя. Несмотря на наличие множества инструментов, большинство из них имеют следующие общие проблемы:

Сложность использования. Инструменты требуют специализированных знаний, что делает их недоступными для обычных пользователей.

Ограниченная точность. Упрощённые онлайн-калькуляторы часто не

учитывают индивидуальные особенности домохозяйств, такие как архитектурные особенности или специфические энергетические потребности. Высокая стоимость. Профессиональные инструменты часто имеют высокую стоимость лицензии, что делает их недоступными для широкого круга пользователей.

2 АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЯ РАСЧЁТА СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

2.1 Описание алгоритма расчёта количества и мощности солнечных батарей для дома

Алгоритм, предлагаемый для решения задачи расчета солнечных батарей, основан на комплексном подходе, включающем сбор и анализ данных, моделирование и визуализацию. Алгоритм состоит из нескольких ключевых этапов, каждый из которых направлен на решение определенной части задачи. Эти этапы включают сбор исходных данных, их обработку и анализ, а также моделирование и визуализацию результатов. Для лучшего понимания алгоритма, на рисунке А.1 (ПРИЛОЖЕНИЕ А) представлена диаграмма последовательностей.

Диаграмма последовательностей показывает, как пользователь взаимодействует с системой для получения результатов расчета солнечных батарей. Она показывает последовательность действий и обмен данными между этими компонентами. Диаграмма помогает визуализировать процесс и выявить ключевые этапы взаимодействия, что полезно для анализа и оптимизации работы системы.

2.1.1 Сбор информации о расположении дома и климатических условиях

Перед тем как приступить к расчёту количества и мощности солнечных батарей для дома, необходимо тщательно собрать и проанализировать информацию о расположении дома и климатических условиях региона, где он находится. Эти данные играют ключевую роль в определении количества электроэнергии, которое может быть выработано солнечными батареями в течение дня, месяца или года, а также помогают выявить потенциальные трудности и ограничения, связанные с использованием солнечной энергии. Без точной и полной информации о местоположении и климате невозможно

провести корректные расчёты, что может привести к неэффективной работе системы и неоправданным затратам.

Сбор информации начинается с определения географического расположения дома. Это включает в себя точные координаты (широту и долготу), которые влияют на угол падения солнечных лучей и продолжительность светового дня в разные сезоны. Эти данные можно получить из различных источников, таких как кадастровые карты, спутниковые снимки или GPS-координаты.

Климатические условия региона также имеют огромное значение для расчёта эффективности солнечных батарей. К ним относятся такие параметры, как среднее количество солнечных дней в году, интенсивность солнечного излучения и количество осадков. Эти данные можно получить из метеорологических станций, расположенных поблизости, или из специализированных баз данных, таких как атласы солнечной энергии. Атласы солнечной энергии содержат информацию о солнечной радиации в различных регионах и позволяют оценить потенциал солнечной энергии для конкретной местности. Например, в регионах с большим количеством солнечных дней и высокой интенсивностью солнечного излучения выработка энергии будет значительно выше, чем в регионах с пасмурным климатом.

Одним из ключевых факторов, влияющих на эффективность солнечных батарей, является инсоляция – количество солнечной энергии, поступающей на поверхность земли за определённый период времени. Для максимальной выработки энергии необходимо, чтобы солнечные батареи получали максимальную инсоляцию. Однако на этот показатель могут влиять различные факторы, такие как тень от высоких деревьев, соседних зданий, холмов или других объектов. Поэтому важно тщательно изучить окружение дома и определить, какие объекты могут создавать тень в разное время суток и в разные сезоны года. Например, тень от дерева, которое находится к югу от дома, может значительно снизить выработку энергии в утренние и вечерние часы.

Для более точного анализа рекомендуется составить метеорологический профиль местности, который включает в себя данные о климате, солнечной радиации, температуре воздуха и других параметрах. Этот профиль позволяет оценить, сколько энергии можно получить от солнечных батарей в течение дня, месяца или года, а также выявить сезонные колебания в выработке энергии. Например, зимой, когда дни короче, а солнце находится ниже над горизонтом, выработка энергии будет ниже, чем летом. Эти данные помогут спланировать систему таким образом, чтобы она могла компенсировать сезонные изменения, например, за счёт увеличения количества панелей или использования аккумуляторов для хранения энергии.

Кроме того, важно учитывать такие факторы, как угол наклона крыши и ориентация дома относительно сторон света. Например, в северном полушарии оптимальной ориентацией для солнечных батарей является юг, так как это обеспечивает максимальное количество солнечного света в течение дня.

Собранная информация будет использована для дальнейшего расчёта оптимального количества солнечных батарей, их расположения и конфигурации. На основе этих данных можно определить, сколько панелей потребуется для покрытия энергопотребления дома, как их лучше расположить на крыше или участке, и какие дополнительные компоненты (например, аккумуляторы или инверторы) потребуются для эффективной работы системы. Точный расчёт позволит не только максимизировать выработку энергии, но и минимизировать затраты на установку и эксплуатацию системы.

2.1.2 Оценка потребления энергии домом

Для точного расчёта необходимой мощности солнечных батарей и проектирования эффективной системы энергоснабжения дома, важно провести детальную оценку потребления электроэнергии. Этот процесс включает в себя сбор данных о текущем энергопотреблении, анализ основных потребителей электроэнергии и определение их вклада в общий расход энергии. Только на основе этих данных можно правильно спроектировать систему, которая будет полностью покрывать потребности дома в электроэнергии.

Первым шагом в оценке потребления энергии является сбор данных о том, сколько электроэнергии дом потребляет за определённый период времени. Это может быть месяц, квартал или год. Такие данные позволяют получить общее представление о среднем энергопотреблении и выявить сезонные колебания, связанные с изменением климатических условий или режима использования электроприборов. Источники данных:

Показания счётчиков электроэнергии: Самый простой и точный способ получить информацию о потреблении – это использовать данные счётчиков электроэнергии. Современные счётчики автоматически фиксируют потребление и могут передавать данные в энергоснабжающую компанию или отображать их на дисплее. Если дом оснащён умным счётчиком, данные можно получить через мобильное приложение или интерфейс счётчика.

Данные от энергоснабжающей компании. Если доступ к счётчику затруднён, можно запросить данные о потреблении электроэнергии у энергоснабжающей компании. Обычно такие компании ведут учёт потребления и могут предоставить информацию за определённый период.

Ручной метод считывания показаний. Если дом оснащён старым электросчётчиком, который не поддерживает автоматическую передачу данных, можно воспользоваться ручным методом. Для этого необходимо ежедневно записывать показания счётчика на листок бумаги или в электронную таблицу. После сбора данных за месяц или год нужно сложить все показания и разделить на количество дней, чтобы получить среднее значение потребления электроэнергии за этот период.

После сбора общих данных о потреблении электроэнергии необходимо детально изучить, какие именно устройства и системы в доме вносят наибольший вклад в энергопотребление. Такой анализ позволяет выявить ключевые направления для оптимизации энергозатрат.

Среди наиболее энергоёмких потребителей особое место занимает холодильник, работающий в непрерывном режиме. Его энергопотребление варьируется в зависимости от технических характеристик модели, полезного

объёма, условий эксплуатации и интенсивности использования. Значительное количество электроэнергии потребляет стиральная машина, особенно при использовании режимов с высокой температурой воды и частых циклах стирки.

Особого внимания заслуживают устройства для приготовления пищи и нагрева воды. Электрическая плита при регулярном использовании становится одним из основных потребителей энергии, а бойлер или водонагреватель, обеспечивающий горячее водоснабжение, может существенно увеличивать суточное энергопотребление, особенно при постоянной работе.

Системы освещения также вносят заметный вклад в общий баланс энергопотребления. Количество используемых светильников, тип установленных ламп (светодиодные, люминесцентные или лампы накаливания) и продолжительность их работы напрямую влияют на расход электроэнергии.

Климатическое оборудование, включая кондиционеры и системы отопления, демонстрирует пиковое энергопотребление в периоды экстремальных температур - как в жаркие летние месяцы, так и во время зимних холодов.

Не следует недооценивать и вклад бытовой электроники - телевизоров, компьютеров и других подобных устройств. Хотя их индивидуальное энергопотребление может быть относительно невелико, совокупный эффект от работы множества таких приборов зачастую оказывается значительным.

Такой комплексный анализ энергопотребления позволяет не только точно оценить текущую нагрузку, но и выявить потенциальные возможности для оптимизации энергопользования в домохозяйстве.

Для точного определения уровня энергопотребления отдельных приборов применяются различные подходы, каждый из которых имеет свои особенности. Наиболее точные данные можно получить с помощью специальных энергомониторов - компактных устройств, которые подключаются непосредственно к розетке и фиксируют реальное энергопотребление подключенного прибора в режиме реального времени. Такой метод обеспечивает максимально достоверные результаты, так как учитывает все факторы эксплуатации, включая режимы работы и фактическую нагрузку.

В случаях, когда использование специализированного оборудования невозможно, применяется метод ручного расчёта. Он основан на использовании паспортных данных приборов, где указана их номинальная мощность, и последующем учёте времени фактической работы. Хотя этот подход менее точен, чем прямое измерение, он позволяет получить достаточно объективные оценки энергопотребления, особенно при тщательном учёте всех эксплуатационных факторов. Оба метода в комплексе дают возможность составить полную картину энергозатрат в домохозяйстве и выявить основные направления для оптимизации.

2.1.3 Расчёт параметров солнечных батарей для установки на дом

Для определения параметров солнечных батарей, которые необходимо установить на дом для обеспечения его энергетических потребностей, применяются следующие этапы:

– Расчёт среднего потребления электроэнергии дома в кВт*часах. Для этого используются данные, полученные на этапе оценки потребления энергии домом. Эти данные могут включать показания счётчиков электроэнергии, информацию от энергоснабжающей компании или результаты ручного считывания показаний.

– Определение требуемой площади установки солнечных батарей на основании показателя инсоляции (количества солнечной энергии, достигающей земной поверхности в определенный период времени) в регионе установки дома. Для этих целей используются данные атласов солнечной энергии и других ресурсов, доступных в Интернете или предоставляемые специализированными организациями. Инсоляция зависит от географического расположения дома, времени года. На рисунке 2.2 представлен Солнечный атлас “GLOBAL SOLAR ATLAS” с данными инсоляции.

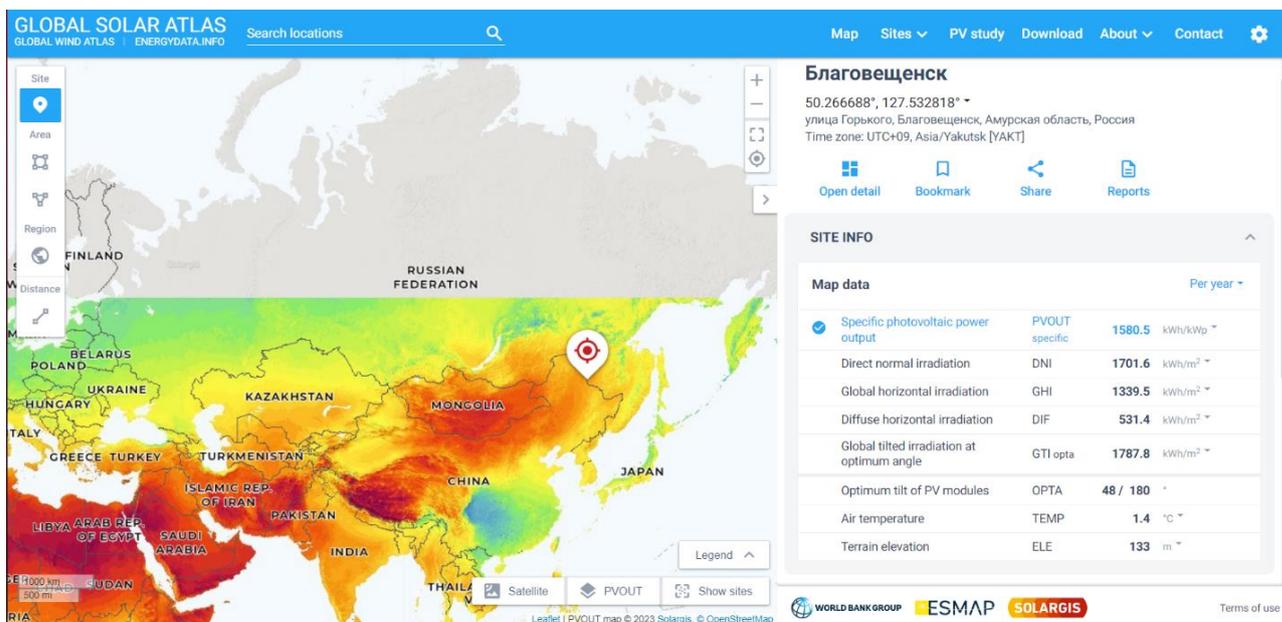


Рисунок 2.2 – Солнечный атлас “GLOBAL SOLAR ATLAS”

– Расчёт количества солнечных батарей, которые потребуются для обеспечения потребностей дома в энергии. Для этого необходимо знать мощность каждой солнечной батареи, которая вырабатывает солнечную энергию, а также учитывать факторы, связанные с периодом дня и временем года. При расчёте важно учитывать сезонные колебания и добавлять запас мощности, чтобы система могла компенсировать снижение выработки в менее солнечные периоды.

– Определение типа солнечных батарей, которые будут установлены на дом. К типам солнечных батарей относятся моно-, поли- и аморфные солнечные батареи, которые отличаются друг от друга по эффективности и цене. Выбор типа солнечных батарей зависит от бюджета проекта и пожеланий заказчика.

– Оценка количества электрической энергии, которую можно получить при помощи установленных солнечных батарей на доме. Для этого используются данные о производительности солнечных батарей, полученные на основании измерений солнечной энергии, получаемой каждой солнечной батареей. Эти данные включают информацию о среднем количестве солнечных

часов в регионе, интенсивности солнечного излучения и КПД выбранных панелей.

– Определение количества дополнительного оборудования, необходимого для установки солнечных батарей на доме. К такому оборудованию относятся инверторы, контроллеры зарядки, батареи хранения энергии и другие устройства, необходимые для обеспечения надежной и эффективной работы целой системы энергоснабжения.

Получение всех этих данных и их обработка позволят провести точный расчёт параметров солнечных батарей, которые будут установлены на дом, и обеспечить необходимую для этого энергию.

2.1.4 Визуализация установки солнечных батарей на доме в приложении.

Для того чтобы пользователь мог наглядно оценить, как будет выглядеть его дом с установленными солнечными батареями, а также понять, как система будет интегрирована в архитектуру здания, было решено добавить в приложение функциональность визуализации. Эта функция позволяет создать трёхмерную модель дома с солнечными батареями, что делает процесс проектирования более интерактивным и понятным для пользователя.

Визуализация установки солнечных батарей на доме представляет собой трёхмерную модель дома с установленными на его крыше солнечными батареями. В процессе создания визуализации должны учитываться такие параметры, как размеры дома, форма крыши, угол наклона крыши, а также параметры выбранных солнечных батарей.

Данная функция позволит сократить время и затраты на проектирование и установку солнечных батарей на доме, что достигается благодаря увеличению точности расчётов и минимизации возможных ошибок.

2.1.5 Проектирование.

На этапе проектирования были определены ключевые параметры, необходимые для точного расчёта солнечной электростанции. В первую очередь

учитывается географическое положение дома - выбранный город позволяет автоматически определить уровень солнечной активности в данном регионе.

Для корректного расчёта также важны физические характеристики самого здания: его габариты (длина и ширина), а также угол наклона кровли. Эти параметры помогают определить оптимальное расположение и количество солнечных панелей.

