

СТАТЬЯ

УДК 004.4

DOI 10.17513/snt.40139

РАЗРАБОТКА СИМУЛЯТОРА ГЕНЕРАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ**Курзаева Л.В., Корнев Р., Курзаев Д.О., Замиралов В.А., Егоров М.И.***ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, e-mail: l.kurzaeva@mail.ru*

Разработка симулятора солнечной генерации энергии обусловлена растущим интересом к возобновляемым источникам энергии. Целью данной работы является создание симулятора распределенной энергетики на основе солнечной генерации для популяризации данного направления среди населения и формирования первичных знаний о генерации энергии, ее практическом применении и эффектах. В ходе работы были рассмотрены аналоги существующих решений, выявлены их преимущества и недостатки. Основным преимуществом предлагаемого решения является объединение всех ключевых функций в одном приложении. В статье кратко раскрыты разработанные проектные решения: концепция программного средства, архитектурно состоящего из четырех подсистем: симуляции для расчета нагрузки дома, подбора параметров источника энергии и его установки, расчета энергобаланса и аналитики для демонстрации экологических и экономических эффектов. Приложение может быть применено в образовательных целях и способно помочь школьникам и студентам получить базовые знания о солнечной энергетике и ее потенциале, а также помочь пользователям принять обоснованное решение относительно установки солнечных систем. Настоящая статья представляет интерес для образовательного сообщества, которое занимается обучением и профориентационной работой по вопросам возобновляемых источников энергии и практического применения солнечной генерации.

Ключевые слова: солнечная генерация, симулятор, компьютерное моделирование**DEVELOPMENT OF A SOLAR ENERGY GENERATION SIMULATOR****Kurzaeva L.V., Kornev R., Kurzaev D.O., Zamiralov V.A., Egorov M.I.***Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov, Magnitogorsk,
e-mail: l.kurzaeva@mail.ru*

The development of a solar power generation simulator is of great importance due to the growing interest in renewable energy sources. The purpose of this work is to create a distributed energy simulator based on solar generation to popularize this direction among the population and generate primary knowledge about energy generation, its practical application and effects. During the work, analogues of existing solutions were reviewed, their advantages and disadvantages were identified; the main advantage of the proposed solution is the combination of all key functions in one application. The article briefly describes the developed design solutions: the concept of a software tool, architecturally consisting of four subsystems: simulation for calculating the load of the house, selecting the parameters of the energy source and its installation, calculating the energy balance and analytics to demonstrate environmental and economic effects. The application can be useful for educational purposes, helping schoolchildren and students gain introductory knowledge about solar energy and its potential, as well as helping users make informed decisions regarding the installation of solar systems. This article is of interest to the educational community, which is engaged in training and career guidance on issues of renewable energy sources and the practical application of solar generation.

Keywords: solar generation, simulator, computer modeling**Введение**

Современные тенденции преобразования энергосистем стран, в том числе и России, отличаются наращиваем мощностей в сегменте малой распределенной энергетики. Подобные тенденции являются ответом на проблемы роста дефицита генерирующих мощностей, поиска путей обеспечения надежности энергоснабжения, в том числе потребителей, удаленных от централизованных сетей.

Распределенная энергетика – концепция построения энергетической системы на основе источников энергии, размещенных у потребителей. «Множество технологий распределенной генерации энергии охватывают установки мощностью до 25 МВт(э),

включая нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» [1].

Переход от централизованной энергетики к комбинации централизованной, средней и малой распределенной является перспективным для России. В нашей стране на сегодняшний день на источники распределенной генерации приходится около 7% от общего объема выработки электроэнергии.

Среди возобновляемой генерации особое место занимает генерация на основе солнечной энергии [2].

Солнечное излучение на поверхность земли зависит от многих факторов:

- широты и долготы местности;
- географических и климатических особенностей;

– состояния атмосферы;
 – высоты Солнца над горизонтом;
 – размещения приемника солнечного излучения на земле по отношению к Солнцу и др. [3].

Следовательно, выбор – устанавливать или не устанавливать подобную систему – для физического лица достаточно сложен, что является одной из причин низкой популярности данного направления среди населения.

Целью исследования является создание приложения-симулятора по распределенной энергетике на основе солнечной генерации для популяризации данного направления среди населения, а также позволяющего пользователям сформировать первичные знания о данном виде генерации энергии, возможностях практического применения и эффектах при заданных условиях функционирования.

Для достижения поставленной цели проекта необходимо было решить определенные задачи.

