

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Энергосбережение и энергоэффективность
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

На тему Разработка энергоэффективной системы электроснабжения зоны отдыха «Золотые пески»

Обучающийся

Р.Ю. Половинкин
(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный руководитель

к.т.н. В.И. Платов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ существующего состояния системы электроснабжения, определение направлений ее модернизации	6
1.1 Краткое описание базы отдыха «Золотые пески»	6
1.2 Анализ существующей энергетической инфраструктуры базы отдыха «Золотые пески»	8
1.2.1 Общий обзор существующей энергетической инфраструктуры	8
1.2.2 Оценка структуры энергопотребления и сезонных колебаний.....	10
1.2.3 Анализ текущих эксплуатационных проблем.....	13
1.2.4 Выявление неэффективных затрат	14
2.Анализ возможностей применения на базе отдыха альтернативных источников энергии.....	18
2.1 Обзор современных технологий в сфере электроснабжения	18
2.2 Анализ потенциала возобновляемых источников энергии в Самарской области.....	25
2.4 Техническая оценка вариантов интеграции солнечной энергии	39
2.5 Экономическая оценка вариантов интеграции солнечной энергии.....	44
3 Разработка модернизированной системы электроснабжения	50
3.1 Концептуальный проект гибридной системы электроснабжения	50
3.2 Технические характеристики предлагаемой системы солнечной энергии и решений для хранения энергии	52
3.4 План реализации проекта модернизации системы электроснабжения	61
Заключение	65
Список используемых источников	68

Введение

С каждым годом модернизация систем электроснабжения становится все более актуальным направлением деятельности в различных отраслях, особенно в плане энергоэффективности. Эта тенденция обусловлена необходимостью удовлетворения растущего спроса на электроэнергию с минимальным воздействием на окружающую среду. Возможность интеграции возобновляемых источников электроэнергии (солнечной и ветровой энергии) в существующие энергетические системы значительно возросла как из экономических, так и из экологических соображений. В рамках данной, более глобальной тенденции, модернизация энергетической инфраструктуры на небольших объектах, таких как базы отдыха, сталкивается с уникальными вызовами и возможностями, требующими индивидуального подхода. В данной диссертации рассматриваются эти вопросы применительно к базе отдыха «Золотые пески» - сезонному объекту с существенными колебаниями спроса на электроэнергию и значительным неиспользованным потенциалом для интеграции возобновляемых источников энергии.

В настоящее время система электроснабжения базы отдыха «Золотые пески» зависит от традиционных источников электроэнергии, а также характеризуется преобладанием большого количества устаревшего оборудования в энергетической инфраструктуре, что в совокупности приводит к высоким эксплуатационным расходам, необходимости частого технического обслуживания и значительным потерям энергии. В нынешнем состоянии системе не хватает гибкости, чтобы адаптироваться к сезонным изменениям в количестве потребляемой электроэнергии. Такие ограничения подчёркивают необходимость модернизации системы электроснабжения и управления энергопотреблением, которые позволят эффективно справляться с этими колебаниями. Усовершенствовав систему электроснабжения, база отдыха сможет добиться более стабильных и эффективных показателей энергопотребления, что приведет к более стабильной работе энергосистемы базы отдыха.

Возможность использования возобновляемых источников электроэнергии на данном объекте особенно актуальна, учитывая благоприятный климат региона и доступность современных технологий. Внедрение решений на основе возобновляемых источников энергии, например систем, работающих на солнечной или ветровой энергии, может помочь компенсировать электропотребление от питающей сети, сократить выбросы парниковых газов и обеспечить более стабильную работу в периоды пиковой нагрузки. Однако этот переход требует детального анализа существующей системы, чёткого понимания уникальных энергетических потребностей базы отдыха, а также стратегического подхода, чтобы новая система могла соответствовать этим требованиям, оставаясь при этом экономически эффективной и надёжной в эксплуатации.

Целью данного диссертантской работы является разработка комплексной стратегии модернизации системы электроснабжения базы отдыха «Золотые пески», которая позволит устранить недостатки существующей энергетической инфраструктуры за счёт замены оборудования на более современное и интеграции возобновляемых источников электроэнергии. Такая модернизация направлена на повышение надёжности электроснабжения, снижение эксплуатационных расходов и достижение более устойчивого развития за счёт использования возобновляемых источников энергии. В отличие от простого анализа или изучения существующей системы, в данной работе представлен практический план по преобразованию системы управления энергопотреблением объекта и её адаптации к современным стандартам эффективности и экологической ответственности.

Для достижения этой цели на этапах исследований и внедрения были поставлены следующие задачи:

- проведение анализа существующей системы электроснабжения с целью выявления недостатков, связанных с потерями электроэнергии, недостаточной надёжностью и сложностью адаптации к сезонным колебаниям спроса;

- оценка целесообразности и возможности применения возобновляемых источников энергии с акцентом на солнечную энергию, ориентируясь на потребности и условия эксплуатации базы отдыха;
- разработка стратегии модернизации системы электроснабжения с использованием возобновляемых источников энергии с целью максимального повышения ее эффективности;
- техническое и экономическое обоснование предлагаемого решения по модернизации, включая анализ затрат, выгод и потенциальную долгосрочную экономию.

Научная новизна данного исследования заключается в разработке индивидуального подхода к модернизации систем энергоснабжения для потребителей с сезонными колебаниями потребляемой электроэнергии, таких как базы отдыха, благодаря интеграции возобновляемых источников электроэнергии в существующую систему электроснабжения. В исследовании представлен инновационный гибридный подход, который может динамически адаптироваться к уровню потребляемой электроэнергии. Кроме того, исследование предлагает новую систему оценки, обеспечивая комплексную оценку стратегий модернизации для малых и средних объектов.

Ожидается, что внедрение предложенных решений повысит энергоэффективность системы электроснабжения, улучшит стабильность и надёжность энергоснабжения в пиковые периоды работы и значительно сократит углеродный след базы отдыха. Более того, результаты этого исследования могут быть адаптированы для других сезонных объектов с аналогичными потребностями в электроэнергии, что позволяет шире применять предложенную концепцию модернизации в отрасли.

1 Анализ существующего состояния системы электроснабжения, определение направлений ее модернизации

1.1 Краткое описание базы отдыха «Золотые пески»

База отдыха "Золотые пески", расположенная Самарской области, занимает площадь порядка 10 гектаров и предлагает сочетание природной красоты и комфорта, привлекающее посетителей, ищущих отдыха и различных развлекательных мероприятий. В настоящее время база вмещает около 200 гостей, предоставляя комфортабельные номера, центральную обеденную зону и множество удобств на открытом воздухе. Благодаря своему расположению на берегу Волги, база отдыха особенно популярна в летние месяцы, когда актуальны такие виды активного отдыха, как пешие прогулки, водные виды спорта и корпоративные мероприятия. Имеется все необходимое для размещения гостей, их питания и развлечений.