Особое внимание уделяется анализу энергопотребления. Система учитывает как общее суточное потребление электроэнергии, так и детализированные данные по каждому электроприбору - их мощность и режим работы. Такой комплексный подход обеспечивает максимально точный расчёт будущей солнечной электростанции.

2.1.6 Функции системы.

Разрабатываемая система будет обеспечивать комплексное решение для проектирования солнечных электростанций частных домов. В процессе работы пользователь сможет указать местоположение объекта, выбрав город из предлагаемого списка, что позволит системе автоматически определять уровень солнечной инсоляции для данного региона. Параллельно будут вводиться параметры здания, включая его габариты и архитектурные особенности кровли с указанием угла наклона и типа покрытия.

Для оценки энергетических потребностей система предусмотрит два метода расчета: детальный анализ на основе выбранного электрооборудования с автоматическим вычислением суммарного энергопотребления либо возможность прямого ввода данных о суточном расходе электроэнергии. На основании этих параметров и данных о солнечной активности программа будет рассчитывать оптимальную конфигурацию энергосистемы, определяя требуемую мощность, необходимое количество солнечных модулей и их оптимальное расположение.

Пользовательский интерфейс будет включать каталог доступного оборудования с подробными техническими характеристиками различных моделей фотоэлектрических панелей. Особое внимание уделится визуализации -

система будет генерировать трехмерную модель здания с отображением предлагаемой схемы размещения солнечных панелей, обеспечивая возможность детального осмотра проекта с различных ракурсов.

В процессе разработки будут реализованы функции валидации входных данных, механизмы возврата к предыдущим этапам для корректировки параметров и опция полного сброса введенной информации. По завершении расчетов система сформирует детализированный отчет с ключевыми техническими характеристиками проекта, который можно будет сохранить для дальнейшего использования. Работа системы будет обеспечиваться интеграцией с внутренними базами данных, содержащими актуальные сведения о климатических условиях различных регионов, технических параметрах оборудования и энергопотреблении бытовых приборов.

2.1.7 Разработка математической модели

Формула расчета мощности солнечных панелей выглядит следующим образом:

$$P=I*\eta/E \tag{1}$$

где P – требуемая мощность системы (кВт)

E – суточное потребление энергии (кВт*ч)

I – уровень инсоляции для выбранного города (кВт*ч/м²/день)

η – КПД солнечных панелей (15–20 %).

Используя эту формулу, находят требуемую мощность солнечной батареи на 1 кв. метр. По мощности определяется, сколько солнечных батарей нужно для частного дома, расчет количества панелей производится путем деления общего значения на параметры одного элемента.

Для расчёта количества солнечных панелей используется следующая формула:

$$N=P*1000/P \text{ панели} \tag{2}$$

где N – количество панелей

P – требуемая мощность системы (кВт)

P панели – мощность одной панели (Вт).

2.1.8 Проектирование архитектуры приложения

На этапе проектирования была разработана модульная архитектура приложения, направленная на решение задач расчёта количества, мощности и визуализации параметров солнечных панелей. Диаграмма архитектуры приложения представлена на рисунке 2.3.

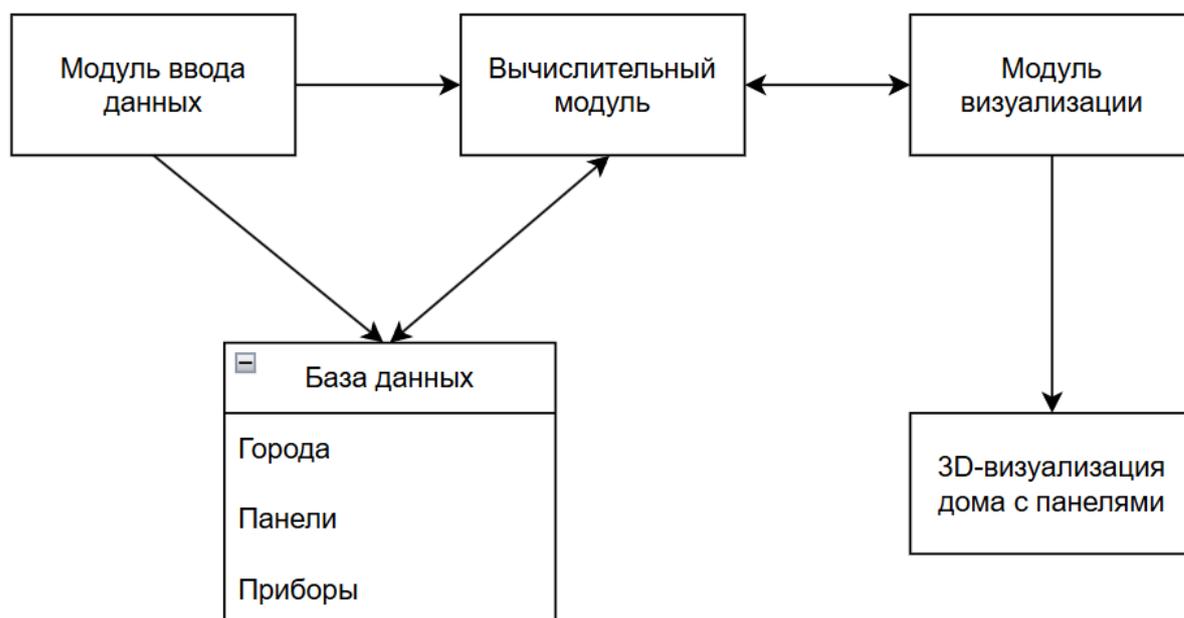


Рисунок 2.3 – Диаграмма архитектуры приложения

Структура:

- Модуль ввода данных (география, дом, энергопотребление, панели).
- Вычислительный модуль (расчёт мощности, количества панелей, угла установки).
- Модуль визуализации (3D-модель дома с панелями).

База данных:

- Хранение параметров городов (инсоляция, оптимальный угол).

- Каталог солнечных панелей (мощность, габариты).
- Список электроприборов (потребляемая мощность).

2.2 Обзор и выбор программного обеспечения разработки

Для реализации алгоритма расчета солнечных батарей необходимо использовать специализированное программное обеспечение, которое обеспечивает высокую точность и эффективность выполнения задач.

Unreal Engine

Unreal Engine – это мощный и популярный игровой движок, разработанный компанией Epic Games. Он широко используется для создания как видеоигр, так и интерактивных приложений, симуляций и виртуальной реальности. Unreal Engine известен своей способностью создавать высококачественную графику с использованием передовых технологий рендеринга, таких как рейтрейсинг и фотореалистичные текстуры. Движок поддерживает экспорт на множество платформ, включая Windows, macOS, Linux, PlayStation, Xbox, Nintendo Switch, iOS, Android и другие. Unreal Engine предлагает систему визуального скриптинга под названием Blueprints, которая позволяет разработчикам создавать игровую логику без необходимости писать код. Для более сложных задач и оптимизации производительности можно использовать C++, что делает Unreal Engine мощным инструментом для профессиональных разработчиков. Встроенный редактор миров позволяет легко создавать и настраивать игровые уровни, используя различные инструменты для моделирования ландшафта, размещения объектов и настройки освещения. Движок включает в себя мощные системы физики и анимации, что позволяет создавать реалистичные движения персонажей и взаимодействия с окружающей средой. Unreal Engine предоставляет инструменты для создания многопользовательских игр, включая поддержку сетевого кода и серверной инфраструктуры. У движка есть большое сообщество разработчиков и обширная документация, что облегчает процесс обучения и решения проблем. В Unreal Engine есть встроенный магазин, где можно приобретать готовые ассеты, плагины и инструменты для ускорения разработки. Unreal

Engine использует модель оплаты по роялти: вы платите 5 % от доходов вашего проекта, если он зарабатывает более 1 миллиона долларов. Логотип Unreal Engine представлен на рисунке 2.4.



Рисунок 2.4 – Логотип Unreal Engine

Unity

Unity – это один из самых популярных и широко используемых игровых движков в мире, разработанный компанией Unity Technologies. Он поддерживает создание как 2D, так и 3D игр, а также используется для разработки интерактивных приложений, симуляций и виртуальной реальности. Unity поддерживает экспорт на множество платформ, включая Windows, macOS, Linux, PlayStation, Xbox, Nintendo Switch, iOS, Android, WebGL и другие. Основным языком программирования в Unity – это C#, что делает его доступным для разработчиков с опытом работы в .NET экосистеме. Unity предоставляет мощный визуальный редактор, который позволяет легко создавать и настраивать сцены, объекты и уровни. В Unity есть встроенный магазин Asset Store, где можно приобретать готовые ассеты, скрипты, плагины и инструменты для ускорения разработки. Движок включает в себя мощные системы физики и анимации, что позволяет создавать реалистичные движения персонажей и взаимодействия с окружающей средой. Unity активно поддерживает разра-

ботку приложений дополненной (AR) и виртуальной реальности (VR), предоставляя инструменты для работы с такими устройствами, как Oculus, HTC Vive, ARKit и ARCore. У Unity есть огромное сообщество разработчиков и обширная документация, что облегчает процесс обучения и решения проблем. Unity позволяет легко интегрировать сторонние библиотеки и инструменты, а также поддерживает создание собственных плагинов. Unity предлагает несколько лицензий, включая бесплатную версию (Personal), а также платные версии (Plus и Pro) с дополнительными функциями и поддержкой. Unity предоставляет множество учебных материалов, включая tutorиалы, курсы и сертификации, что помогает новичкам и опытным разработчикам улучшать свои навыки. Логотип Unity представлен на рисунке 2.5.



Рисунок 2.5 – Логотип Unity

Godot

Godot – это бесплатный и открытый движок для создания игр, который поддерживает как 2D, так и 3D проекты. Он был разработан с целью предоставить разработчикам мощный и гибкий инструмент для создания игр без необходимости значительных финансовых вложений. Godot распространяется под лицензией MIT, что позволяет свободно использовать, изменять и распространять движок. Godot поддерживает экспорт игр на различные платформы, включая Windows, macOS, Linux, Android, iOS, HTML5 и консоли.

Godot предоставляет удобный визуальный редактор сцен, который позволяет разработчикам создавать и настраивать игровые объекты и уровни без необходимости писать код. Основным языком скриптинга в Godot – это GDScript, который синтаксически похож на Python и оптимизирован для работы с движком. Также поддерживаются другие языки программирования, такие как C#, VisualScript и C++. Godot использует систему сцен и узлов, что позволяет легко создавать сложные игровые механики и управлять ими. Godot поддерживает интеграцию с различными инструментами и библиотеками, такими как физические движки, системы анимации, аудио и видео. Godot имеет активное сообщество разработчиков и обширную документацию, что облегчает процесс обучения и решения проблем. Логотип Godot представлен на рисунке 2.6.



Рисунок 2.6 – Логотип Godot

Unity является отличным выбором для реализации благодаря своей простоте освоения, широкой поддержке платформ, использованию популярного языка программирования C#, большому сообществу и обширной документации, он подходит как для новичков, так и для профессионалов, позволяет быстро создавать программы без лишних сложностей Unreal Engine и ограничений Godot.

2.3 Описание интерфейса пользователя

Для удобного взаимодействия с пользователем необходимо разработать графический интерфейс приложения. Разделы:

– Первым разделом является ввод информации о расположении дома (выбор города). Это позволяет учесть географические особенности местности, такие как широта и долгота, которые влияют на количество солнечного света и климатические условия. Также в этом разделе можно ввести данные об угле наклона крыши, который играет важную роль в расчёте эффективности использования солнечной энергии. Также учитывается ориентация дома относительно сторон света (север, юг, запад, восток), что позволяет определить, как солнечный свет будет попадать на здание в течение дня.

– Второй раздел программы посвящён оценке энергопотребления домом и является ключевым этапом для анализа энергоэффективности жилища. В этом разделе пользователю предоставляется возможность ввести подробные данные о количестве и типах оборудования, используемого в доме. Это включает в себя такие устройства, как электрические и газовые котлы, системы отопления, кондиционеры, вентиляционные установки, осветительные приборы, бытовую технику (холодильники, стиральные машины, телевизоры и т.д.), а также другие энергопотребляющие устройства. Кроме того, если у пользователя нет возможности или желания вводить данные о каждом устройстве отдельно, он может выбрать альтернативный вариант: указать среднее потребление электроэнергии за определённый период времени, например, за месяц или год. Это может быть полезно, если у пользователя уже есть данные о потреблении энергии из счетов за коммунальные услуги или показаний счётчиков. В этом случае программа использует усреднённые значения для расчётов, что упрощает процесс, но при этом сохраняет достаточную точность для анализа.

– Третий раздел, связанный с расчётом параметров солнечных батарей. Этот раздел позволяет пользователю определить оптимальные характеристики солнечной энергосистемы, включая количество панелей, их мощность,

ориентацию, угол наклона и другие параметры, которые напрямую влияют на эффективность генерации электроэнергии.

– Четвёртый и последний раздел программы представляет собой интерактивный инструмент для визуализации установки солнечных батарей на крыше дома. Этот раздел позволяет пользователю наглядно увидеть, как будет выглядеть его дом после монтажа солнечной энергосистемы, и оценить её потенциальную эффективность. Визуализация является важным этапом, так как она помогает пользователю лучше понять, как солнечные панели будут интегрированы в архитектуру здания, и как они повлияют на внешний вид дома. В начале работы с этим разделом программа загружает трёхмерную модель дома, которая была создана на основе данных, введённых пользователем в предыдущих разделах. Модель включает в себя точное отображение крыши, её формы, угла наклона, ориентации относительно сторон света. После загрузки модели программа автоматически размещает солнечные батареи на крыше в соответствии с расчётами, выполненными в третьем разделе. Пользователь может увидеть, как панели будут расположены, сколько их будет, и как они будут ориентированы относительно солнца. Пользователь сможет вращать модель, чтобы рассмотреть дом со всех сторон и убедиться, что все детали учтены.

Интерфейс программы должен быть разработан с учётом максимального удобства для пользователя, чтобы даже человек без технического опыта мог легко вводить, просматривать и корректировать необходимую информацию. Для этого важно использовать интуитивно понятные элементы управления, чёткую структуру и визуальные подсказки, которые помогут пользователю ориентироваться в программе и эффективно взаимодействовать с ней. Во-первых, интерфейс должен быть разделён на логические блоки, соответствующие каждому из четырёх разделов программы. Это позволит пользователю последовательно переходить от одного этапа к другому, не теряясь в большом количестве информации. Каждый раздел должен иметь заголовок и краткое описание, чтобы пользователь сразу понимал, какие данные ему нужно вве-

сти и как они будут использоваться. Во-вторых, для ввода данных следует использовать простые и понятные формы. Например, для выбора города можно предложить выпадающий список с поиском. Для числовых параметров, таких как угол наклона крыши или площадь для установки солнечных панелей, можно использовать поля ввода с подсказками, например, «Введите значение от 0 до 90 градусов» или «Укажите площадь в квадратных метрах». Это поможет избежать ошибок при вводе данных. Пример интерфейса представлен на рисунке 2.7.