1. Рассмотреть аналоги разрабатываемого решения, выявив их преимущества и недостатки.

2. Осуществить разработку проектных решений, а именно:

– создать общую концепцию проектируемого программного средства;

– разработать подсистему симуляции, позволяющую рассчитывать нагрузки дома, на основании которых выбираются мощности источника;

– разработать подсистему подбора параметров самого источника энергии и параметров его установки в зависимости от климатических условий размещения дома;

– разработать подсистему расчета дефицита или объема излишков электроэнергии;
 – разработать аналитическую подсистему, позволяющую продемонстрировать экологический и экономический эффекты.

3. Осуществить выбор средств разработки и реализовать программное средство.

Материалы и методы исследования

Основными методами исследования являются теоретические: анализ литературы по проблеме, моделирование, обобщение полученных данных, методы программной инженерии.

Результаты исследования и их обсуждение

Sunny Design – программное обеспечение для планирования и проектирования фотогальванических систем.

Калькулятор солнечных батарей (Технолайн) – web-сервис для приблизительного расчета выработки электроэнергии от домашней солнечной электростанции, окупаемости и стоимости солнечных панелей [4].

SolarCT – мобильное приложение-калькулятор для расчета компонентов солнечной системы. Помогает в расчетах солнечной радиации, времени работы от батареи, характеристик проводов и потребления отдельных электроприборов [5].

PVSYST – программный пакет для архитекторов, инженеров и исследователей, удобный для изучения работы фотоэлектрических систем. Он содержит обширную библиотеку данных и руководство по проектированию солнечных электростанций [5].

Выявленные плюсы и минусы приведенных выше аналогов представлены в таблице.

Достоинства и недостатки некоторых программ

Программное обеспечение	Сильные стороны	Слабые стороны
Sunny Design	Широкий функционал, удовлетворяющий потребности инженеров. Подробная документация. Возможность работы в 3D-режиме. Анализ разработанных систем	Ограниченность бесплатной web-версии. Высокий порог входа для новичков. Требуется доступ в интернет для Desktop-версии
Калькулятор солнечных батарей (Технолайн)	Простой интерфейс. Бесплатное использование. Шаблоны электроприборов для расчета нагрузки	Ограниченное количество выводимых данных. Нет настройки направления солнечных панелей. Только веб-версия
SolarCT	Бесплатное использование. Имитация потребления электроэнергии. Режим напоминания для ручного поворота панелей	Наличие рекламы. Недоработанный пользовательский интерфейс
PVSYST	Обширная библиотека данных. Подробное руководство по проектированию	Моделирует только PV-системы, не может анализировать гибридные электростанции

В целом, каждый из аналогов имеет свои сильные и слабые стороны. Sunny Design предлагает наиболее полный функционал для проектирования солнечных систем, но требует более высокого уровня квалификации и может быть менее доступен для новичков. Калькуляторы солнечных батарей от «Технолайн» и SolarCT предоставляют более простой подход к расчетам, что может быть полезно для начинающих пользователей, однако они имеют ограничения в функционале и возможностях настройки. PVSYST предлагает обширную библиотеку данных и мощные инструменты для моделирования, включая построение расчет потерь от затенений, но он может анализировать только PV-системы и не поддерживает гибридные электростанции, что ограничивает его гибкость.

Разработанное приложение позволяет объединить положительные стороны данных аналогов, а именно: получить подробные данные о выработке электроэнергии солнечными батареями с учетом работающих в доме электроприборов, экономическом и экологическом эффекте от установки солнечной электростанции с учетом наклона и направления солнечных панелей, а также учитывающая географическое расположение объекта,

при этом имеет наглядный пользовательский интерфейс, дающий возможность неопытным пользователям применять ПО.

Сформулируем базовые требования к разрабатываемому симулятору «Солнечная электрогенерация».

Бизнес-цели

Бизнес-цель 1. Обеспечение доступности в понимании особенностей размещения источников энергии в определенных географических точках.

Бизнес-цель 2. Обеспечение простоты расчетов необходимых мощностей энергетических источников.

Критерии успеха

Критерий успеха 1. Проработка физико-математической модели зависимостей выработки энергии от условий в определенных географических точках.

Критерий успеха 2. Простота работы и подбора параметров в симуляторе, дружелюбный интерфейс.

Факторы бизнес-риска

Фактор бизнес-риска 1. Ориентация тренажера на подбор оптимального размещения и установки комплексов источников энергии, а не по их составным частям, повышает надежность и совместимость, но ограничивает гибкость подбора оборудования.