На базе отдыха есть семейные коттеджи, гостевые дома и сезонные бунгало, предоставляющие комфортные условия проживания для различных слоев населения. Гости могут пообедать в просторном главном зале административного корпуса, где подают разнообразные блюда. Для более неформальных встреч также предусмотрены зоны барбекю, где гости могут насладиться открытым воздухом с красивым видом на речку.

На базе отдыха есть спортивные площадки, оздоровительная зона и пешеходные маршруты вдоль Волги, которые идеально подходят как для спокойного отдыха, так и для активного времяпрепровождения. Для корпоративных и частных мероприятий предусмотрены специальные банкетные и конференц-залы с современным оборудованием для проведения семинаров, торжеств и ретритов.

Персонал объекта проходит регулярную переподготовку, организует проведение перечисленных мероприятий и обеспечивает безопасность гостей.

План базы отдыха показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – План базы отдыха «Золотые пески»

Согласно принятому плану развития туризма, в ближайшие 5 лет планируется увеличить ее вместимость примерно на 30% и существенно расширить спектр предоставляемых услуг. Это неизбежно приведет к повышению нагрузки на систему электроснабжения. В частности, планируется оборудовать базу бассейном с фонтаном и водопадом, а также расширить площадь цветников. Все это потребует повышения эффективности водоснабжения и, следовательно, затрат электроэнергии.

Еще одна проблема объекта обусловлена его близостью к воде. В период весеннего половодья талые воды периодически затапливают подвальные помещения, доставляя много хлопот персоналу. Для решения этого вопроса необходимо разработать автоматическую дренажную систему. Однако данная задача имеет готовые технические решения и в диссертации рассматриваться не будет.

1.2 Анализ существующей энергетической инфраструктуры базы отдыха «Золотые пески»

1.2.1 Общий обзор существующей энергетической инфраструктуры

База отдыха «Золотые пески» работает на основе энергетической инфраструктуры, рассчитанной на 200 гостей. С ростом популярности базы отдыха будут расти и ее потребности в электроэнергии

Энергетическая инфраструктура базы отдыха «Золотые пески» играет важнейшую роль для её работы и обслуживания гостей. База отдыха имеет устаревшее оборудование, которое ввиду продолжительного срока эксплуатации имеет малую эффективность и надёжность.

Как видно из приведенной схемы, существующая система электроснабжения построена на основе трансформаторов и распределительных щитов советского производства, которые, несмотря на свою функциональность, не соответствуют современным требованиям эффективности и безопасности. Трансформатор ТМ-250 рассчитан на 250 кВА и так же обеспечивает

необходимый уровень напряжения для различных потребителей. Однако из-за своего возраста он часто требует технического обслуживания, что приводит к частым простоям и сбоям в работе.

Освещение на базе отдыха в основном обеспечивается люминесцентными светильниками, выпущенными в советское время, которые несмотря на то, что до сих пор работают, имеют малый КПД по отношению к современным светильникам. Например, люминесцентные лампы мощностью 40 Вт, используются в местах общего пользования. База отдыха рассматривает возможность перехода на светодиодное освещение, что значительно снизит энергопотребление и улучшит качество освещения.

Для отопления и горячего водоснабжения на базе отдыха используется паровой котёл ТКУ-20. Этот котёл, также советского производства, имеет производительность 20 Гкал/ч и работает на природном газе. Несмотря на то, что он обеспечивает потребности центра в отоплении, он не эффективен из-за потерь энергии, связанных с устаревшей конструкцией. Переход на более современную котлоагрегатную систему также повысит эффективность и снизить эксплуатационные расходы.

На случай аварийного отключения электроэнергии, база отдыха оснащена дизельным генератором ДЭС АД-100-Т/400, который обеспечивает электроснабжение мощностью 100 кВт. Этот генератор также является уже устаревшей моделью. И из-за частых включений требует значительных денежных средств на техническое обслуживание. Кроме того, дизельгенераторы на основе 4-цилиндровых двигателей обладают низким КПД. Более современные аналоги на базе 8-цилиндровых двигателей имеют расход топлива примерно на 25% меньше, что важно с точки зрения экономии средств.

В таблице 1 приведены данные основного оборудования применяемого на базе отдыха «Золотые пески».

Таблица 1 - Данные оборудования энергетической инфраструктуры базы отдыха «Золотые пески»

Наименование оборудования	Тип	Производитель	Мощность /ёмкость	Год ввода в эксплуатацию	Состояние
Трансформаторная подстанция	ТМ-250	СССР	250 кВА	1985	Удовлетворительное
Электродвигатель	ДЭС АД-100-Т/400	Россия	100 кВт	1998	Требуется частичного ремонта
Распределительные щиты	ЩО-70	СССР	-	1980	Частично изношено
Линии электропередач	воздушные	СССР	0,4 кВ	1975	Необходима модернизация
Осветительное оборудование	Лампы накаливания, люминесцентные лампы	Разное	-	1980-1990	В рабочем состоянии
Энергетический счетчик	Меркурий 230	Россия	-	2005	В рабочем состоянии
Котельная (для горячей воды)	ТКУ-20	СССР	20 Гкал/ч	1983	Требуется модернизация

1.2.2 Оценка структуры энергопотребления и сезонных колебаний

На базе отдыха, особое внимание уделяется сезонным колебаниям и конкретным областям потребления. Такая оценка необходима для выявления потенциальных возможностей повышения эффективности и планирования будущих модернизационных работ, особенно с учётом того, что база отдыха стремится внедрять более экологичные методы.

Энергопотребление на базе отдыха можно разделить на четыре основные категории:

- отопление и горячее водоснабжение;
- освещение и электроприборы;
- резервное электроснабжение.

Отопление и горячее водоснабжение основаны на газе, но потребляют большую часть электроэнергии, особенно в холодное время года. Система центрального отопления, использующая устаревший котел, отличается низкой

эффективностью и надежностью, поэтому часто приходится включать электронагрев.

Расход энергии на освещение и бытовую технику (кухонное оборудование, холодильное оборудование и т.д.) остается относительно стабильным в течение всего года, но летом наблюдается рост, что совпадает с пиком посещаемости.

Резервное электроснабжение это дизельный генератор, который в основном работает вхолостую, но включается во время перебоев с электричеством или в периоды высокой нагрузки, особенно зимой, когда перебои с электричеством случаются чаще.

Сезонные колебания энергопотребления имеют выраженный характер. В зимний период спрос на электроэнергию максимален из-за необходимости отопления и подачи горячей воды. Котельная работает непрерывно для поддержания комфортной температуры в помещениях, а освещение требуется в течение более длительного времени суток. Несмотря на то, что количество посетителей меньше, более высокий спрос на электроэнергию для отопления значительно увеличивает общее потребление. В среднем на отопление приходится до 60% от общего потребления электроэнергии в этот сезон.