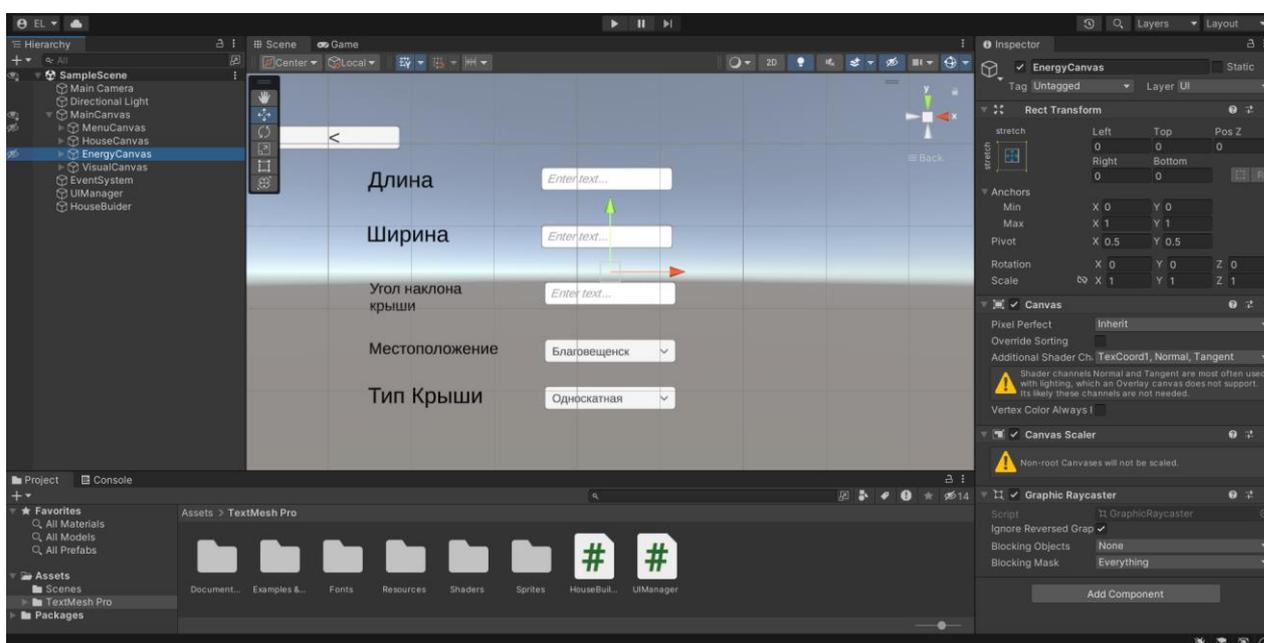


Рисунок 2.7 – Пример интерфейса

2.4 Выбор языка программирования

Язык C# был выбран для разработки данного приложения на платформе Unity по целому ряду причин, среди которых его многофункциональность, удобство интеграции с Unity и высокая производительность. C# является основным языком программирования для Unity, что делает его естественным выбором для создания игр, интерактивных приложений и других проектов, требующих высокой степени интерактивности и визуализации. Этот язык программирования обладает рядом преимуществ, которые делают его идеальным для реализации сложных и многофункциональных приложений, та-

ких как наше, где требуется обработка большого объёма данных, визуализация 3D-моделей и взаимодействие с пользователем в реальном времени.

C# – это высокоуровневый язык программирования, который поддерживает строгую типизацию данных, что помогает избежать множества ошибок на этапе компиляции и повышает надёжность кода. Кроме того, C# является объектно-ориентированным языком, что позволяет структурировать код в виде классов и объектов, делая его более модульным, читаемым и легко поддерживаемым. Это особенно важно для крупных проектов, где необходимо управлять множеством компонентов и взаимодействий между ними. Объектно-ориентированный подход также упрощает повторное использование кода, что ускоряет процесс разработки и снижает вероятность ошибок.

Ещё одним важным преимуществом C# является его высокая скорость выполнения. Благодаря оптимизации компилятора и поддержке современных технологий, программы на C# работают быстро и эффективно. Это особенно важно для нашего приложения, где требуется в реальном времени обработка данных и визуализация сложных 3D-моделей. Высокая производительность C# обеспечивает плавную работу приложения даже при большом объёме вычислений и визуализации, что напрямую влияет на удобство пользователя.

C# предоставляет разработчикам широкий набор инструментов для работы с различными типами данных, включая числа, строки, массивы, списки, словари и многие другие структуры данных. Это позволяет легко манипулировать данными, выполнять сложные вычисления и обрабатывать информацию, поступающую от пользователя или внешних источников. Кроме того, C# поддерживает использование сторонних библиотек и фреймворков, что значительно расширяет его возможности. Например, можно использовать библиотеки для работы с графикой, математическими вычислениями, базами данных или сетевыми протоколами, что делает C# универсальным инструментом для решения самых разнообразных задач.

Одной из ключевых причин выбора C# для разработки на Unity является возможность использования Unity API. Unity API представляет собой

мощный набор функций и классов, которые позволяют взаимодействовать с игровыми объектами, анимациями, физикой, звуком, графикой и многими другими аспектами приложения. Используя C# в сочетании с Unity API, разработчики могут создавать сложные и интерактивные приложения с минимальными усилиями. Например, с помощью Unity API можно легко управлять 3D-моделями, настраивать освещение, добавлять физические эффекты и создавать пользовательский интерфейс. Это делает процесс разработки более быстрым и эффективным, так как многие задачи уже реализованы в Unity и доступны через API. Кроме того, C# и Unity API позволяют легко интегрировать различные плагины и расширения, что ещё больше расширяет функциональность приложения.

Ещё одним преимуществом C# является его популярность и активное сообщество разработчиков. Это означает, что в случае возникновения проблем или вопросов можно легко найти готовые решения, примеры кода или получить помощь от других разработчиков. Кроме того, существует множество учебных материалов, документации и курсов по C# и Unity, что делает процесс обучения и разработки более доступным даже для начинающих программистов.

Таким образом, выбор C# для разработки данного приложения на Unity был обусловлен его многофункциональностью, высокой производительностью, поддержкой объектно-ориентированного подхода, широкими возможностями для работы с данными и интеграцией с Unity API. Эти особенности делают C# оптимальным выбором для создания мощного, функционального и интерактивного приложения, которое отвечает всем требованиям проекта и обеспечивает удобство для разработчиков.

3 ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРЕДЛАГАЕМОГО АЛГОРИТМА РАСЧЁТА КОЛИЧЕСТВА И МОЩНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

3.1 Разработка интерфейса пользователя

Интерфейс пользователя играет ключевую роль в обеспечении интуитивно понятного взаимодействия пользователя с программным продуктом. Следует подчеркнуть, что разработка интерфейса представляет собой одну из наиболее ответственных и значимых задач в процессе создания приложения, так как именно от удобства и логики пользовательского взаимодействия напрямую зависит успешность внедрения программного продукта, его востребованность среди целевой аудитории и, как следствие, эффективность применения в реальных условиях эксплуатации. Разработка интерфейса приложения для расчёта количества и мощности солнечных панелей потребовала учёта множества факторов, включая эргономику расположения элементов, простоту навигации, понятность терминов, а также визуальную привлекательность каждого экрана.

Кроме того, при проектировании интерфейса особое внимание уделялось обеспечению последовательности и предсказуемости пользовательских действий. Каждый элемент интерфейса был создан таким образом, чтобы логически продолжать предыдущие шаги, обеспечивая плавный и интуитивно понятный переход от ввода исходных данных к получению конечного результата. Это достигается, в частности, за счёт использования кнопок «Назад» и «Далее», которые позволяют пользователю возвращаться к предыдущим шагам без потери ранее введённых данных, что особенно важно при необходимости внесения изменений или корректировки информации.

Далее проектируются экраны для ввода и отображения данных. Поля для ввода настроек системы делаются максимально простыми: используются выпадающие списки, ползунки, чтобы минимизировать ошибки. Уделено внимание дизайну – интерфейс должен быть не только функциональным, но и визуально приятным.

3.1.1 Создание структуры навигации

Навигация между экранами приложения представляет собой основу пользовательского взаимодействия, обеспечивая логическую связность всех элементов системы. Процесс проектирования навигационной структуры начался с определения ключевых сценариев использования приложения, что позволило выявить основные пользовательские потребности и трансформировать их в конкретные функциональные блоки интерфейса. Иерархия сцен в Unity была выбрана как наиболее подходящий способ организации пространства приложения, так как данная архитектура позволяет обеспечить гибкость при разработке и лёгкость внесения изменений на поздних этапах.

Каждая сцена в Unity представляет собой самостоятельный модуль, который отвечает за выполнение конкретной функции. Так, главная сцена (MainScene) выполняет роль контейнера для всех компонентов интерфейса, предоставляя базовую инфраструктуру для взаимодействия с пользователем. Она служит своеобразным ядром, объединяющим остальные экраны приложения. Система Navigation реализует переходы между сценами, обеспечивая согласованное перемещение пользователя по приложению. Данная структура способствует снижению когнитивной нагрузки, так как пользователь всегда понимает, где он находится и какие действия доступны на каждом этапе.

Особое внимание уделено реализации экранов HouseParameters, PowerConsumption, Result, а также Visualization. Каждый из этих экранов создан с учётом требований эргономики и удобства использования. Экран HouseParameters позволяет пользователю ввести ключевые параметры дома, обеспечивая основу для дальнейших расчётов. Экран PowerConsumption предоставляет два сценария ввода данных, что повышает гибкость использования приложения. Экран Result отображает результаты расчётов, а Visualization позволяет визуально оценить установку панелей на крыше дома. Дополнительный компонент Static Environment обеспечивает фоновую визуализацию, создавая реалистичный контекст для восприятия результатов.

В приложении реализована навигация по экранам с использованием кнопок «Вперед» и «Назад». Эти кнопки обеспечивают переход между различными сценами приложения и позволяют пользователю возвращаться на предыдущий шаг или переходить к следующему этапу. В верхней части экрана отображается название текущего окна, что помогает пользователю понимать, на каком этапе работы он находится. Окно навигации представлено на рисунке 3.1.

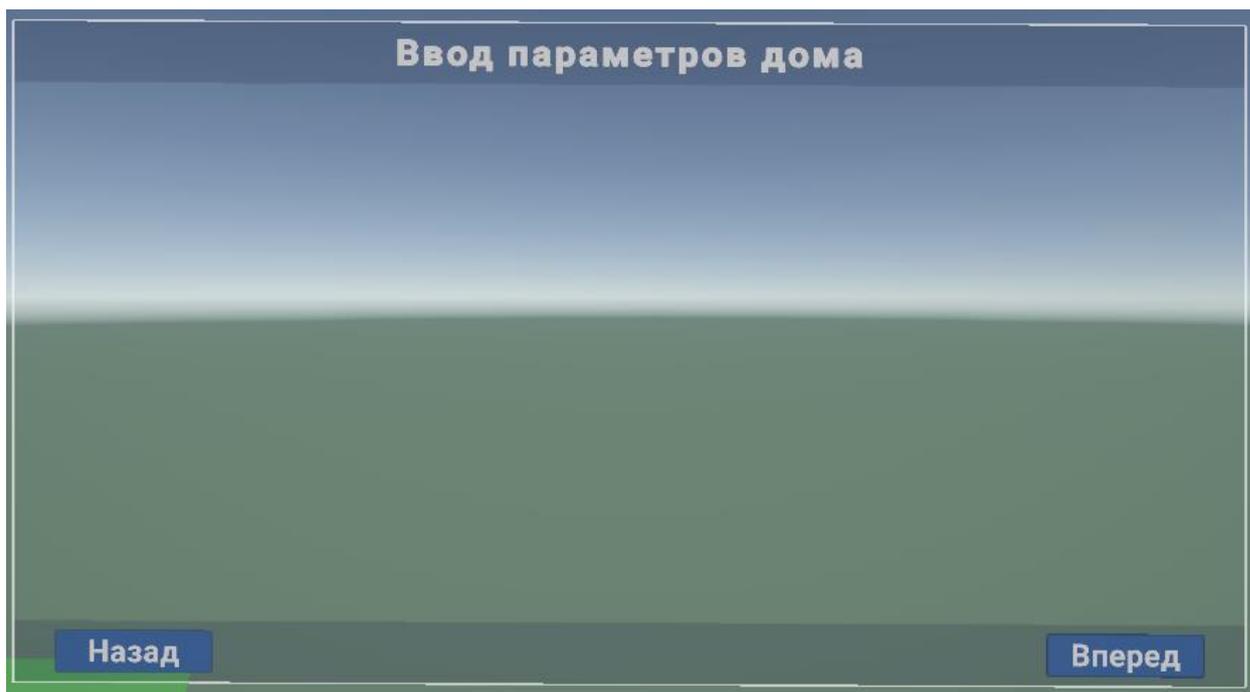


Рисунок 3.1 – Окно навигации

Кнопки «Вперед» и «Назад» подключаются к обработчикам событий через методы Unity, такие как `Button.onClick.AddListener()`. При нажатии на кнопку «Вперед» вызывается метод скрипта `OnButtonClick()` который выполняет сохранение данных текущего экрана и загружает следующую сцену через `SceneManager.LoadScene()`. Данные, введенные пользователем, сохраняются в объекте `DataManager`, реализованном как `Singleton`, что позволяет обеспечить доступ к ним из других частей программы без необходимости передачи данных напрямую между сценами. Кнопка «Назад» подключена к аналогичному методу `OnButtonClick()`, который загружает предыдущую сцену, при этом данные в `DataManager` остаются без изменений.

Название текущего окна отображается в компоненте TextMeshProUGUI и обновляется через метод UpdateWindowTitle(), который вызывается при загрузке каждой сцены. В методе загружается текст из заранее подготовленного массива или словаря, сопоставленного с индексами сцен, что позволяет автоматически подставлять название в зависимости от текущего этапа. Таким образом, название окна обновляется без необходимости ручного изменения текста на каждом экране.

Каждое действие пользователя по нажатию кнопок вызывает обновление внутреннего состояния приложения: значения полей сохраняются в DataManager в типах float для числовых значений (например, размеры дома и угол крыши), в int для индексов выбора, а строки, такие как название города, передаются в формате string. Такой подход обеспечивает строгую типизацию и предотвращает ошибки при передаче данных между экранами.

3.1.2 Окно ввода параметров дома

Окно ввода параметров дома позволяет задать исходные данные, необходимые для проведения расчетов по определению мощности и количества солнечных панелей. В данном разделе реализованы следующие элементы: поля для ввода длины и ширины дома в метрах, числовое поле для указания угла наклона крыши, выпадающий список для выбора типа кровли и выпадающий список для указания города. Каждый из этих элементов формирует набор исходных параметров, которые используются в дальнейших вычислениях.

Дополнительно, при обработке введенных данных осуществляется проверка их формата – длина и ширина дома должны быть положительными числами, значения угла наклона проверяются на допустимый диапазон от 0 до 60 градусов. Эти ограничения реализованы через встроенные проверки, предотвращающие некорректный ввод.

Поля для ввода длины и ширины дома предусматривают ввод значений в метрах, например, 9.5 м и 5.5 м соответственно. Эти размеры необходимы для определения площади кровли, доступной для установки солнечных пане-

лей. В коде приложения реализован метод `CalculateRoofArea()`, который принимает введенные значения длины и ширины, выполняет их умножение и возвращает площадь, используемую для дальнейших расчетов. Площадь кровли вычисляется автоматически на основе введенных данных и используется для расчета допустимого количества панелей, которые могут быть размещены на поверхности крыши.

Числовое поле для ввода угла наклона крыши позволяет задать значение угла в градусах, например, 12° . Угол наклона крыши влияет на определение оптимального угла установки солнечных панелей, что, в свою очередь, отражается на эффективности системы в целом. Программа учитывает как введенный пользователем угол, так и данные, загруженные из базы для выбранного региона, позволяя определить наиболее рациональный вариант размещения оборудования.

Выбор города реализован в виде выпадающего списка, в котором представлены различные населенные пункты. Для каждого города в базе данных приложения предусмотрен набор характеристик, включая значения инсоляции ($\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2/\text{день}$), оптимальный угол наклона панелей, а также другие параметры, необходимые для расчетов. Данные загружаются из встроенной базы и используются в алгоритмах приложения для определения мощности системы солнечных панелей.

Все элементы окна сгруппированы по логическим блокам, что обеспечивает структурированное представление информации. Каждое поле снабжено поясняющей надписью, указывающей, какое значение требуется ввести. На графическом интерфейсе поля размещены последовательно, начиная с основных геометрических параметров здания и заканчивая выбором местоположения. Данное расположение способствует более целостному восприятию вводимой информации. Окно характеристик дома представлено на рисунке 3.2.