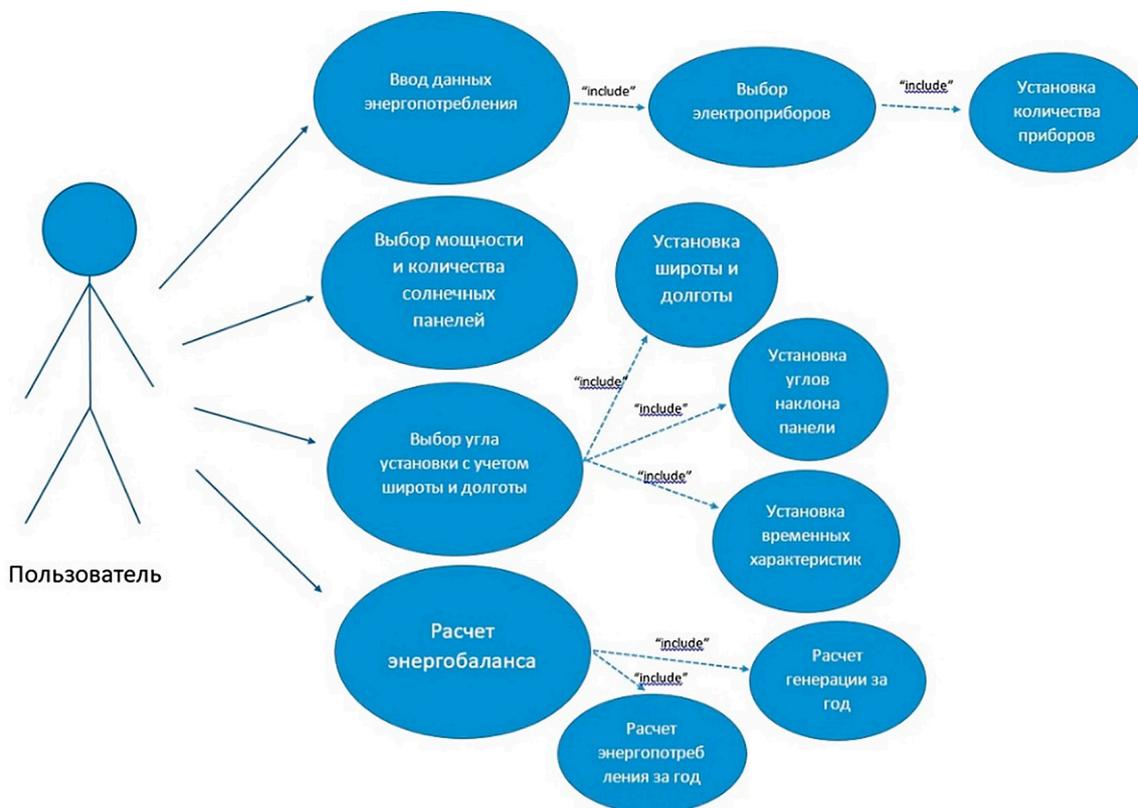


Рис. 1. Диаграмма прецедентов

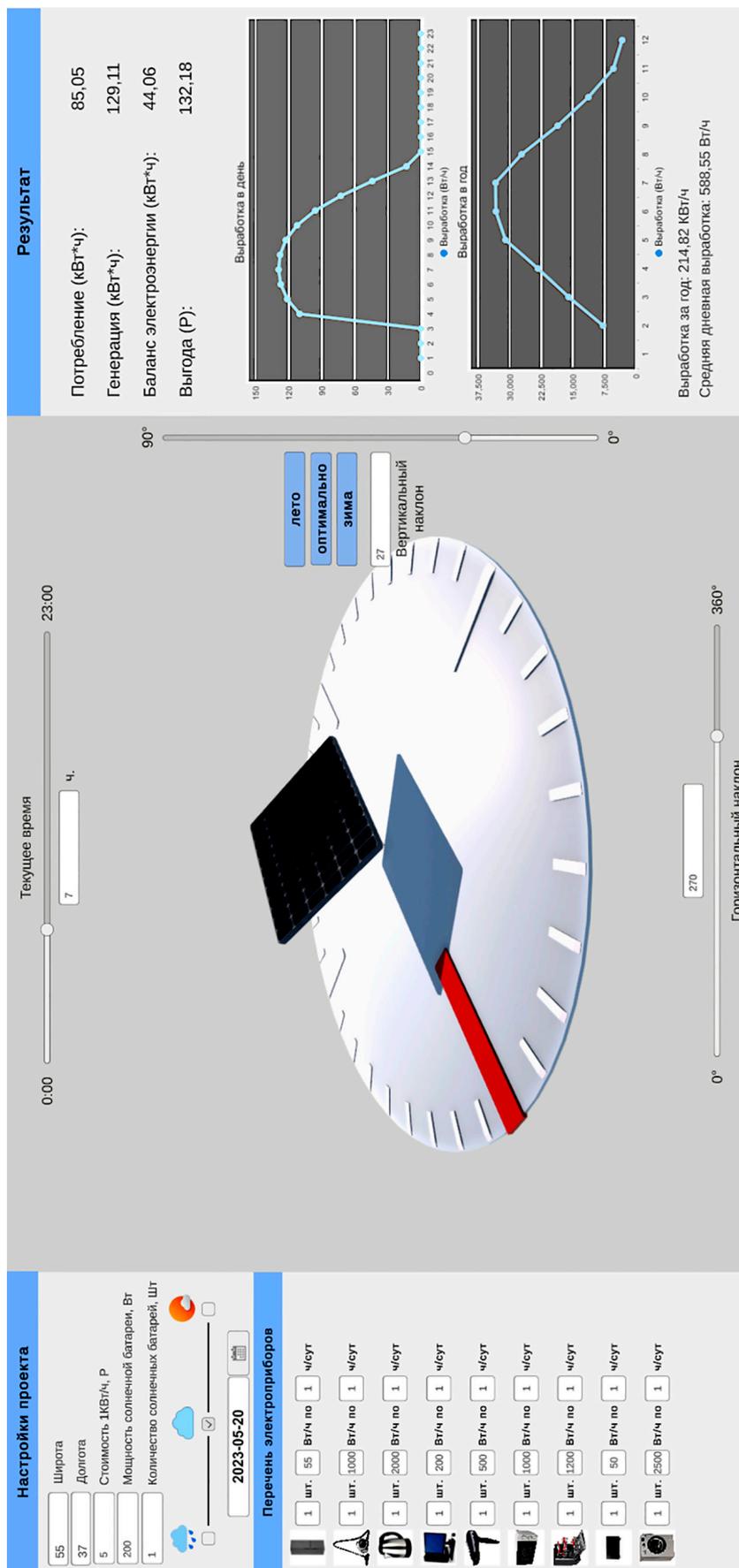


Рис. 2. Интерфейс приложения

Фактор бизнес-риска 2. Симулятор не будет отвечать потребностям пользователей в части расчета затрат и окупаемости.

Ограничения

Ограничение 1. Первая версия симулятора будет поддерживать только расчеты, связанные с генерацией на основе солнечной энергии на стационарных установках, не обеспеченных системой типа «подсолнух».

Ограничение 2. Усредненные показатели потребляемой энергии за год.

Ограничение 3. Не ведется соотношение имеющейся и необходимой площади размещения оборудования.

Ограничение 4. Учет компонента рассеивания светового потока ведется на основе фиксированной поправки, а не аналитически.

Образ решения

Симулятор должен реализовывать следующие функциональные возможности, представленные на диаграмме прецедентов (рис. 1).

Для реализации указанных функций должны быть разработаны следующие подсистемы:

1) расчета нагрузки дома, на основании которой выбираются мощности источника;

2) подбора параметров самого источника энергии и параметров его установки в зависимости от климатических условий размещения дома;

3) расчета энергобаланса – дефицита или объема излишков электроэнергии;

4) расчета экономической и экологической эффективности, позволяющей продемонстрировать экологический (при сравнении с традиционными источниками энергии, использующими углеводородное сырье) и экономический (точка безубыточности, доход от продажи электроэнергии) эффекты от реализации решения (например, доход от продажи электроэнергии).

Подсистема расчета нагрузки дома, на основании которой выбираются мощности источника: подсистема предоставляет перечень оборудования, потребляющего энергию в жилом помещении, с указанием потребляемой мощности.

Подсистема подбора параметров самого источника энергии и параметров его установки в зависимости от климатических условий размещения дома.