Весной и осенью спрос на электроэнергию начинает выравниваться по мере снижения температуры, что уменьшает потребление для отопления. В эти периоды потребление электроэнергии выравнивается, при этом умеренно используются системы отопления, кондиционирования, освещения и развлекательные объекты.

В летний сезон происходит увеличение посещаемости, что приводит к увеличению потребления энергии для активного отдыха и кондиционирования воздуха. Несмотря на более высокую заполняемость, общее потребление энергии не достигает пика, как зимой, поскольку отопление не требуется. В этот сезон наблюдается наибольшая нагрузка на объекты отдыха, которые используются постоянно, но вносят лишь незначительный вклад в общие затраты на электроэнергию из-за более низкого потребления на единицу площади.

В таблице 2 приведена информация и оценка структуры энергопотребления и сезонных колебаниях.

Таблица 2 - Оценка структуры энергопотребления и сезонных колебаний.

Категория потребления	Среднемесячное потребление, кВт · ч	Процент от общего энергопотребления, %	Сезонные колебания
Освещение	4500	15	Увеличение на 20 % в зимний период
Отопление	10000	35	Высокое потребление зимой, не используется летом
Водонагреватели	3500	12	Постоянное потребление круглый год
Холодильное оборудование	2000	7	Незначительные колебания в зависимости от сезона
Кухонное оборудование	2500	9	Небольшое увеличение летом
Системы кондиционирования	3000	10	Максимальное потребление летом
Прочие устройства	4000	12	Незначительные колебания

Пиковая нагрузка на базе отдыха приходится на начало зимних месяцев, что часто приводит к перегрузке существующей инфраструктуры. Стареее оборудование, особенно система отопления и трансформаторы, не всегда справляются с пиковой нагрузкой, что приводит к перебоям. Внедрение системы автоматического управления потребителями, а также благодаря сокращению использования освещения в нерабочее время или чередование времени работы оборудования, может снизить нагрузку до 30%. Также могут найти применение и другие способы повышения эффективности системы электроснабжения базы отдыха. Кроме того, такой подход способствует повышению надежности электроснабжения.

В таблице 3 приведены данные о сезонном энергопотреблении.

Таблица 3 - Сезонное энергопотребление

Сезон	Общее потребление, кВт · ч/мес	Процент от годового потребления, %
Зима	35000	30
Весна	25000	22
Лето	30000	25
Осень	25000	23
Итого:	115000	100

1.2.3 Анализ текущих эксплуатационных проблем

На общую производительность энергосистемы влияют следующие эксплуатационные проблемы:

- частые вынужденные перерывы из-за техобслуживания и аварий,
- недостаточность мощности в период пиковой нагрузки,
- отсутствие эффективного управления энергопотреблением.

Частые ремонты, связанные с обслуживанием старого оборудования, приводят к простоям, особенно в системах центрального отопления и электроснабжения. Затраты, связанные с ремонтом и обслуживанием устаревшего оборудования, могут накапливаться, что в свою очередь приводит к увеличению эксплуатационных расходов.

Как уже отмечалось, существующая инфраструктура с трудом справляется с пиковыми потребностями электроэнергии в зимний период. Это ограничение приводит к перебоям в подаче электроэнергии, что сказывается не только на отдыхе гостей, но и требует использования резервных источников питания, таких как дизельный генератор. Хотя этот генератор обеспечивает необходимый резерв, его КПД низок, что ведет к увеличению затрат на топливо.

Ограниченное управление энергопотреблением из-за отсутствия современных систем мониторинга энергопотребления означает, что на базе отдыха нет возможности отслеживать потребление электроэнергии в режиме реального времени. Без этой информации сложно внедрять эффективные меры по энергосбережению, и неэффективное оборудование продолжает работать без контроля.

1.2.4 Выявление неэффективных затрат

После оценки энергопотребления на базе отдыха «Золотые пески» обнаружились значительные области неэффективных расходов. Основные потери энергии обусловлены с устаревшим оборудованием. Проанализируем их более детально.

Система отопления из-за устаревшего котла работает с низким КПД, что ведёт к значительным потерям тепла в процессе эксплуатации. В среднем, старые котлы могут испытывать потери энергии до 30%, особенно в холодную погоду, когда потребность в отоплении высока. Неэффективность системы отопления не только увеличивает затраты на электроэнергию, но и влияет на комфорт гостей.

Потери при передаче и распределении электроэнергии обусловлены тем, что старая электрическая инфраструктура, в том числе трансформатор, способствует потерям энергии из-за сопротивления и тепловыделения. Исследования показывают, что старые трансформаторы могут терять около 5-10% энергии в виде тепла. Это особенно сказывается в периоды пиковой нагрузки, когда система работает с повышенной нагрузкой.

Неэффективное освещение на основе люминесцентных ламп значительно увеличивает потребление энергии, особенно в местах общего пользования, где требуется постоянное освещение. Замена существующего освещения на светодиодные светильники может снизить энергопотребление на 75%.

Эксплуатационные расходы, связанные с обслуживанием стареющей инфраструктуры, в свою очередь еще больше усугубляет финансовые проблемы, с которыми сталкивается база отдыха. Ключевые моменты включают здесь следующие. Провода в процессе длительной эксплуатации вытягиваются под действием гололеда и других факторов, изоляция трансформаторов со временем деградирует, светильники снижают свои показатели энергоэффективности.

В таблице 4 приведены значения потерь энергии в текущей системе электроснабжения.

Таблица 4 - Потери энергии в текущей системе электроснабжения.

Источники потерь	Объем потерь, кВт · ч/год	Процент от общего потребления, %	Основные причины
Линии электропередач	12000	10	Устаревшие провода, высокий уровень сопротивления
Трансформаторы	6000	5	Низкий КПД, изношенное оборудование
Осветительное оборудование	4500	4	Использование устаревших ламп
Низкая эффективность резервных генераторов	2500	2	Высокий расход топлива, старое оборудование
Итого	25000	21	

Частый ремонт, так как старое оборудование, как правило, требует более частого ремонта, что ведет к увеличению расходов на обслуживание. Не запланированные работы по техническому обслуживанию могут привести к увеличению расходов, которые часто превышают первоначальные оценки затрат на плановое техническое обслуживание.

Время простоя и нарушение работы, связанное с техническим обслуживанием, может заметно сказаться на получении дохода, особенно в пиковые сезоны. Каждый случай поломки оборудования приводит к упущенной выгоде и снижает комфорт гостей.