Ввод параметров дома

Длина дома в метрах: Ширина дома в метрах:

Тип кровли: Угол наклона кровли: 12°

Выберите город:

[Далее](#)

Рисунок 3.2 – Окно характеристик дома

3.1.3 Окно ввода энергопотребления

Экран `PowerConsumption` представляет собой важный функциональный модуль системы, предназначенный для оценки энергетических потребностей объекта. Разработка данного интерфейса основывалась на необходимости предоставить пользователям гибкие и удобные инструменты для ввода данных о потреблении электроэнергии, учитывая различные уровни технической подготовки и доступности исходной информации. В данном разделе интерфейса реализовано два варианта ввода: выбор конкретных электроприборов из предложенного списка и ручной ввод общего суточного потребления электроэнергии в киловатт-часах.

При выборе электроприборов, каждый элемент списка реализован как объект UI с типом `Toggle`, связанный с обработчиком события `OnValueChanged()`, который добавляет или удаляет выбранный прибор из временного списка потребления. Этот список хранится в объекте `DataManager` в виде массива или списка объектов класса `Appliance`, содержащих поля `Name`, `Power`, `UsageHours`. После выбора приборов вызывается метод `RecalculateTotalConsumption()`, который суммирует значения мощностей и

времени работы и обновляет общее суточное потребление в переменной `float totalConsumption`.

Первый вариант предусматривает выбор электроприборов, которые используются в доме. Пользователь может отметить устройства из заранее сформированного перечня, в который включены основные бытовые приборы, такие как холодильники, телевизоры, стиральные машины, ноутбуки и другое оборудование. Для каждого прибора в базе данных приложения предусмотрены характеристики, включающие среднюю мощность в ваттах, типовое время работы за сутки и расчетное суточное энергопотребление в киловатт-часах. При выборе нескольких устройств программа автоматически суммирует значения мощности и рассчитывает общее энергопотребление в соответствии с указанными характеристиками приборов. Этот вариант удобен для тех, кто не знает точное суточное потребление, но может перечислить используемые устройства. На рисунке 3.3 представлено окно потребления с выбором приборов.

Второй вариант – ручной ввод суточного потребления энергии. Пользователь может самостоятельно указать значение потребления в киловатт-часах, например, 100 кВт*ч, если точные данные известны заранее или получены из других источников, таких как счетчики электроэнергии. Характеристики каждого прибора загружаются при инициализации сцены с помощью функции `LoadApplianceData()` из базы данных. Предусмотрена возможность ввода целых и дробных значений, что позволяет учесть различные сценарии использования. На рисунке 3.4 представлено окно потребления с выбором суточного потребления.

После ввода данных кнопка «Расчет» запускает подбор солнечных панелей. Кнопка связана с методом `OnCalculateButtonClicked()`, который обращается к расчетному модулю и передает введенные данные в виде структурированного объекта `UserInputData`, содержащего параметры потребления, размеров дома, угла крыши и выбранного региона. Передача данных между модулями осуществляется через ссылки на объект `DataManager`. Приложение

автоматически рассчитывает требуемую мощность системы и количество панелей.

The screenshot shows a software interface titled "Ввод параметров потребления" (Input consumption parameters). At the top, there are two radio buttons: "Выбор приборов" (selected) and "Ввод потребления" (unselected). Below this is a section titled "Выберите электроприборы:" (Select electrical appliances:). It contains a list of appliances with checkboxes and quantity selectors:

Прибор	Количество	Единица
<input type="checkbox"/> Лампа накаливания	1	Шт.
<input type="checkbox"/> LED-лампа	1	Шт.
<input type="checkbox"/> Ночник	1	Шт.
<input type="checkbox"/> Телевизор	1	Шт.
<input type="checkbox"/> Холодильник	1	Шт.
<input type="checkbox"/> Микроволновка	1	Шт.

At the bottom of the window are two buttons: "Назад" (Back) on the left and "Рассчёт" (Calculate) on the right.

Рисунок 3.3 – Окно потребления, выбор приборов

The screenshot shows the same software interface as Figure 3.3, but with the "Ввод потребления" (Input consumption) radio button selected. The "Выбор приборов" (Select appliances) section is now disabled. In the center, there is a text label "Суточное потребление в кВт * ч" (Daily consumption in kW * h) above a text input field containing the value "100". At the bottom, the "Назад" (Back) and "Рассчёт" (Calculate) buttons are visible.

Рисунок 3.4 – Окно потребления, выбор суточного потребления

3.1.4 Окно выбора солнечных панелей

Экран Result отображает:

Окно выбора солнечных панелей предоставляет пользователю информацию о результатах расчета мощности системы и количестве необходимых

модулей для обеспечения указанного энергопотребления. Данный экран отображает итоговые данные, сформированные на основе введенных ранее параметров, а также позволяет пользователю ознакомиться с доступными вариантами оборудования.

Основным элементом данного окна является блок отображения требуемой мощности системы, рассчитанной на основании введенных данных о потреблении электроэнергии, площади крыши, угле наклона кровли и характеристик выбранного региона. Значение мощности системы представлено в киловаттах, например, 4.47 кВт, и отображается в верхней части экрана для обеспечения наглядного представления результатов.

Технически, значение мощности системы загружается из объекта `DataManager` в формате `float`, который обновляется при завершении расчетов в предыдущих модулях. Отображение значения реализовано через компонент `TextMeshProUGUI`, связанный с методом `UpdateResultText()`. Этот метод считывает данные из глобальной переменной `SystemPower` и обновляет текстовое поле на экране.

Ниже блока с расчетной мощностью располагается список солнечных панелей, доступных для выбора. Перечень формируется на основе данных, загруженных из базы приложения, и включает модели с указанием ключевых технических характеристик: мощность одной панели в ваттах, коэффициент полезного действия (КПД), а также габаритные размеры. Для загрузки списка используется метод `LoadPanels()`, который выполняет чтение данных из базы и формирует массив объектов класса `SolarPanel`, содержащего поля `Name`, `Power`, `Efficiency`, `Width`, `Height`.

Данные представлены в структурированном виде, что позволяет сопоставить параметры различных моделей и принять решение о выборе наиболее подходящего варианта для установки. Для каждого элемента списка создается UI-объект типа `Button`, к которому привязан обработчик события `OnSelectPanel()`. При выборе панели данные сохраняются в переменную `SelectedPanel` объекта `DataManager` в виде ссылки на объект `SolarPanel`.

После выбора конкретной модели панели, приложение автоматически рассчитывает необходимое количество модулей, исходя из ранее определенной мощности системы и мощности одной панели. Функция расчета `CalculatePanelCount()` принимает параметры `SystemPower` и `SelectedPanel.Power`, выполняет деление и округление до целого числа в большую сторону с использованием метода `Mathf.CeilToInt()`. Результат отображается в числовом виде, например, 30 штук.

Также в окне предусмотрена возможность возврата на предыдущие этапы для изменения введенных данных. Это позволяет пользователю при необходимости скорректировать исходные параметры и пересчитать результаты без необходимости повторного ввода всей информации. На рисунке 3.5 представлено окно выбора панелей.

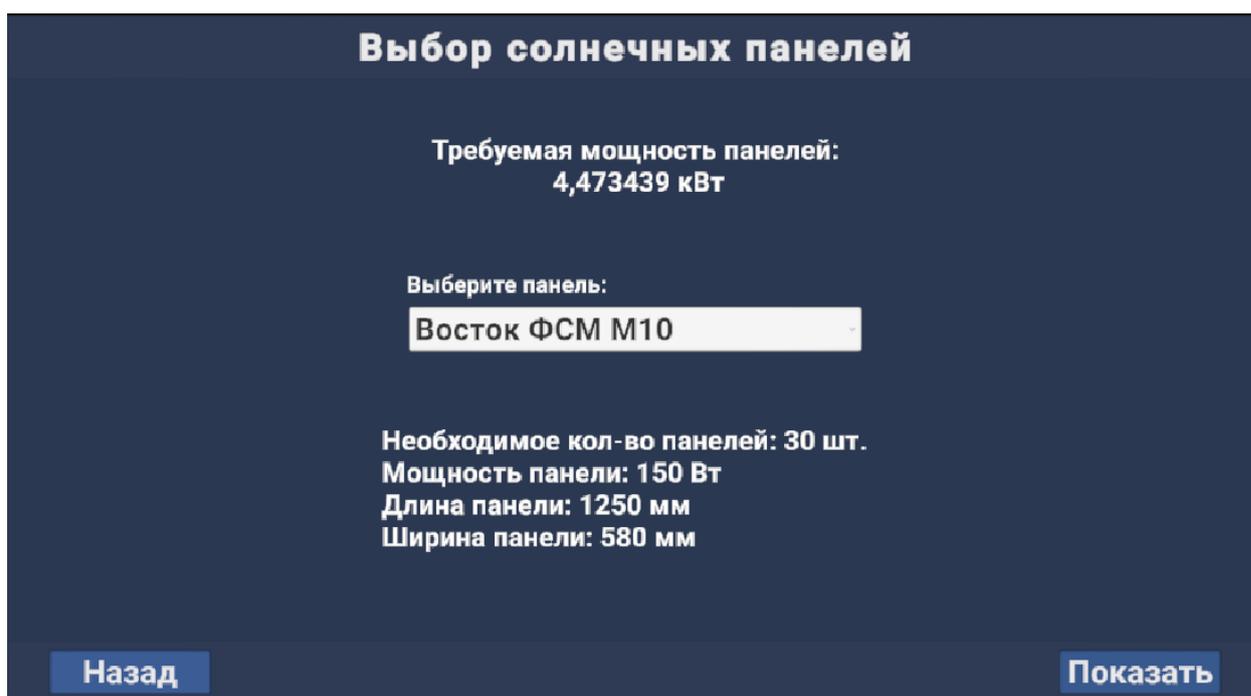


Рисунок 3.5 – Окно выбора панелей

Все технические характеристики оборудования, включая такие ключевые параметры как номинальная мощность, коэффициент полезного действия и габаритные размеры загружаются из базы данных. Это позволяет оперативно обновлять каталог без изменения кода приложения.

3.1.5 Разработка структуры базы данных

База данных приложения представляет собой структурированный набор информации, необходимый для выполнения расчетов и обеспечения функциональности всех модулей программы. При разработке структуры базы данных особое внимание уделялось обеспечению взаимосвязанности данных, их логической организации и возможности последующего обновления без необходимости внесения изменений в основную архитектуру приложения.

Каждый элемент базы данных содержит информацию, которая используется на разных этапах работы программы. Например, данные о географических характеристиках регионов позволяют учитывать различия в уровнях солнечной радиации и определять оптимальные углы установки панелей. Эти значения включают показатели инсоляции, среднее количество солнечных часов и другие параметры, влияющие на эффективность работы солнечных панелей. Технические характеристики солнечных панелей, такие как номинальная мощность, размеры и коэффициент полезного действия, хранятся в отдельном блоке данных и используются при подборе оборудования для конкретной системы. Для расчета потребления энергии применяется информация о стандартных электроприборах, включающая сведения о мощности и примерной продолжительности работы в течение суток.

Архитектура базы данных разработана таким образом, чтобы обеспечить независимость хранения данных и гибкость при их обновлении. Каждая группа данных загружается в память приложения по мере необходимости, что позволяет снизить нагрузку на систему и ускорить выполнение расчетов. Данные из базы связаны с интерфейсной частью приложения, обеспечивая взаимодействие между вводимыми пользователем параметрами и результатами расчетов.

Добавление новых моделей панелей, изменение характеристик электроприборов не требует пересборки всего приложения, так как база данных поддерживает обновления без модификации основного кода. Это делает приложение устойчивым к изменениям внешних факторов и позволяет поддер-

живать его актуальность на протяжении длительного времени. Структура базы данных представлена на рисунке 3.6

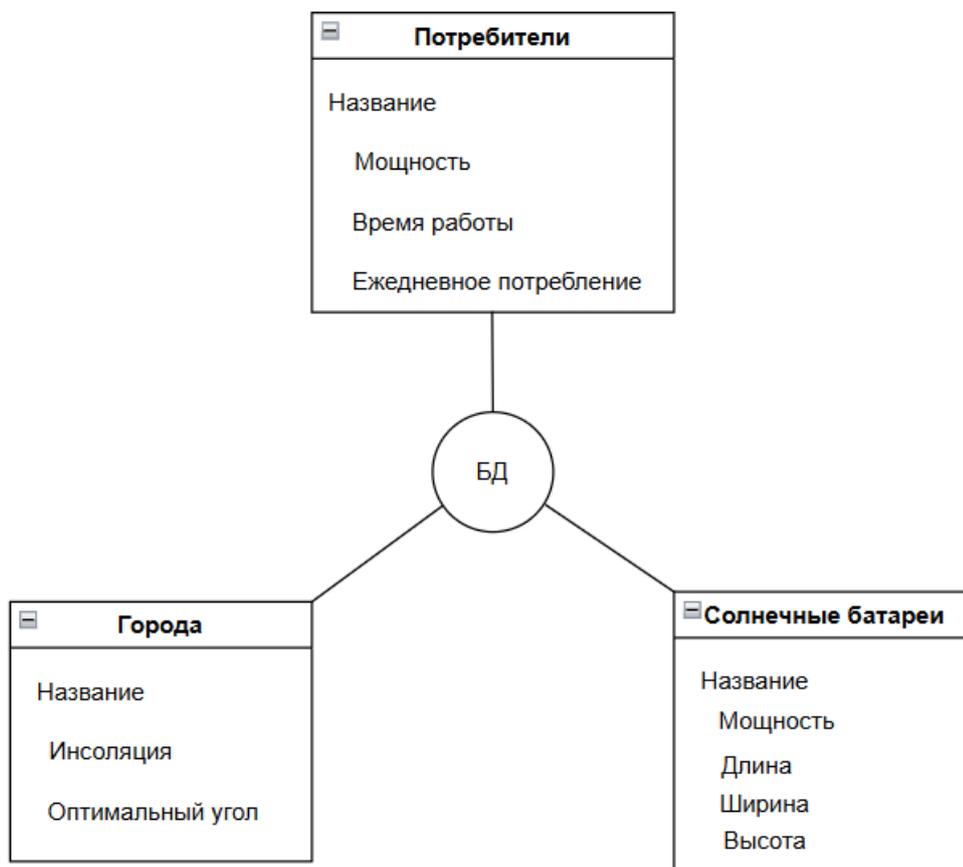


Рисунок 3.6 – Структура базы данных

Первая таблица содержит информацию о географических локациях, для которых выполняются расчёты. В ней представлены такие параметры, как название населённого пункта, уровень инсоляции, характерный для данной местности, и оптимальный угол наклона солнечных панелей, рассчитанный на основе географических координат и климатических особенностей региона.

Вторая таблица базы данных посвящена хранению информации о потребителях электроэнергии. В ней содержатся детальные сведения, включая наименование потребителя, его мощность, продолжительность работы в течение суток, а также расчётное ежедневное энергопотребление. Эти данные

позволяют проводить точные вычисления, необходимые для проектирования энергосистем.

Третья таблица структуры базы данных включает технические характеристики солнечных батарей. В ней хранятся данные о моделях фотоэлектрических модулей, их номинальной мощности, габаритных размерах, включая длину, ширину и высоту, что позволяет точно рассчитывать их производительность и размещение в пространстве.