Данная подсистема в плане реализации является наиболее сложной. И.В. Старокопом [6] подробно описан математический аппарат для оценки интенсивности солнечного излучения в условиях разных географических положений на конкретный момент времени. Взяв за основу приведенные зависимости и дополнив их исследованиями Х.Б. Назирова, С.А. Абдулкеримова [7],

Л.М. Абдалиева, В.В. Кувшинова [8], итоговую генерацию панели от прямого излучения солнца в момент времени в тренажере можно рассчитать как:

$$P = P_{\text{макс}} \times \cos\theta,$$

где $P_{\text{макс}}$ – максимальная мощность панели (формулы расчета в рамках данной работы приведены не будут);

$\cos\theta$ – косинус угла падения прямого солнечного излучения на поверхность панели.

Реализация функции выбора и установки источников энергии включает необходимые расчеты и позволяет оперировать данными по климатическим зонам. В будущем данная модель будет дополнена оценкой ожидаемой солнечной генерации на основе статистических данных, пример которой подробно продемонстрирован Т.Е. Миловановым [9].

Подсистема расчета энергобаланса

Расчет энергобаланса солнечных панелей осуществляется путем вычисления разности сгенерированной энергии и потребленной энергии за определенный промежуток времени.

Подсистема расчета экономической и экологической эффективности

Разработка данной подсистемы в симуляторе осуществляется:

– в экономической части – на основе расчета точки безубыточности;

– в экологической части – путем сопоставления полученного объема энергии солнечной генерации с «грязными» способами с выделением парниковых газов.

В качестве среды разработки проектного решения был выбран игровой движок Unity, который позволяет собрать приложение под WebGL.

Реализован интерфейс работы с приложением (рис. 2). Указываются: ширина, долгота, время, угол наклона, параметры панели и подключенные электроприборы.

Разработанная программная логика симулятора обеспечивает позиционирование панели на сцене приложения в соответствии со сторонами света; созданы настраиваемые панели, позволяющие увидеть и редактировать информацию об объектах; производится расчет энергобаланса выработки и потребления.

Заключение

Разработанное приложение покрывает все обозначенные бизнес-цели, а именно обеспечивает доступность в понимании особенностей выработки энергии при различных условиях, а также позволяет произвести расчеты необходимых мощностей исходя из потребления конкретного пользо-

вателя. Приложение расширяемо и в последующем будет учитывать дополнительные факторы, такие как среднестатистическая пасмурность и др. Приложение также может найти свое применение в ознакомлении с проблемой солнечной генерации в рамках мастер-классов для школьников и введении в специальность студентов первого курса по направлениям подготовки, связанным с энергетикой.

Список литературы

1. Батенин В.М., Безруких П.П., Борин В.Н. Инновационная электроэнергетика-21. М.: ООО «Издательско-аналитический центр Энергия», 2017. 584 с.
2. Горбина Е.В., Кот М.А. Возобновляемые источники энергии: солнечная генерация и ее применение // Взаимодействие науки и общества: проблемы и перспективы: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. в 3 ч. Ч. 2. Уфа: Астера, 2016. С. 27-29.
3. Круглыгин П.И., Уфа Р.А., Рудник В.Е., Васильев А.С. Оценка влияния объектов солнечной генерации на устойчивость энергорайона со слабыми связями // Интеллектуальная электротехника. 2022. Т. 3, № 19. С. 79-99.
4. Горбунова Л.Н., Корнилкин Р.В. К вопросу о возможности использования солнечной энергетики в сфере туризма. Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2024. С. 8-15.
5. Сорогин А.С. Моделирование гибридной солнечной электростанции с помощью программного комплекса PVSYSYТ с учетом охлаждения // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: сб. матер. VII Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 2023. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2023. С. 257-257.
6. Староконь И.В. Методика оценки воздействия солнечного излучения на температурное состояние морских стационарных платформ // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=12713> (дата обращения: 20.06.2024).
7. Назиров Х.Б., Абдулкеримов С.А., Ганиев З.С., Джураев Ш.Дж., Ахъеев Дж.С. Оценка режима работы инверторов солнечных электростанций с точки зрения обеспечения качества электроэнергии // Электротехнические системы и комплексы. 2023. № 1 (58). С. 31-38.
8. Абдалиев Л.М., Кувшинов В.В., Бекиров, Э.А., Аль-Руфайи, Ф.М. Моделирование параметров управления интегрированной системой солнечной генерации и накопления энергии // Строительство и техногенная безопасность. 2020. Т. 18, № 70. С. 133-142.
9. Милованов Т.Е. Оценка ожидаемой солнечной генерации на основе статистических данных // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXVII Международного молодежного научного симпозиума. 2023. С. 219-220.