Неэффективное техническое обслуживание обусловлено тем, что, ввиду отсутствия стратегии профилактического обслуживания, база отдыха сталкивается с более высокими расходами, связанными с экстренным ремонтом. Стратегический переход на плановое техническое обслуживание может помочь избежать непредвиденных поломок и связанных с ними затрат, что в итоге увеличит срок службы оборудования.

На рисунке 2 представлен график динамики расхода на техническое обслуживание.

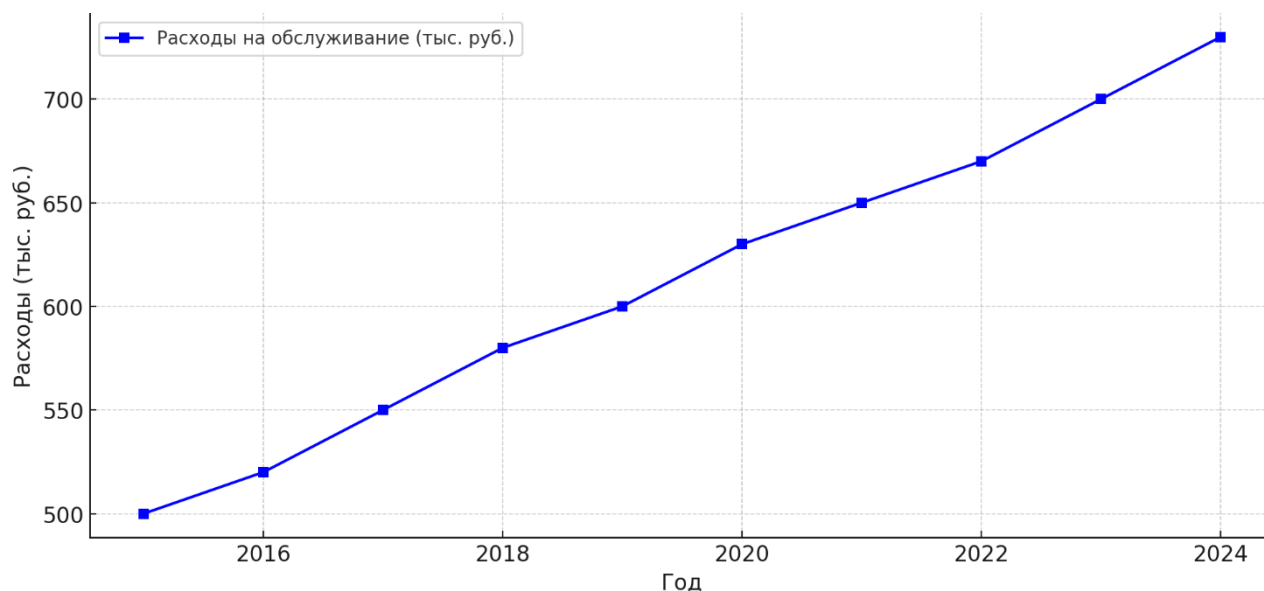


Рисунок 2 - График динамики расхода на техническое обслуживание

Выявление и устранение потерь электроэнергии и техническое обслуживание имеют важнейшее значение для повышения эффективности и финансовой устойчивости базы отдыха «Золотые пески». Обращая внимание на модернизацию оборудования и внедрению эффективных методов управления энергопотреблением и технического обслуживания, база отдыха может значительно сократить расходы, что поможет повысить качество обслуживания и удовлетворенности гостей.

В таблице 5 приведены краткие данные расхода на эксплуатацию оборудования.

Таблица 5 - Краткие данные расхода на эксплуатацию оборудования.

Показатель	Значение	Единица измерения
Среднегодовые потери энергии	15000	кВт·ч
Затраты на техническое обслуживание	250000	руб./год
Время простоя из-за неисправностей	10	часов/год

Расположение объекта вблизи границы раздела суши и воды из-за разной скорости их нагрева и остывания обуславливает достаточно регулярные ветра, которые могут быть использованы для получения дополнительной электроэнергии. Солнечное излучение также может быть использовано для получения тепловой и электрической энергии с помощью солнечных

коллекторов и солнечных батарей. Эти вопросы нуждаются в количественной оценке, которая будет дана ниже.

Выводы по разделу:

- существующая система электроснабжения морально и физически устарела, что, с учетом планируемого расширения базы отдыха, требует ее полной модернизации на основе современных технологий;
- на объекте возможно использование ветровой и солнечной энергии, но наиболее целесообразно использование солнечных батарей;
- разработка дренажной системы для предотвращения затопления подвальных помещений в период половодья может быть реализована с применением известных технических решений и в рамках магистерской диссертации не рассматривается.

2. Анализ возможностей применения на базе отдыха альтернативных источников энергии

2.1 Обзор современных технологий в сфере электроснабжения

Развитие технологий в области электроснабжения привело к появлению решений, которые могут повысить эффективность, надёжность и экологическую устойчивость. Эти достижения имеют большое значение для таких объектов, как база отдыха «Золотые пески». Ниже мы рассмотрим несколько современных решений и технологий, которые всё чаще применяются в системах электроснабжения для решения проблем, связанных с эффективностью, надёжностью и экологичностью.

Трансформаторы и интеллектуальные сети являются важным направлением совершенствования систем электроснабжения. Современные трансформаторы с усовершенствованными материалами сердечника, такими как сердечники из аморфного металла, обеспечивают меньшие потери энергии по сравнению с традиционными трансформаторами с железным сердечником. Эти трансформаторы снижают эксплуатационные расходы и улучшают качество электроэнергии за счет минимизации потерь энергии благодаря лучшему отводу тепла. Кроме того, технология smart grid объединяет передовые возможности мониторинга и управления, позволяя в режиме реального времени управлять энергопотреблением, что особенно ценно во время пиковых нагрузок и для объектов с переменным энергопотреблением, таких как базы отдыха.

Система «умных» сетей обеспечивает двустороннюю связь между поставщиком энергии и потребителем, повышая эффективность и оптимизируя энергопотребления. Эта технология также позволяет легко интегрировать возобновляемые источники энергии, что делает ее перспективным решением для систем энергоснабжения.

Концепция умной сети поясняется рисунком 3.