3.1.6 Визуализация установки

Фоновая среда (Static Environment) играет ключевую роль в создании реалистичной и информативной визуализации. Небо реализовано с использованием стандартного Skybox в Unity, который представляет собой простой, но эффективный голубой градиент, имитирующий дневное освещение. Такой подход позволяет создать естественное восприятие пространства без излишней детализации, которая могла бы отвлекать внимание от основного объекта визуализации. Отсутствие динамической смены времени суток обусловлено стремлением к упрощению визуализации, что способствует повышению производительности и снижению нагрузки на вычислительные ресурсы. Это особенно важно в условиях, когда основное внимание должно быть сосредоточено на ключевых элементах сцены, а не на фоновых эффектах. Земля представлена плоской поверхностью, покрытой простой текстурой травы, выполненной в зелёных тонах. Выбор зелёного цвета в качестве основного фона обусловлен его нейтральностью и способностью обеспечивать оптимальный контраст с моделью дома и информационными панелями, что способствует лучшему визуальному восприятию. Отсутствие дополнительных элементов ландшафта, таких как деревья, кустарники или дороги, продиктовано необходимостью сохранения чистоты и минималистичности визуализации.

Экран Visualization предназначен для демонстрации интерактивной 3D-модели жилого дома, оснащённого солнечными панелями, что позволяет пользователю наглядно оценить предлагаемую конфигурацию энергетиче-

ской системы. Основной функцией данного интерфейса является визуальное представление того, как солнечные панели будут располагаться на поверхности крыши с учётом её геометрических особенностей и конструктивного типа. Такой подход обеспечивает более глубокое понимание конечного результата, поскольку пользователь может сразу увидеть, насколько гармонично солнечные панели интегрируются в архитектурный облик здания.

Модель дома выполнена в упрощённом, но достаточно детализированном виде, что позволяет сохранить высокую скорость рендеринга при сохранении визуальной информативности. Для визуального выделения основных конструктивных элементов применяются базовые материалы: стены окрашены в нейтральный жёлтый цвет, а крыша – в тёплый коричневый оттенок. Подобная цветовая схема выбрана не случайно – она обеспечивает достаточный контраст между поверхностями здания и солнечными панелями, что способствует лучшему восприятию их взаимного расположения. 3D-модель генерируется динамически на основе параметров, задаваемых пользователем, включая длину и ширину здания, а также угол наклона кровли.

Оптимальный угол установки (например, 25.83°). Приложение автоматически рассчитывает и отображает оптимальный угол наклона панелей для максимальной эффективности сбора солнечной энергии. Этот угол учитывает угол наклона кровли и данные региона, что обеспечивает наилучшую производительность системы.

Солнечные панели отображаются в виде плоских прямоугольных моделей с текстурой, имитирующей фотоэлементы (чёрный цвет). Панели чётко выделяются на фоне крыши благодаря контрастным цветам. На рисунке 3.7 представлено окно визуализации.

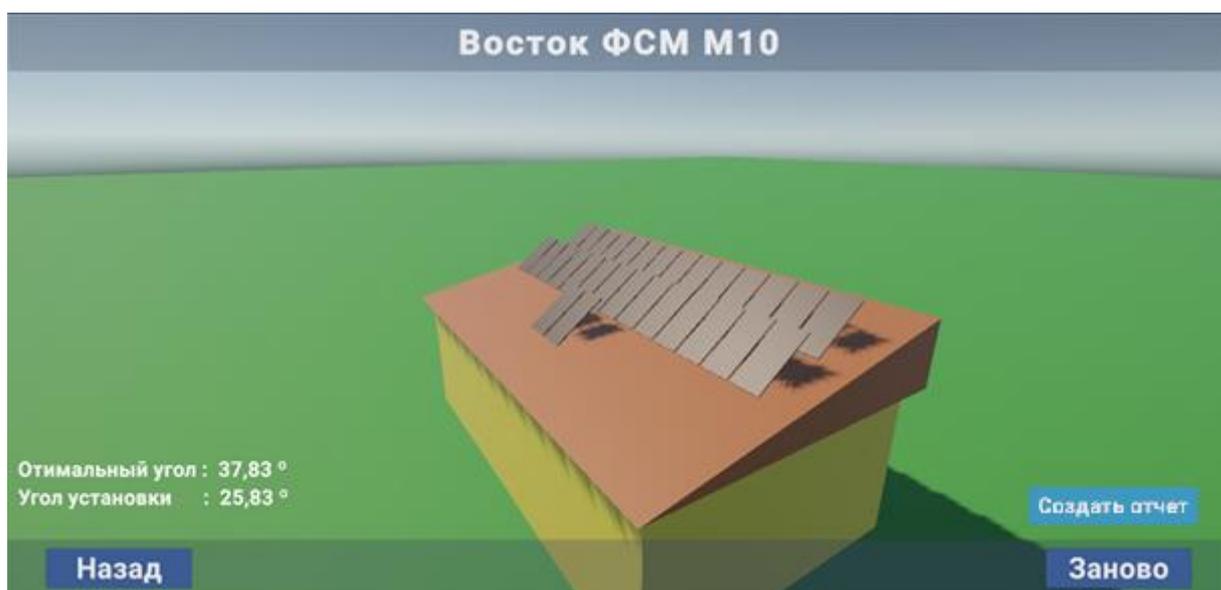


Рисунок 3.7 – Окно визуализации

Также настроена камера, которая позволяет свободно вращать модель в трехмерном пространстве, а также изменять масштаб изображения, что дает возможность тщательно рассмотреть процесс монтажа панелей под различными углами и с разных точек наблюдения. Для создания реалистичных условий визуализации используется источник освещения Directional Light, который зафиксирован в определенном положении и имитирует солнечный свет. Это значительно повышает информативность визуализации, позволяя пользователю не только оценить точное расположение и ориентацию солнечных батарей, но и понять, как они будут выглядеть на реальной кровле жилого дома с учетом естественного освещения в дневное время суток.

Интерфейс программы включает две ключевые функциональные кнопки, каждая из которых выполняет важную задачу в процессе работы с приложением. Первая кнопка с названием "Заново" предназначена для полного сброса всех введенных пользователем параметров и расчетных данных. Эта функция особенно полезна, когда требуется начать процесс проектирования системы солнечных панелей с чистого листа, обеспечивая быстрый переход к первоначальным настройкам. Вторая кнопка под названием "Создать отчет" активирует процесс генерации итогового документа, который формируется на основе всех введенных пользовательских данных и результатов автомати-

ческих расчетов системы. При активации этой функции программа создает подробный отчетный документ, который автоматически сохраняется на рабочем столе пользователя, содержащий все необходимые технические параметры и визуальные материалы для дальнейшего анализа и использования в проектных работах.

3.2 Разработка алгоритмов расчёта количества и мощности солнечных батарей

Алгоритмы, реализованные в приложении для расчета количества и мощности солнечных панелей, основаны на применении физических закономерностей и инженерных подходов, адаптированных под задачу определения параметров солнечной системы для конкретного объекта. Основная цель данных алгоритмов заключается в обеспечении точного и последовательного вычисления характеристик системы на основе входных данных, введенных пользователем.

Все вычисления выполняются автоматически, с использованием встроенных формул и базы данных приложения. Алгоритмы разработаны таким образом, чтобы обеспечивать гибкость при работе с разными сценариями, включая различные конфигурации домов, уровни энергопотребления, климатические условия и модели панелей.

3.2.1 Расчёт необходимой мощности солнечных панелей

Процесс расчёта оптимальной мощности солнечных панелей начинается с ввода пользователем исходных данных. Этот показатель позволяет оценить, какую суммарную электрическую нагрузку должна покрыть система для обеспечения энергопотребления дома на протяжении суток. В качестве базового параметра система принимает суточное энергопотребление объекта, которое может быть указано вручную (например, 10 кВт·ч) или автоматически рассчитано на основе выбранных электроприборов. Алгоритм анализирует технические характеристики каждого устройства, включая номинальную мощность и продолжительность работы, после чего формирует суммарный показатель суточного энергопотребления. Для обеспечения точности вычис-

лений приложение интегрировано с базой данных климатических показателей. Пользователю предлагается выбрать населённый пункт, что позволяет системе определить среднегодовой уровень солнечной инсоляции. В случае Владивостока, например, этот параметр составляет $4.5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в сутки. На основании полученных значений выполняется расчёт требуемой мощности фотоэлектрической системы. Результатом вычислений является мощность $\approx 12.35 \text{ кВт}$, приложение отображает требуемую мощность системы на экране результатов. Это позволяет пользователю понять, какая мощность необходима для покрытия его энергопотребления. Для повышения достоверности результатов алгоритм учитывает сезонные колебания инсоляции, что особенно важно для регионов с выраженной изменчивостью погодных условий.

3.2.2 Расчёт количества солнечных панелей

Для определения необходимого количества солнечных панелей система использует введённые пользователем данные. В качестве исходного параметра указывается номинальная мощность одной панели, выраженная в ваттах (например, 300 Вт). Пользователь может выбрать значение из предложенного перечня стандартных моделей. Расчёт выполняется на основе ранее определённой суммарной мощности энергосистемы выраженной в киловаттах (к примеру, 12.35 кВт). Полученный результат может быть дробным, однако физическое количество панелей должно быть целым числом. Поэтому система производит математическое округление до ближайшего целого значения в большую сторону, что гарантирует покрытие рассчитанной мощности. В приведённом примере итоговое количество панелей составляет 42 единицы. После завершения вычислений программа выводит значение на экран в разделе результатов. Это позволяет пользователю оценить масштаб будущей установки и принять решение о дальнейших действиях. Отображение точного количества панелей способствует корректному планированию закупок и монтажных работ, минимизируя ошибки при проектировании автономной энергосистемы. Дополнительно система может предоставлять информацию о реко-

мендуемом расположении панелей с учётом их габаритов и КПД, что помогает оптимизировать использование доступного пространства.

3.2.3 Определение угла установки панелей

Для достижения максимальной эффективности работы солнечных панелей критически важным параметром является правильный выбор угла их наклона относительно горизонтальной плоскости. В разрабатываемом приложении данный показатель рассчитывается автоматически на основе географических координат объекта. При вводе данных пользователь указывает существующий угол наклона кровельной поверхности, выраженный в градусах (в приведённом примере 12°). Система параллельно определяет оптимальный угол ориентации, для Владивостока этот параметр составляет 43° , что соответствует максимальному поглощению солнечного излучения в течение года. В рассматриваемом случае результат составляет 31° , что означает необходимость применения дополнительных регулируемых креплений для компенсации недостаточного естественного уклона кровли. Визуализация данного параметра в Unity-среде осуществляется через трансформацию трёхмерных моделей панелей, где программно задаётся соответствующий поворот объектов вокруг продольной оси.

3.2.4 Интеграция компонентов приложения

Интеграция компонентов приложения представляет собой сложный и многоуровневый процесс, в ходе которого отдельные функциональные блоки программы объединяются в единое, целостное программное средство. Каждый компонент приложения выполняет свою строго определённую задачу, однако для достижения конечного результата необходимо обеспечить их слаженную работу и согласованное взаимодействие. Без полноценной интеграции приложение не может функционировать как завершённая система, так как каждый модуль зависит от данных, предоставляемых другими модулями, и, в свою очередь, влияет на работу всех элементов программы.

Архитектура приложения разрабатывалась таким образом, чтобы поддерживать модульную структуру, обеспечивая возможность независимой раз-

работки, тестирования и модификации отдельных частей программы. Вместе с тем, модульная структура не должна приводить к изоляции компонентов, каждый модуль связан с другими посредством механизмов передачи данных, что позволяет поддерживать целостность информационного потока и логику работы приложения. Таким образом, интеграция компонентов выступает неотъемлемой частью процесса разработки программного продукта, обеспечивая его функциональность и практическую применимость.

Наиболее важным аспектом интеграции является правильная организация передачи данных между модулями. В пользовательском интерфейсе осуществляется сбор исходных данных, включая размеры здания, угол наклона крыши, выбранный регион, уровень энергопотребления или перечень электроприборов. Эти данные формируют основу для проведения расчетов, а значит, должны быть корректно обработаны и переданы в расчетный модуль. Передача данных осуществляется с учетом типов информации, числовые значения преобразуются в параметры для формул, текстовые данные используются для поиска в базе, а выбор из выпадающих списков определяет, какие именно записи должны быть загружены из базы данных.

Важным элементом является согласование форматов данных. Например, введенный пользователем угол наклона крыши должен быть передан в расчетный модуль в виде числового значения, которое используется для определения оптимального угла установки солнечных панелей. Если данные будут переданы некорректно, это приведет к ошибкам в расчетах и, как следствие, к некорректной работе всего приложения. Поэтому на этапе интеграции разработаны механизмы проверки правильности форматов данных и обработки возможных исключений, чтобы приложение оставалось устойчивым при работе с разными сценариями ввода.

Следующим звеном интеграции является передача результатов расчетов в модуль визуализации. После того как расчетный модуль определяет требуемую мощность системы, количество солнечных панелей и оптимальный угол их установки, эти данные должны быть переданы в визуализацию, чтобы

отобразить их в трехмерной сцене. Процесс передачи данных сопровождается преобразованием расчетных значений в параметры, которые используются для построения геометрических объектов: каждая панель представлена в виде модели, расположенной на крыше здания, а количество панелей отражается в их визуальном воспроизведении в сцене. Визуализация обновляется в реальном времени, чтобы пользователь мог видеть актуальное состояние проекта после каждого изменения параметров, внесенных в интерфейс.

Особое внимание при интеграции уделялось согласованию работы всех модулей в условиях динамического обновления данных. Например, при изменении пользователем одного из параметров, будь то размеры здания, уровень энергопотребления или угол наклона крыши, программа автоматически инициирует перерасчет в расчетном модуле, а затем обновляет визуализацию, чтобы отобразить новые результаты. Такой подход обеспечивает связность всех частей приложения и исключает возможность получения устаревшей или несогласованной информации.

База данных играет важнейшую роль в процессе интеграции, так как она является источником исходной информации, необходимой для расчетов. Данные о средних уровнях инсоляции, характеристиках солнечных панелей и мощности электроприборов подгружаются из базы и используются на этапах расчета и визуализации. Интеграция базы данных с интерфейсом позволяет пользователю выбирать значения из выпадающих списков, при этом программа автоматически загружает соответствующие параметры, что минимизирует количество ручного ввода и снижает вероятность ошибок.

Интеграция компонентов также предполагает наличие механизмов обработки ошибок и проверки целостности данных. В случае если один из модулей возвращает некорректное значение или происходит сбой при передаче данных, приложение должно корректно обработать эту ситуацию и выдать сообщение об ошибке, а не завершать работу аварийно. Это повышает надежность приложения и делает его более устойчивым при работе с различными сценариями ввода и обработки данных.

Важно подчеркнуть, что интеграция компонентов осуществляется не только на уровне передачи данных, но и на уровне логики работы приложения. Все модули связаны общей целью – обеспечением корректного расчета и наглядного представления параметров системы солнечных панелей. Каждый компонент играет свою роль, но их взаимодействие формирует единую цепочку, где результат одного модуля становится исходным параметром для другого.

Таким образом, интеграция компонентов приложения обеспечивает его функциональную целостность, позволяет связать воедино пользовательский ввод, вычислительные процессы и визуальное представление результатов. Без реализации интеграции невозможно было бы достичь главной цели разработки – создания удобного, стабильного и практичного инструмента для расчета систем солнечных панелей для жилых домов.

3.3 Тестирование приложения

Тестирование приложения проводится с целью проверки корректности функционирования всех компонентов программы, обеспечения точности вычислений, а также стабильной работы интерфейса и модулей визуализации. Процесс тестирования включал последовательную проверку работы каждого блока приложения, начиная от ввода исходных данных и заканчивая генерацией отчета.

Проверка работы интерфейса и визуализации позволит убедиться в том, что программа корректно реагирует на действия пользователя, включая переходы между экранами, ввод и изменение параметров, выбор элементов из списков, а также выполнение расчетов после нажатия соответствующих кнопок. В ходе тестирования будут рассмотрены различные сценарии использования, включая ввод стандартных данных, работа с минимальными и экстремальными значениями, а также попытки ввода некорректных параметров.

3.3.1 Тестирование интерфейса и визуализации

Тестирование пользовательского интерфейса и визуализации направлено на проверку удобства навигации, корректности отображения элементов и

обработки пользовательского ввода. На скриншоте, представленном на Рисунке 3.8, зафиксирован процесс начала перехода между экранами приложения. В момент, показанный на изображении, пользователь активирует кнопку, предназначенную для перемещения к следующему этапу, что иллюстрирует последовательность работы элементов интерфейса. Данный фрагмент демонстрирует логику, заложенную в систему навигации, где каждый экран связан с предыдущим, обеспечивая целостность пользовательского пути.

Ввод параметров дома

Длина дома в метрах: 15

Ширина дома в метрах: 7

Тип кровли: Двухскатная

Угол наклона кровли: 20°

Выберите город: Хабаровск

Далее

Рисунок 3.8 – Скриншот проверки начала перехода

Рисунок 3.9 отображает состояние интерфейса после перехода на следующий экран. На изображении показано, что введенные ранее данные остаются доступными, что позволяет пользователю возвращаться к предыдущим шагам для их уточнения или корректировки. Такой механизм подтверждает реализацию логики сохранения параметров на всех этапах работы приложения и правильную обработку последовательных действий пользователя.



Рисунок 3.9 – Второй скриншот проверки перехода

Выполнена проверка правильности работы выпадающих списков, таких как выбор города или типа кровли. Оценка удобства выбора элементов из списка и корректности отображения выбранных значений.

Скриншот, представленный на Рисунке 3.10, демонстрирует работу выпадающего списка, используемого для выбора города и типа кровли из предложенного перечня. На момент фиксации изображения отображается открытое меню со списком доступных вариантов, что подтверждает корректную загрузку данных из базы и их интеграцию в интерфейс приложения. Этот элемент позволяет подгружать региональные данные для последующих расчетов, формируя связь между вводом пользователя и параметрами расчета.

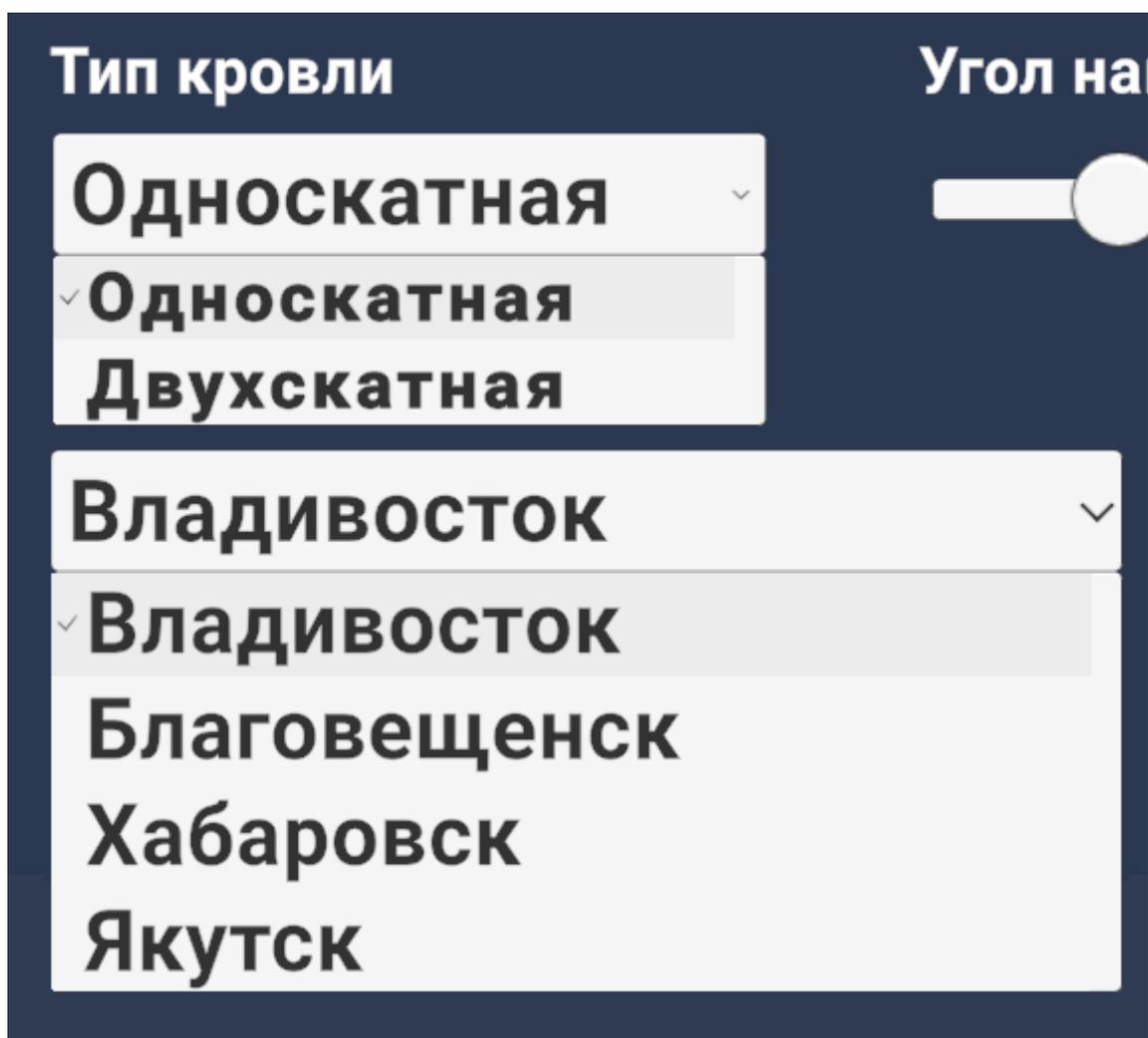


Рисунок 3.10 – Скриншот проверки выпадающего списка

Рисунок 3.11 иллюстрирует размещение солнечных панелей на трехмерной модели крыши. Визуализация демонстрирует, что панели ориентированы в соответствии с расчетным углом установки и расположены на поверхности крыши с учетом ее геометрии. На изображении видны контуры здания, поверхность кровли и панели, размещенные в заданной конфигурации, что отражает интеграцию расчетных данных в модуль визуализации.

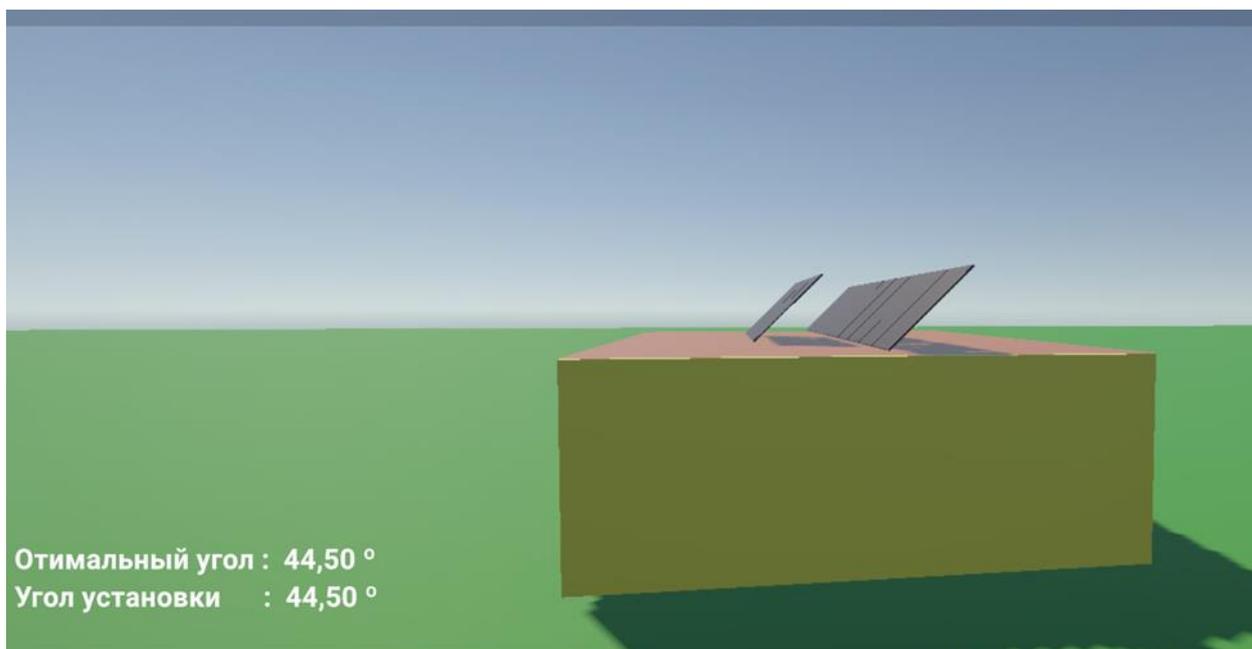


Рисунок 3.11 – Скриншот проверки панелей на крыше

На скриншоте, представленном на Рисунке 3.12, показан пример отображения солнечных панелей на модели с другим типом кровли. Изображение демонстрирует, что программа адаптирует размещение панелей в зависимости от формы крыши, сохраняя правильное положение элементов даже при изменении параметров здания. Форма кровли, угол наклона и размеры здания влияют на визуальное представление, что подтверждает универсальность и гибкость реализованной системы визуализации.

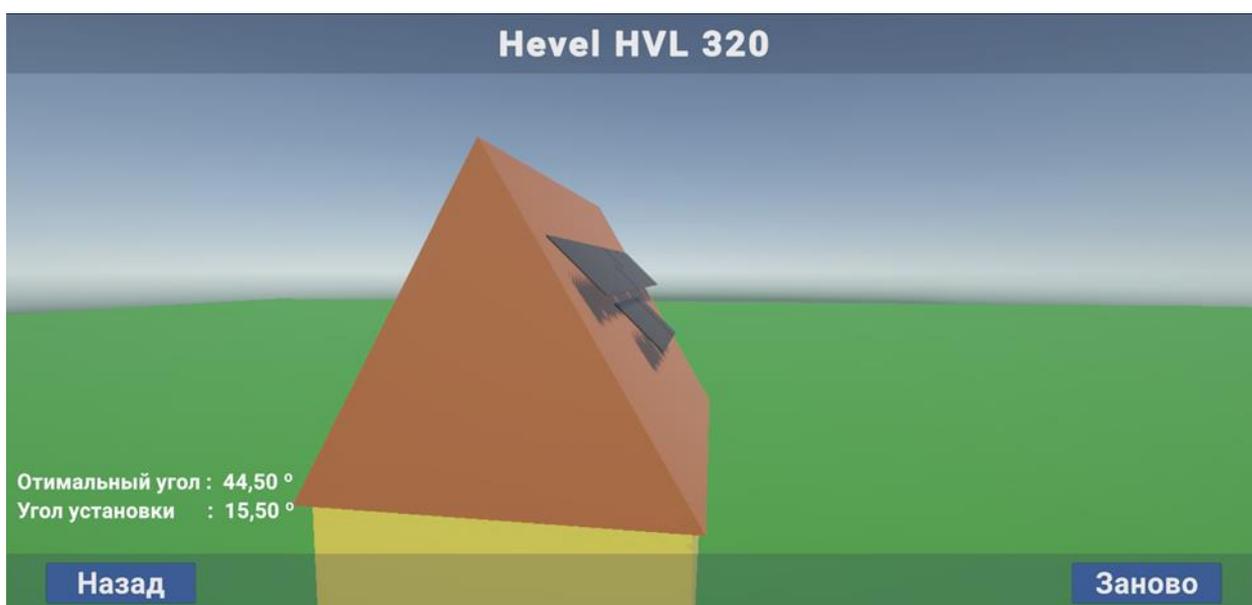


Рисунок 3.12 – Скриншот проверки корректности расположения

Рисунок 3.13 иллюстрирует работу визуализации при большом количестве солнечных панелей. На изображении виден результат тестирования с расширенной конфигурацией, включающей множество элементов, что демонстрирует способность приложения обрабатывать сложные случаи без снижения стабильности работы интерфейса и задержек в отображении.

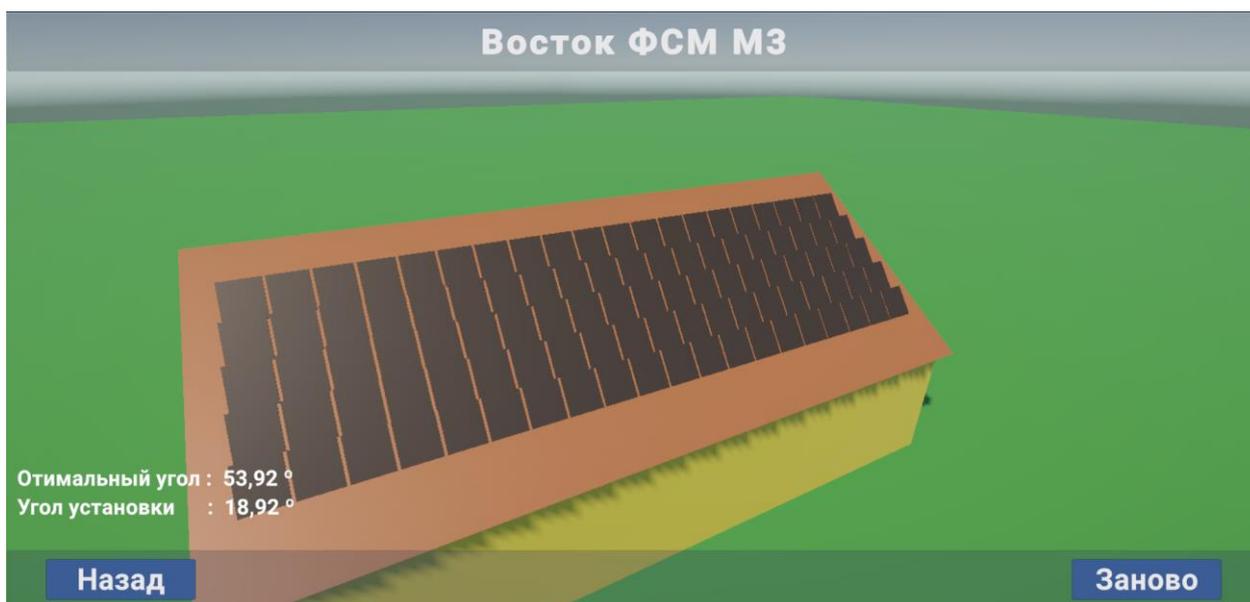


Рисунок 3.13 – Скриншот проверки множества панелей

Проведена проверка корректности обработки данных, введённых пользователем, таких как геометрические параметры дома, энергопотребление и угол наклона крыши. Оценка точности расчётов количества и мощности солнечных батарей на основе введённых данных и соответствия результатов ожидаемым значениям.

Проведена проверка корректности генерации отчёта по данным, введённым пользователем, проведённым расчётам приложения и баз данных. Скриншот отчёта представлен на рисунке 3.14.