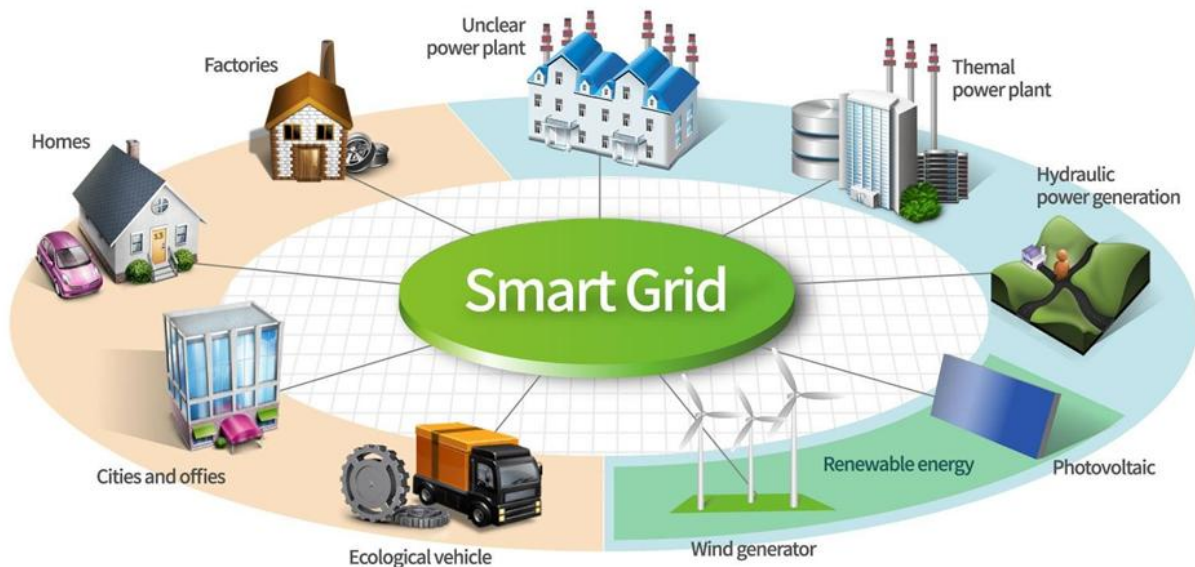


Рисунок 3 - Концепция умной сети.

Другим важным направлением повышения эффективности систем электроснабжения является использование возобновляемых источников энергии, прежде всего, солнечного излучения и ветра.

Возобновляемые источники энергии, становятся все более востребованным решением для снижения зависимости от традиционных источников электроэнергии и способствуют уменьшению воздействия на окружающую среду. Например, фотоэлектрические (ФЭ) солнечные панели можно установить на крышах или рядом с потребителями на свободных площадях своего участка, чтобы обеспечить часть необходимой электроэнергии, особенно в пиковые сезоны, когда спрос на энергию высок. Фотоэлектрические системы с аккумуляторами позволяют накапливать энергию, излишки которой можно вырабатывать в светлое время суток, и использовать её в периоды высокого спроса или при слабом освещении [1, 11, 30].

На рисунке 4 представлен принцип работы солнечной панели.

Принцип работы

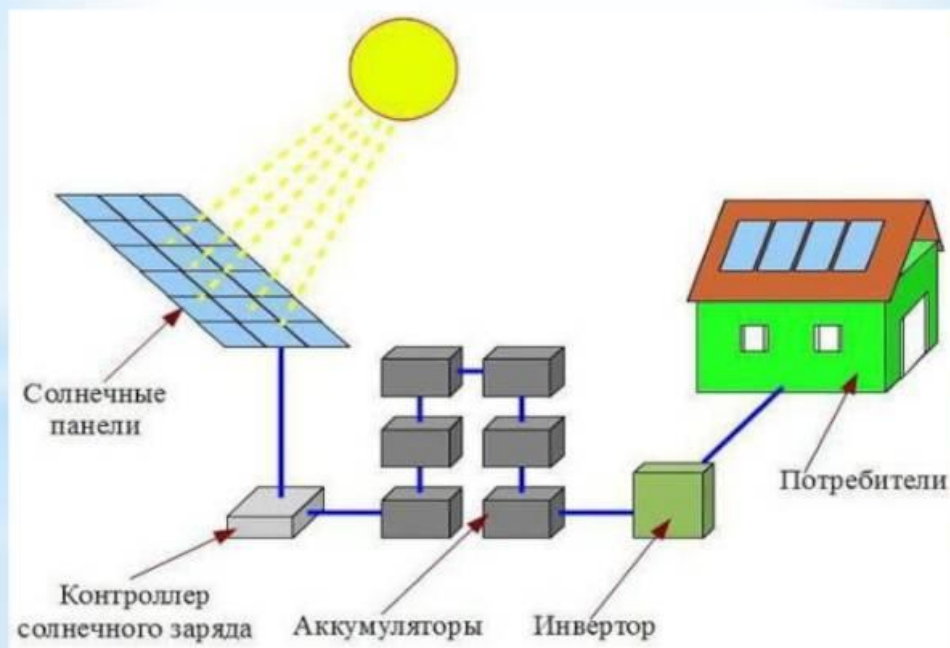


Рисунок 4 - Принцип работы солнечной панели.

Также, небольшие ветряные турбины могут дополнять солнечную энергию, особенно в районах с преобладанием постоянного сильного ветра. Гибридные системы возобновляемой энергетики - сочетание солнечной и ветряной энергии с аккумуляторами - могут обеспечить более стабильное и надежное энергоснабжение, эффективно снижая зависимость от сети и повышать энергетическую устойчивость[12]. Впрочем, необходимо отметить, что вклад ветряной энергетики, предположительно, будет значительно меньше, чем солнечной, однако этот вопрос нуждается в изучении и будет подробно рассмотрен ниже.

На рисунке 5 представлен принцип работы ветряной электростанции на примере «Тюпкильды».



Рисунок 5 - Принцип работы ветряной электростанции

Особое место в ветряной и солнечной энергетике занимает хранение вырабатываемой энергии, что затруднено нестабильностью параметров вырабатываемого напряжения. Хранение энергии необходимы для современных систем энергоснабжения, использующих возобновляемые источники электроэнергии. Литий-ионные и усовершенствованные твердотельные аккумуляторы широко применяются благодаря высокой плотности энергии, быстрой скорости зарядки и длительному сроку службы. Данные аккумуляторы помогают сглаживать колебания потребления электроэнергии, накапливая избыточную энергию, вырабатываемую в периоды высокой солнечной активности, и подавая её в часы пиковой нагрузки. Для таких объектов, как базы отдыха, системы аккумуляторных батарей повышают надёжность, снижают перебои в подаче электроэнергии и оптимизируют

расходы на электроэнергию за счёт снижения электропотребления, получаемой энергии из сети в периоды высокого спроса.

На рисунке 6 представлен график, отображающий динамику внедрения современных решений в области электроснабжения.

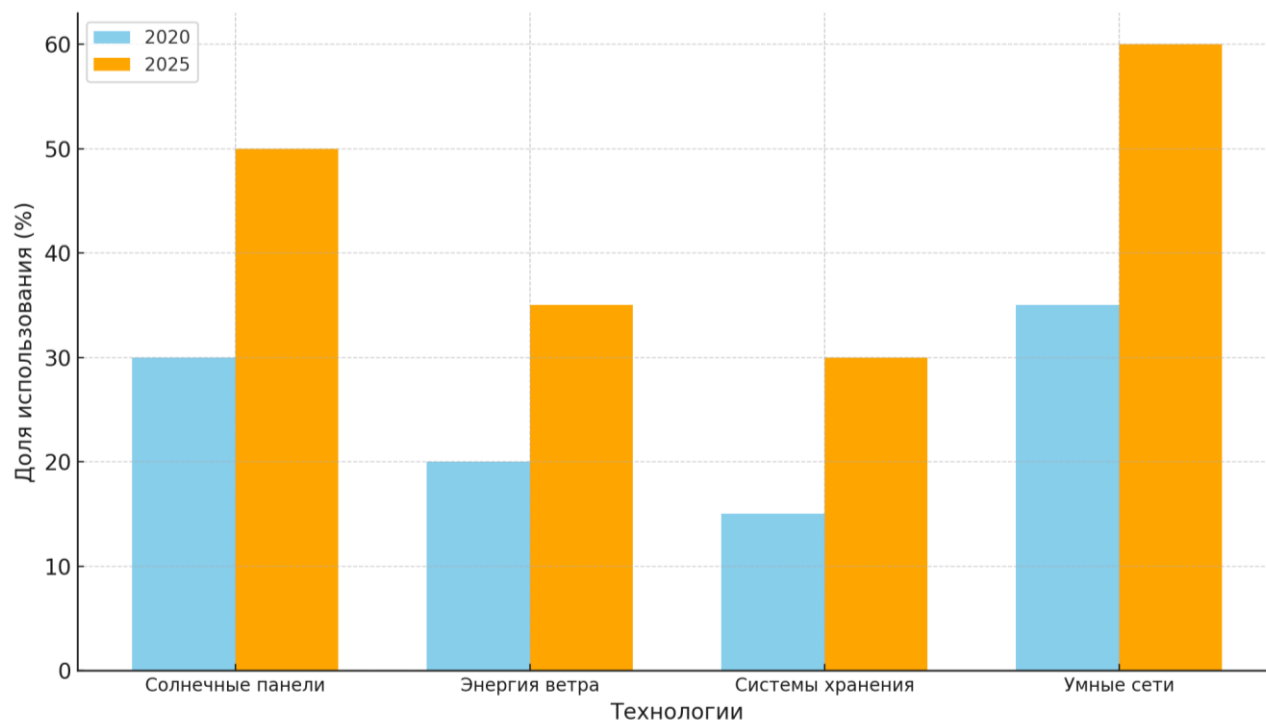


Рисунок 6 - Динамика внедрения современных решений

Внедрение системы энергоменеджмента (EMS) позволяет получать данные об энергопотреблении на базе отдыха в режиме реального времени, что позволяет принимать решения о структуре энергопотребления и областях, требующих особого внимания и дальнейшей модернизации. Платформы EMS отслеживают все аспекты энергопотребления, от систем освещения и кондиционирования воздуха до производства возобновляемой энергии и аккумуляторных батарей.

Используя EMS, база отдыха может внедрять профилактическое техническое обслуживание, тем самым можно сокращать потери энергии и повысить общую производительность системы. Эти системы могут быть

адаптированы к конкретным потребностям для базы отдыха., а именно повышению эффективности и надежности электросети.

На рисунке 7 представлена диаграмма распределения преимуществ современных технологий.

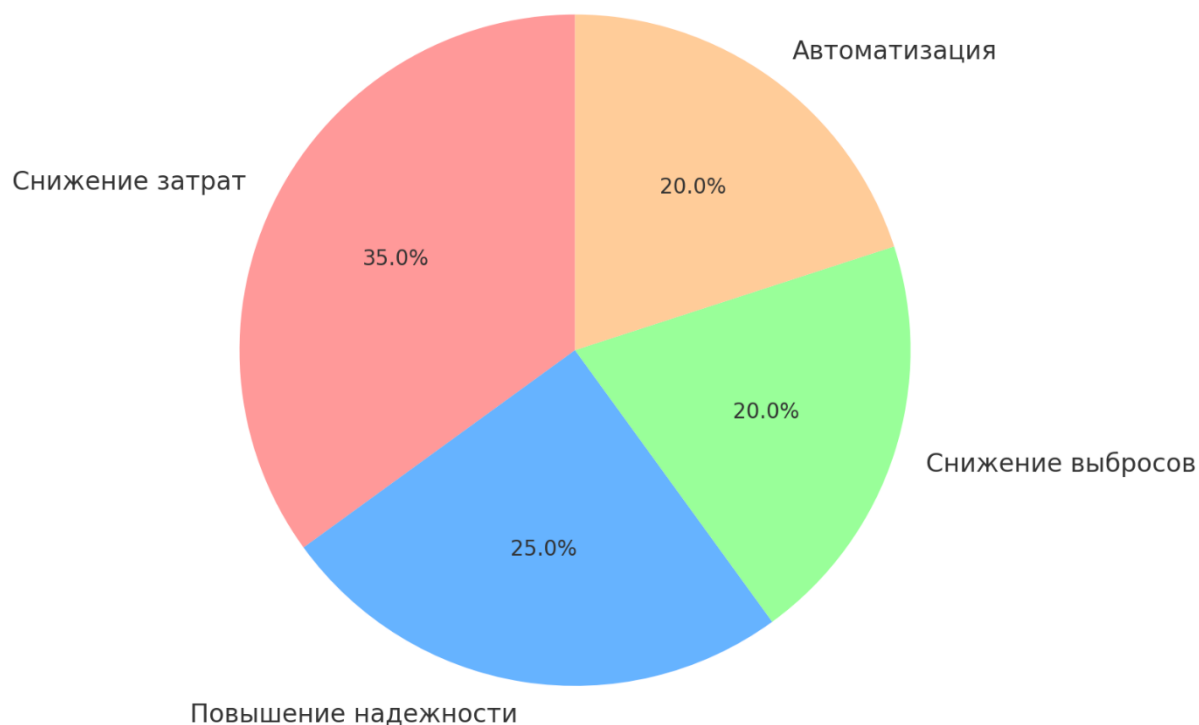


Рисунок 7 - Диаграмма распределения преимуществ современных технологий.

После исследования можно сделать несколько выводов относительно текущего состояния и потенциала модернизации системы электроснабжения базы отдыха "Золотые пески". Основными проблемами существующей системы электроснабжения являются:

- устаревшая инфраструктура объекта в целом,
- высокие эксплуатационные затраты,
- неэффективность энергопотребления,
- растущий спрос на электроэнергию.

Первоначальная оценка состояния инфраструктуры объекта показывает, что большая часть существующего оборудования, в основном, советского или раннего российского производства, устаревает, что приводит к существенной неэффективности энергопотребления.