	A	B	C
1	Характеристика	Значение	
2	Город	Благовещенск	
3	Длина дома	12 м	
4	Ширина дома	10 м	
5	Тип кровли	Двухскатная	
6	Угол наклона кровли	18°	
7	Энергопотребление	60 кВт·ч/день	
8	Солнечная панель	Восток ФСМ М3	
9	Мощность панели	100 кВт	
10	Длина панели	770 м	
11	Ширина панели	670 м	
12	Высота панели	30 м	
13	Уровень инсоляции	4,285833 кВт·ч/м ² /день	
14	Оптимальный угол наклона	44,5°	
15	Расчетный угол наклона	18°	
16	Требуемая мощность панелей	2,799922 кВт	
17	Необходимое количество панелей		28
18			

Рисунок 3.14 – Скриншот отчёта

3.3.2 Тестирование сценариев использования

Рисунок 3.15 представляет результат выполнения стандартного пользовательского сценария. Визуально отображается окно, в котором сформированы расчётные значения на основе введённых пользователем параметров: геометрии дома, региона установки, типа кровли и уровня энергопотребления. Скриншот демонстрирует итоговые данные, включая требуемую мощность системы, количество панелей и рассчитанный угол установки. Визуальное представление результатов на данном этапе служит подтверждением того, что все основные компоненты приложения взаимодействуют согласованно и формируют единый итог.

Расчет системы для стандартного дома. Для проверки корректности работы приложения был разработан сценарий использования, моделирующий типичные условия эксплуатации. В этом сценарии пользователь указывает следующие параметры: город Владивосток, вводит параметры дома, размеры

12м * 10м, угол крыши 20°, тип кровли односкатная, указывает суточное потребление: 20 кВт*ч, выбирает панели Восток ФСМ М3. Получает результаты: расчетная мощность: 0,9 кВт, количество панелей: 9, рекомендуемый угол установки: 13°.

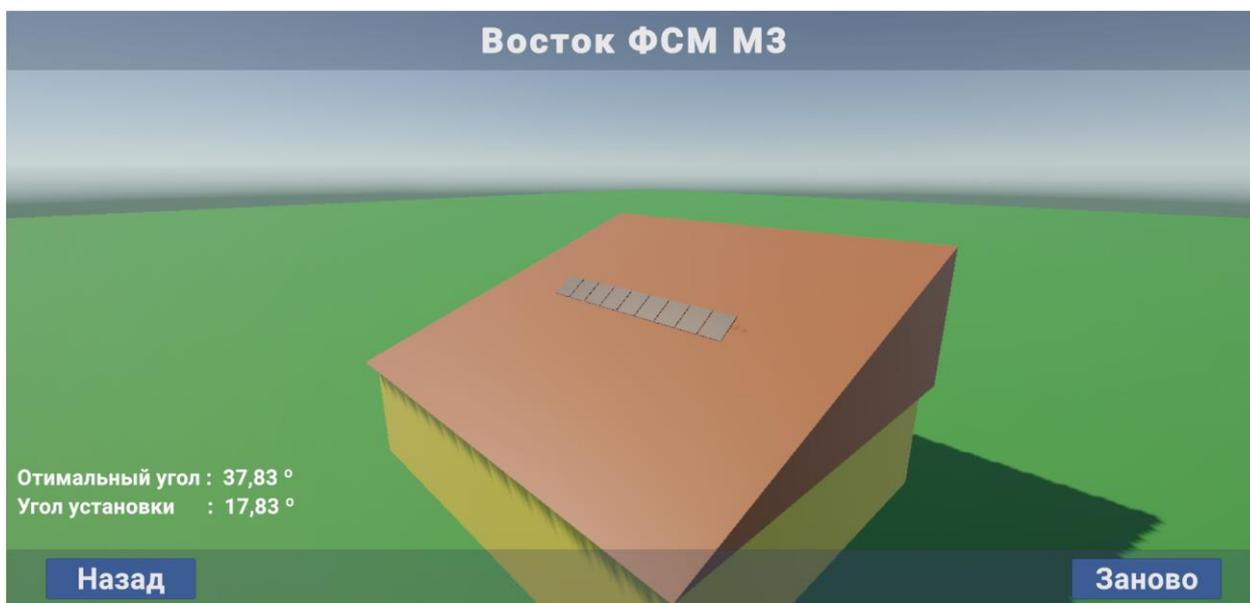


Рисунок 3.15 – Скриншот стандартного сценария

Рисунок 3.16 иллюстрирует сценарий с минимальными значениями, при котором параметры объекта приближены к нижним пределам допустимого диапазона. Отображённый на экране результат показывает, что система корректно реагирует на незначительную нагрузку и обеспечивает расчет с учётом заданных ограничений. Панель на визуализации отображена в единственном числе, что соответствует низкому уровню потребления, заданному пользователем. Результаты показывают, что для удовлетворения минимального энергопотребления требуется установка 1 панель. Система корректно обрабатывает минимальные значения, демонстрируя надёжность и точность расчётов даже при небольших входных данных.

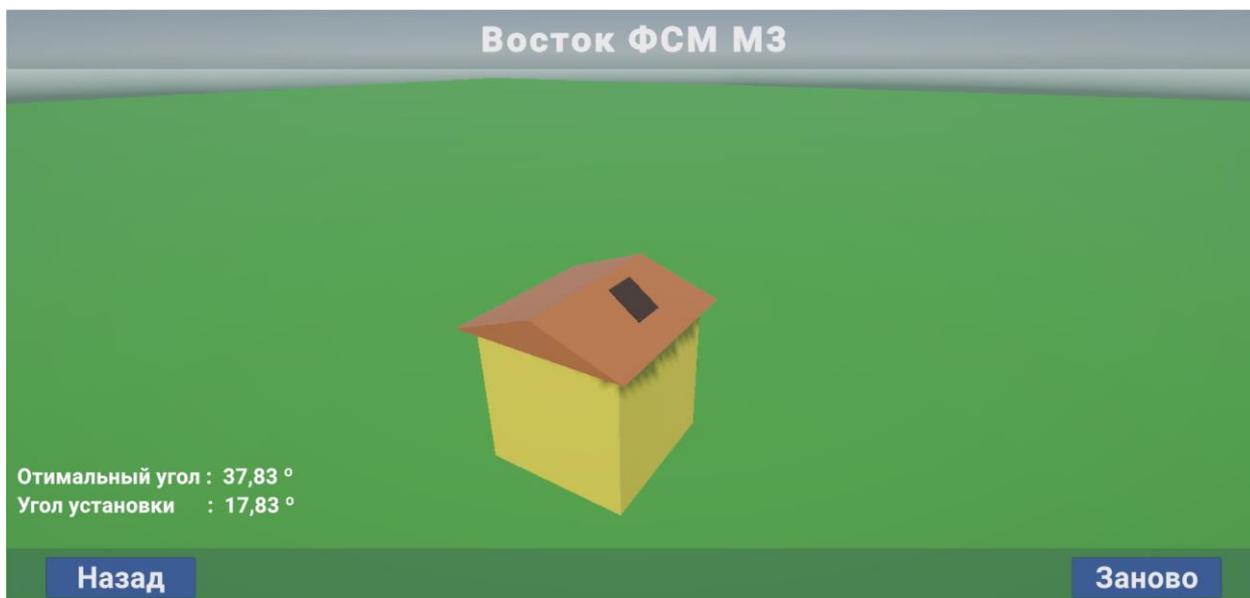


Рисунок 3.16 – Скриншот минимальных значений

Рисунок 3.17 фиксирует работу приложения при вводе данных, характеризующих экстремально большую нагрузку. На экране отображается результат расчета для дома с увеличенной площадью и высоким уровнем энергопотребления. Программа справляется с увеличенным объёмом входных данных, отображая расширенную конфигурацию панели и сохраняя визуальную целостность модели. Многочисленные панели, размещенные на поверхности кровли, показывают, что визуализация остаётся стабильной даже при высокой плотности размещения объектов. Результаты демонстрируют корректность работы системы при обработке больших значений. Приложение успешно рассчитывает требуемую мощность, количество панелей и оптимальный угол установки для таких масштабных систем.

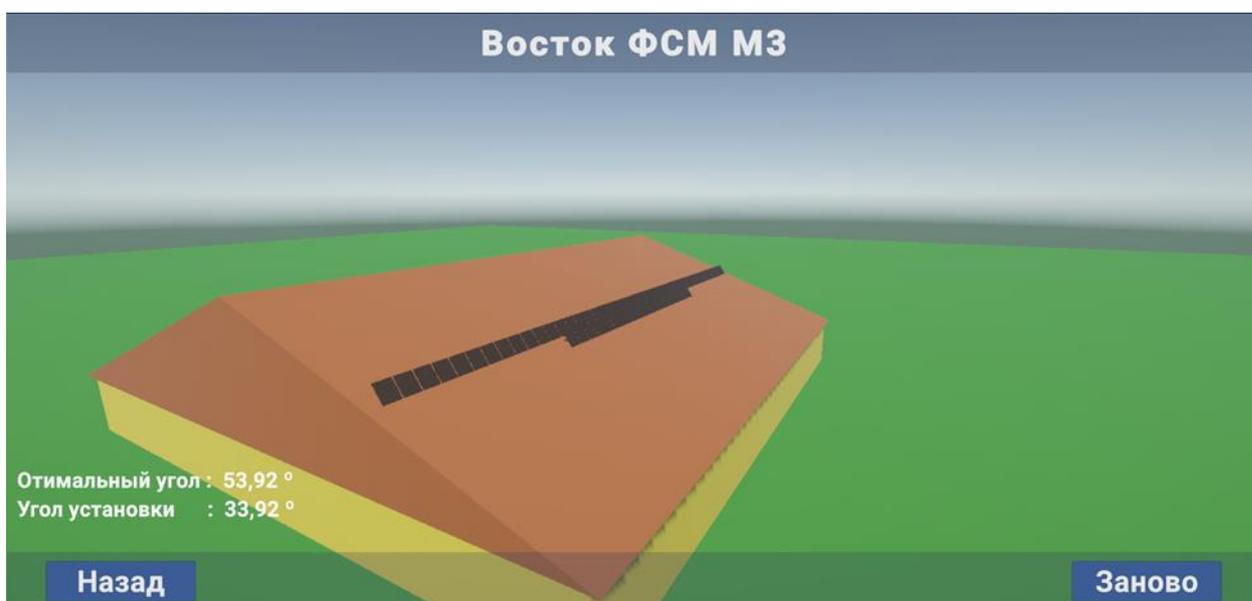


Рисунок 3.17 – Скриншот максимальных значений

Рисунок 3.18 демонстрирует поведение системы при вводе данных, выходящих за пределы допустимого диапазона. На изображении видно, что введены некорректные значения размеров здания и отсутствует суточное потребление. Отсутствие валидного расчета подтверждает необходимость дальнейшего внедрения обработчиков ошибок и системы уведомлений для информирования пользователя о недопустимости таких параметров. Скриншот зафиксировал текущую реакцию программы на ошибочные входные данные, что является результатом проведения негативного сценария тестирования.

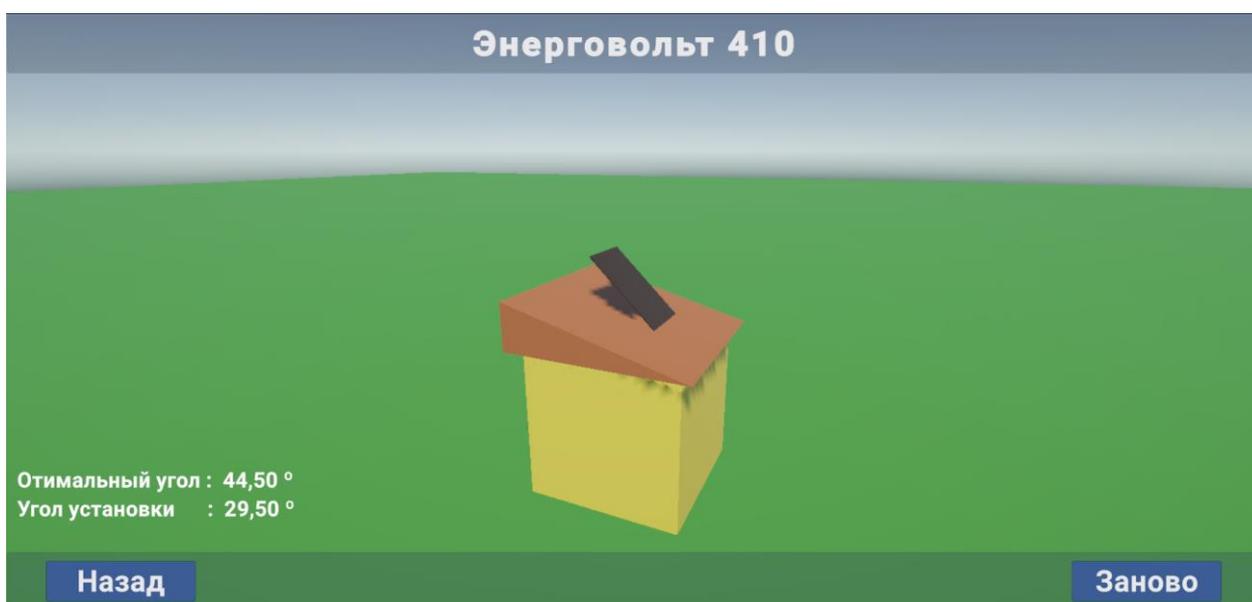


Рисунок 3.18 – Скриншот отрицательных значений

Сценарий изменения параметров. Заполнение всех данных и выполнение расчёта. Изменение угла крыши на иной. В результате 3D модель была обновлена корректно.

Основной функционал работает стабильно. Критических ошибок не выявлено. Необходимы добавления подсказок и сообщения об ошибках.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения магистерской диссертации было разработано специализированное приложение для расчёта количества и мощности солнечных батарей и визуализации солнечных панелей в жилых домах, которое автоматизирует процесс проектирования энергосистем, заменяя трудоёмкие ручные расчёты и упрощая анализ установки.

В работе были успешно решены следующие задачи:

– Проведён детальный анализ предметной области, включая изучение принципов работы солнечных энергосистем, факторов их эффективности и требований к проектированию. Это позволило выявить недостатки существующих решений, такие как сложность интерфейса и отсутствие интеграции 3D-визуализации, и сформулировать ключевые требования к новому приложению.

– Разработана архитектура и интерфейс приложения, учитывающие потребности пользователей в точных расчётах и наглядном представлении результатов.

– Выбраны современные технологии разработки (Unity и C#), обеспечивающие высокую производительность и реализацию интерактивной 3D-визуализации.

– Реализованы ключевые функции, такие как расчёт оптимального количества и мощности панелей, моделирование их размещения на крыше и генерация отчётов о потенциальной выработке энергии.

– Проведено тестирование, подтвердившее точность расчётов, удобство интерфейса и соответствие приложения поставленным требованиям.

Разработанное приложение значительно упрощает процесс проектирования домашних солнечных электростанций, повышая точность расчётов, снижая вероятность ошибок и обеспечивая наглядность результатов за счёт 3D-моделирования. Оно демонстрирует эффективность применения современных технологий в области альтернативной энергетики, что имеет как

практическую ценность для домовладельцев и инженеров, так и научное значение для развития инструментов проектирования.

Данная работа вносит вклад в развитие автоматизации процессов в сфере возобновляемой энергетики, предоставляя удобное и точное решение для расчёта количества и мощности солнечных батарей и открывая перспективы для дальнейшего совершенствования подобных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Абдразаков, Ф. К. Современные концепции энергосбережения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ф. К. Абдразаков, О. В. Михеева, Е. Н. Миркина. – Саратов : Вавиловский университет, 2023. – 72 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/394655>. – 23.01.2025.

2 Автоматизированные системы управления и информационные технологии [Электронный ресурс] : материалы конф. : в 2 т. / под ред. В. В. Черняева [и др.]. – Пермь : ПНИПУ, 2021. – Т. 2. – 377 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/328820>. – 19.01.2025.

3 Адгезалова, Х. А. Применение фоточувствительных полупроводников [Электронный ресурс] / Х. А. Адгезалова, Д. И. Гусейнов, О. М. Гасанов // ELS. – 2023. – № ноябрь. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-fotochuvstvitelnyh-poluprovodnikov>. – 22.01.2025.

4 Айзатуллин, И. Р. Оценка влияния климатических изменений на потенциал и надежность возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс] // Вестник науки. – 2025. – № 1 (82). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vliyaniya-klimaticheskikh-izmeneniy-na-potentsial-i-nadezhnost-vozobnovlyaemyh-istochnikov-energii>. – 17.01.2025.

5 Акбашев, И. И. Вызовы зеленой энергетики в современных условиях [Электронный ресурс] // Вестник Академии права и управления. – 2021. – № 4 (65). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vyzovy-zelenoy-energetiki-v-sovremennyh-usloviyah>. – 17.01.2025.

6 Аполлонский, С. М. Энергетическая безопасность Российской Федерации [Электронный ресурс] / С. М. Аполлонский. – 2-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2023. – 620 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/332660>. – 2.02.2025.

7 Бабаев, Б. Д. Расчет выработки электроэнергии местной солнечной электростанцией при оптимальных параметрах [Электронный ресурс] //

Вестник Дагестанского государственного университета. Сер. 1: Естественные науки. – 2021. – № 3. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-vyrabotki-elektroenergii-mestnoy-solnechnoy-elektrostantsiey-pri-optimalnyh-parametrah>. – 14.02.2025.

8 Баланов, А. Н. Прототипирование и разработка пользовательского интерфейса: оптимизация UX [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / А. Н. Баланов. – СПб. : Лань, 2024. – 220 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/414929>. – 5.03.2025.

9 Болбаков, Р. Г. Профильные задачи компьютерной графики в игровом движке Unity [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Р. Г. Болбаков, А. В. Сеницын, А. Н. Чернигин. – М. : РТУ МИРЭА, 2024. – 144 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/421121>. – 15.03.2025.

10 Воронина, В. В. Компьютерная графика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. В. Воронина, В. В. Шишкин. – Ульяновск : УлГТУ, 2023. – 175 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/416204>. – 13.04.2025.

11 Жабаяева, В. А. Выбор солнечных панелей [Электронный ресурс] // Теория и практика современной науки. – 2020. – № 6 (60). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-solnechnyh-paneley>. – 23.02.2025.

12 Земсков, В. И. Возобновляемые источники энергии в АПК [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. И. Земсков. – СПб. : Лань, 2022. – 368 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/211574>. – 3.02.2025.

13 Зиновьева, Е. В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (краткий обзор основных направлений) [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е. В. Зиновьева. – Иваново : ИГЭУ, 2023. – 80 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/369713>. – 26.01.2025.

14 Игнатъев, А. В. Проектирование человеко-машинного взаимодействия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. В. Игнатъев. – СПб. : Лань, 2021. – 56 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/183194>. – 25.02.2025.

15 Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике [Электронный ресурс] : материалы XIII Всерос. науч.-техн. конф. / Чуваш. гос. ун-т им. И. Н. Ульянова. – Чебоксары : ЧГУ, 2022. – 528 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/388817>. – 8.02.2025.

16 Исследование электрофизических характеристик солнечной панели с помощью компьютеризированного измерительного стенда [Электронный ресурс] / Н. А. Какурина, Ю. Б. Какурин, Д. Е. Курсай, Н. А. Осипов // ИВД. – 2016. – № 3 (42). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-elektrofizicheskikh-harakteristik-solnechnoy-paneli-s-pomoschyu-kompyuterizirovannogo-izmeritelnogo-stenda>. – 10.04.2025.

17 Козлов, А. В. Модель программы для проектирования солнечной электростанции [Электронный ресурс] / А. В. Козлов, В. С. Залесский // Universum: технические науки. – 2020. – № 4-2 (73). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-programmy-dlya-proektirovaniya-solnechnoy-elektrostantsii>. – 8.04.2025.

18 Компьютерная графика: Практикум [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Р. Г. Болбаков, Г. В. Горбатов, А. В. Синицын, А. А. Абрамов. – М. : РТУ МИРЭА, 2020. – 133 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/163908>. – 27.03.2025.

19 Копырин, А. С. Программирование на C#: сложные типы данных [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. С. Копырин, Т. Л. Салова. – 2-е изд. – М. : ФЛИНТА, 2024. – 68 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/436646>. – 6.11.2024.

20 Копырин, А. С. Программирование на C# в Visual Studio 2013 : учеб. пособие / А. С. Копырин, Т. Л. Салова. – М. : ФЛИНТА, 2021. – 54 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/182963>. – 13.10.2024.

21 Королева, Д. А. Солнечная энергетика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Д. А. Королева, В. В. Шайдаков, В. А. Целищев. – Вологда : Ин-

фра-Инженерия, 2023. – 140 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/347651>. – 20.04.2024.

22 Королева, Д. А. Солнечная энергетика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. А. Королева, В. В. Шайдаков, В. А. Целищев. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 140 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/347651> – 15.07.2023.

23 Крюков, А. В. Общая энергетика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. В. Крюков, Д. А. Середкин. – Иркутск : ИрГУПС, 2023. – 116 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/369536>. – 11.04.2024.

24 Курбанисмаилов, З. М. Современные подходы в программировании при создании интерактивной анимации на C# и Unity [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / З. М. Курбанисмаилов. – М. : РТУ МИРЭА, 2021. – 142 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/176569>. – 2.04.2025.

25 Лихачев, В. Л. Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Л. Лихачев, И. В. Николаева. – М. : СОЛОН-Пресс, 2024. – 536 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/454040>. – 5.12.2024.

26 Майстренко, Н. В. Проектирование и разработка мультимедийного контента и пользовательского интерфейса [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. В. Майстренко, И. Л. Коробова, Н. А. Вехтева. – Тамбов : ТГТУ, 2024. – 81 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/472337>. – 28.03.2025.

27 Макеева, Д. А. Ресурсосберегающие источники энергии [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Д. А. Макеева, Д. А. Козырь. – Севастополь : СевГУ, 2024. – 138 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/450548>. – 7.02.2025.

28 Мартыненко, Т. В. Основы визуального программирования в среде VISUAL STUDIO на базе C# [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Т. В. Мартыненко, В. В. Турупалов, Н. К. Андриевская. – Вологда : Инфра-

Инженерия, 2023. – 232 с. – Режим доступа:
<https://e.lanbook.com/book/346526>. – 5.04.2025.

29 Массель, Л. В. Семантическое моделирование при построении цифровых двойников энергетических объектов и систем [Электронный ресурс] / Л. В. Массель, А. Г. Массель // Онтология проектирования. – 2023. – № 1 (47). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/semanticheskoe-modelirovanie-pri-postroenii-tsifrovyyh-dvoynikov-energeticheskikh-obektov-i-sistem>. – 12.04.2025.

30 Матисаков, Т. К. Методика расчета эффективности работы систем солнечных коллекторов [Электронный ресурс] / Т. К. Матисаков, Т. Ш. Ысаков // Бюллетень науки и практики. – 2021. – № 3. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-rascheta-effektivnosti-raboty-sistem-solnechnyh-kollektorov>. – 16.02.2025.

31 Митрофанов, С. В. Разработка элементов системы автоматизированного проектирования солнечных электрических станций [Электронный ресурс] / С. В. Митрофанов, В. В. Петров // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2023. – № 47. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-elementov-sistemy-avtomatizirovannogo-proektirovaniya-solnechnyh-elektricheskikh-stantsiy>. – 1.03.2025.

32 Москалева, М. В. Программирование на языке C#: объектно-ориентированное программирование [Электронный ресурс] : практ. пособие : учеб. пособие / М. В. Москалева. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2023. – 47 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/370061>. – 31.10.2024.

33 Москвитин, А. А. Информатика. Решение задач [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. А. Москвитин. – СПб. : Лань, 2021. – 184 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/183211>. – 20.07.2024.

34 Мышкина, Л. С. Моделирование надежности энергосистем [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Л. С. Мышкина. – Новосибирск :

НГТУ, 2023. – 70 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/404468>. – 10.02.2025.

35 Попова, С. Н. Образовательные и технические решения проблемы внедрения солнечной энергетики [Электронный ресурс] / С. Н. Попова, В. П. Максимов // Инновации и инвестиции. – 2020. – № 1. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrazovatelnye-i-tehnicheskie-resheniya-problemy-vnedreniya-solnechnoy-energetiki>. – 25.01.2025.

36 Преображенская, Е. В. Создание трёхмерного проекта в Unity [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Е. В. Преображенская, А. А. Лим. – М. : РТУ МИРЭА, 2024. – 76 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/432683>. – 19.03.2025.

37 Программирование. Сборник задач [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / О. Г. Архипов, В. С. Батасова, П. В. Гречкина [и др.] ; под ред. М. М. Маран. – 3-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2025. – 140 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/443291>. – 2.09.2024.

38 Проектирование фотоэлектрических систем [Электронный ресурс] : моногр. : в 3 ч. / Д. С. Фалеев, В. В. Халиман, Е. В. Фалеева [и др.]. – Хабаровск : ДВГУПС, 2023. – Ч. 1. – 186 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/433514>. – 5.04.2025.

39 Разработка 3D-игр в Unity [Электронный ресурс] : рук. / Э. Дэвис, Т. Батист, Р. Крейг, Р. Станкел ; пер. с англ. П. М. Бомбаковой. – М. : ДМК Пресс, 2023. – 298 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/456614>. – 4.03.2025.

40 Рубочкин, В. Азбука программирования игр в UNITY 3D [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Рубочкин. – М. : СОЛОН-Пресс, 2024. – 176 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/454037>. – 5.03.2025.

41 Рудович, Е. Ю. Анализ производительности солнечных панелей в различных климатических условиях [Электронный ресурс] / Е. Ю. Рудович // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 12. – Режим доступа:

<https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-proizvoditelnosti-solnechnyh-paneley-v-razlichnyh-klimaticheskikh-usloviyah>. – 17.02.2024.

42 Скафарик, А. И. Ресурсная обеспеченность и экономическая эффективность сетевых солнечных станций малой мощности в регионах России [Электронный ресурс] / А. И. Скафарик, С. В. Киселева // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2023. – № 2. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/resursnaya-obespechennost-i-ekonomicheskaya-effektivnost-setevyh-solnechnyh-stantsiy-maloy-moschnosti-v-regionah-rossii>. – 9.03.2024.

43 Удалов, С. Н. Возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. Н. Удалов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Новосибирск : НГТУ, 2024. – 459 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/118097>. – 8.11.2024.

44 Фалеев, Д. С. Автономная солнечная фотоэлектрическая установка (система) малой мощности [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Д. С. Фалеев, О. В. Кравченко, К. А. Рудой. – Хабаровск : ДВГУПС, 2022. – 93 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/339491>. – 10.10.2024.

45 Финиченко, А. Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Ю. Финиченко, А. П. Стариков. – Омск : ОмГУПС, 2017. – 83 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/129461>. – 23.09.2025.

46 Ханаев, В. В. Вопросы эффективности применения гелиосистем малой мощности [Электронный ресурс] / В. В. Ханаев // Системы анализа и обработки данных. – 2015. – № 2 (59). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-effektivnosti-primeneniya-geliosistem-maloy-moschnosti>. – 10.02.2024.

47 Экологическая оценка возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / Г. В. Пачурин, Е. Н. Соснина, О. В. Маслеева, Е. В. Крюков. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2025. – 236 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/478202>. – 14.02.2024.

48 Электротехнические комплексы с фотоэлектрическими установками [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Р. Н. Хамитов, Б. А. Косарев, П. В. Беляев [и др.]. – Омск : ОмГТУ, 2023. – 84 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/421724>. – 16.03.2024.

49 Юдаев, И. В. Возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. В. Юдаев, Ю. В. Даус, В. В. Гамага. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 328 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/362954>. – 19.09.2024.

50 Язханова, Х. Д. Солнечные батареи для жилых помещений [Электронный ресурс] / Х. Д. Язханова // Вопросы науки и образования. – 2022. – № 8 (164). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/solnechnye-batarei-dlya-zhilyh-pomescheniy>. – 26.01.2025.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

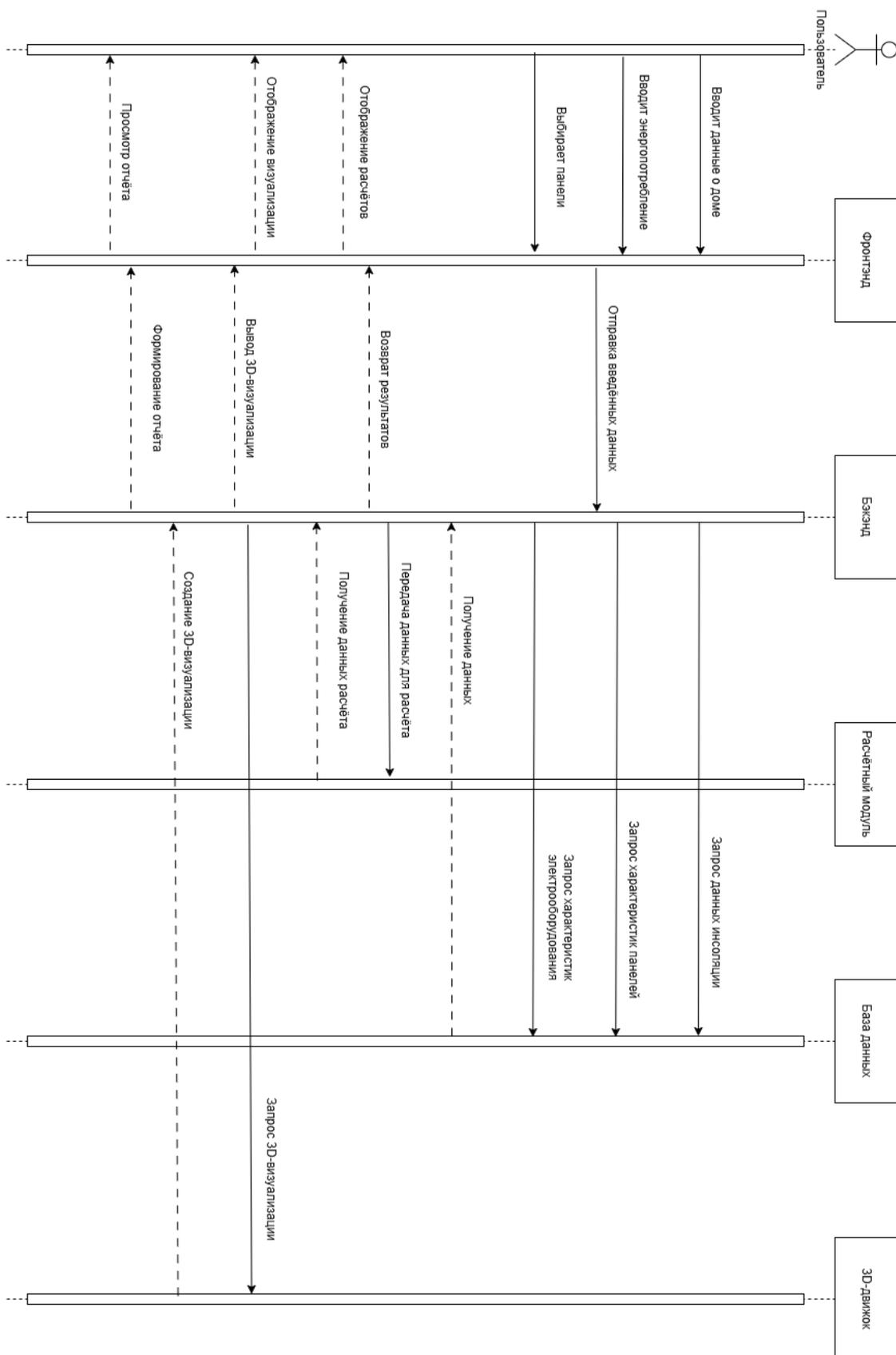


Рисунок А.1 – Диаграмма последовательностей