Из-за высоких затрат на техническое обслуживание и эксплуатацию устаревшее оборудование требует частого ремонта, что ведет к увеличению эксплуатационных расходов. Эти расходы сказываются на способности системы удовлетворять пиковые потребности в электроэнергии, особенно в периоды высокой нагрузки.

Анализ эффективности энергопотребления показывает, что неэффективное оборудование, такое как устаревшие трансформаторы, приводит к потерям энергии из-за недостаточной производительности, что подчеркивает необходимость модернизации оборудования для повышения энергосбережения и эффективности.

Растущий спрос на электроэнергию с учетом планируемого увеличения числа туристов в ближайшие 5 лет очевиден. Этот прогнозируемый рост подчеркивает необходимость модернизации, чтобы объект мог обеспечивать надежное обслуживание без существенного увеличения затрат на электроэнергию или воздействия на окружающую среду.

Экологические и экономические выгоды за счет перехода на современное оборудование неизбежны и это соответствует как целям экологической устойчивости, так и экономической оптимизации базы отдыха. Внедрение возобновляемых источников энергии и переход на энергоэффективное оборудование будут способствовать сокращению выбросов парниковых газов и снижению эксплуатационных расходов, поддерживая более устойчивую и экономически эффективную энергетическую систему базы отдыха.

Таким образом, модернизация системы электроснабжения базы отдыха с применением новых технологий необходима.

2.2 Анализ потенциала возобновляемых источников энергии в Самарской области

В средней полосе России наиболее перспективным видом альтернативной энергетики считается солнечная, что обусловлено особенностями местного климата.

В Самарской области относительно высокий уровень инсоляции по сравнению с большинством регионов России, особенно в весенние и летние месяцы. Благодаря этой характеристике, солнечная энергия является предполагаемым вариантом для выработки электроэнергии и дополнения систем отопления.

Краткая технологическая и климатическая оценка возможностей гелиоэнергетики в нашем регионе позволяет сделать следующие выводы. Согласно региональным климатическим данным, Самарская область ежегодно получает в среднем 1700–2000 кВт·ч/м² солнечной радиации, при этом пик приходится на летний сезон. Данный уровень освещенности является достаточным для использования фотоэлектрических солнечных панелей в качестве основного источника энергии[3].

В таблице 6 приведены основные климатические характеристики региона.

Таблица 6 - Основные климатические характеристики региона.

Параметры	Значение	Комментарий
Среднегодовая солнечная радиация	1850 кВт · ч/м ²	Уровень достаточен для эффективной генерации
Средняя продолжительность солнечного дня	6,5 часов/день	Максимальная продолжительность в летние месяцы
Количество солнечных дней в году	200 дней	Наиболее активный период: апрель-сентябрь
Среднегодовая температура	+10 °С	Умеренные условия для эксплуатации оборудования

На рисунке 8 представлена карта инсоляции Российской Федерации.



Рисунок 8 - Карта инсоляции Россиянкой Федерации.

Сезонное распределение инсоляции отражает колебания максимума в течение года, а пик приходится на летние месяцы. Высокая освещенность летом соответствует пику туристического сезона. Это позволяет повысить уровень самообеспеченности в производстве электроэнергии, снижая зависимость от электросетей в периоды повышенного спроса [2, 13].

В таблице 7 представлены данные о сезонном распределении солнечной радиации.

Таблица 7 - Сезонное распределение солнечной радиации.

Сезон	Солнечная радиация кВт · ч/м ²	Процент от годового потенциала %
Зима	150	12
Весна	350	29
Лето	450	37
Осень	250	22
Итого	1200	100

Таким образом, установив солнечные панели и аккумуляторные батареи, база отдыха сможет использовать солнечную энергию для удовлетворения своих потребностей в дневное время и накапливать избыточную электроэнергию для использования в вечернее время и в пасмурные дни [22, 29].

В таблице 8 показаны данные потенциала генерации солнечной энергии.

Таблица 8 - Потенциал генерации солнечной электроэнергии.

Показатели	Значения	Комментарий
Установленная мощность солнечной электростанции	100 кВт	Планируема мощность для базы отдыха
Среднегодовая выработка	185000 кВт	С учетом средней солнечной радиации
Доля замещения текущего энергопотребления	40 %	При полной интеграции солнечно электростанции
Предлагаемая экономия на электроэнергии	1,5 млн руб./год	Экономия за счет снижения зависимости от сети

Другим потенциально приемлемым видом энергетики является ветряная. Рассмотрим ее возможности применительно к базе отдыха.

Ветроэнергетика является возобновляемым ресурсом, имеющим определенные возможности для воплощения в Самарской области, хотя она может иметь ограничения, обусловленные местными климатическими особенностями и особенностями инфраструктуры базы отдыха инфраструктуры. Согласно ветровой карте России, средняя скорость ветра в регионе равна 3-5 м/с, причем этом более высокие скорости наблюдаются на возвышенностях и открытых участках. Данной скорости ветра достаточно для небольших ветряных турбин, но крупномасштабные установки не будут иметь большого успеха. Некоторые дополнительные возможности ветроэнергетики дает тот факт, что в районе базы отдыха имеется граница воды и суши, что способствует суточным перемещениям воздушных масс.

В таблице 9 представлены климатические характеристики для использования ветроэнергетики.

Таблица 9 - Климатические характеристики региона, актуальные для использования ветроэнергетики

Параметр	Значение	Комментарий
Средняя годовая скорости ветра	4,5 м/с	Достаточно для маломощных ветровых турбин
Направление преобладающих ветров	Юго-западное	Учитывается при размещении турбин
Количество ветровых дней в году	250	Пиковая активность: осень зима
Рельеф местности	Равнинный	Благоприятствует стабильному потоку воздуха

В таблице 10 представлены данные о сезонном распределении скорости ветра.

Таблица 10 - Сезонное распределение скорости ветра

Сезон	Средняя скорость ветра, м/с	Процент времени с ветром выше 4 м/с, %
Зима	5,2	60
Весна	4,8	50
Лето	3,7	30
Осень	4,9	55

Несмотря на техническую осуществимость, ветряные электростанции требуют больше места и оказывают визуальное и шумовое воздействие, которое негативно сказывается на время препровождения гостей базы отдыха. Тщательное планирование и выбор типов турбин (например, турбин с вертикальной осью, которые работают тише и занимают меньше места) были бы необходимы, если бы энергия ветра имела больший потенциал реализации в рамках энергетической стратегии[28]. Дополнительной проблемой ветряной энергетики является необходимость разработки мер для защиты от сильных порывов ветра. С этой целью, как правило, лопасти снабжают специальными поворотными устройствами, но такая конструкция винта дороже и сложнее.

В таблице 11 представлены данные о потенциале ветроэнергетической системы.

Таблица 11 - Потенциал генерации ветроэнергетической системы

Показатель	Значение	Комментарий
Установленная мощность ветрогенераторов	50 кВт	Дополнение к солнечной системе
Средняя годовая выработка	120,000 кВт · ч	С учетом среднего ветрового потенциала
Доля замещения текущего энергопотребления	25%	При полной интеграции ветроэнергии
Экономия на электроэнергии	750 тыс.руб./год	Экономия за счет использования ветроэнергии

На рисунке 9 представлена карта среднегодовых скоростей ветра на территории России.

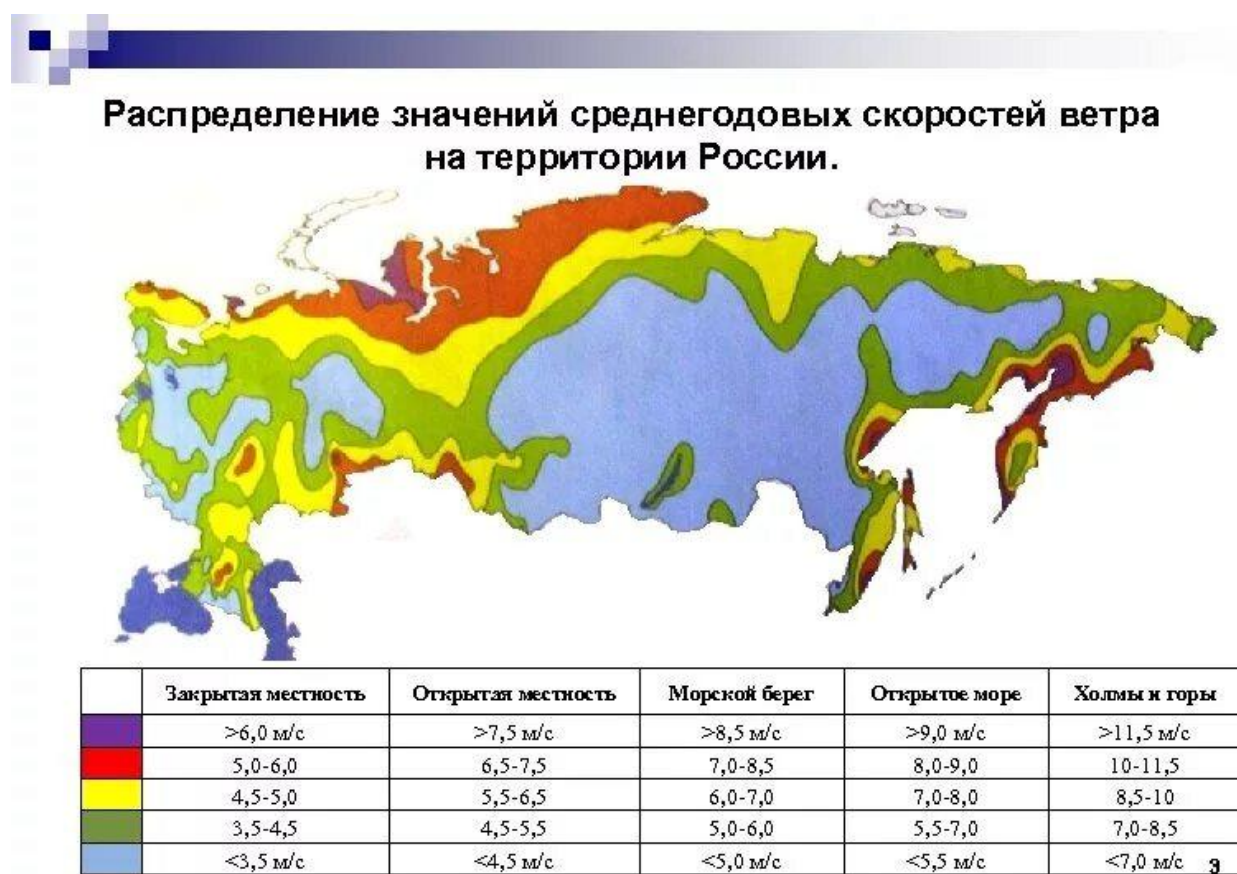


Рисунок 9 - Карта среднегодовых скоростей ветра на территории России

Использование биоэнергии, например биомассы и биогаза является альтернативой для удовлетворения части потребностей в электроэнергии базы отдыха. Самарская область, с ее сельским и лесным хозяйством, имеет доступ к

различным источникам биомассы. Основными из них являются сельскохозяйственные отходы, побочные продукты лесного хозяйства и органические отходы близлежащих предприятий могут быть использованы для выработки электроэнергии. Их утилизация может не только обеспечивать дополнительной энергией, но и будет сокращать количество отходов, способствуя экологической устойчивости.

В таблице 12 приведены данные об основных ресурсах для биоэнергетики.

Таблица 12 - Основные ресурсы для биоэнергетики в регионе

Источники биоэнергии	Объем доступности ресурса, т/год	Энергетический потенциал, ГДж/год	Комментарий
Отходы сельского хозяйства	1,500	22,500	Основные источники: солома, отходы зерновых
Древесные отходы	1,000	16,000	Отходы лесозаготовки и деревообработки
Бытовые органические отходы	800	12,800	Подходят для производств биогаза
Животноводческие отходы	600	9,00	Навоз и помет для биогазовых установок

Отходы от обработки древесины и сельскохозяйственные отходы могут использоваться для изготовления современного твердого топлива – пеллет, которые могут сжигаться в автоматизированных котельных.

Производство биогаза заключается в сбраживании органики. При этом выделяется метан, являющийся также основным компонентом бытового газа и пригодный для применения в качестве топлива в котельных и газовых плитах. В принципе, его можно использовать и для выработки электроэнергии при соответствующей адаптации бензоэлектрических агрегатов. Все это поможет сократить потребление углеродного топлива, что особенно актуально в холодные месяцы, когда потребность в отоплении высока.

В таблице 13 приведены данные о потенциале энергетической выработки из биоресурсов.

Таблица 13 - Потенциальная энергетическая выработка из биоресурсов

Тип топлива	Ежегодное производство, $\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$	Энергетическая ценность, ГДж/год	Соответствующее электричество, кВт · ч/год
Биогаз (метан)	120,000	3,000	833,333
Пеллеты (деревянные гранулы)	1,000	16,000	4444,444
Твердое биотопливо	2,00	25,00	6944,444

Экологические преимущества биоэнергетики заключаются в том, что она оставляет меньшее воздействие на окружающую среду, чем традиционное углеродное топливо. Использование биогаза также помогает в утилизации отходов.

В таблице 14 представлены экономические показатели использования биоэнергии.

Таблица 14 - Экономические показатели использования биоэнергии

Параметр	Значение	Комментарий
Стоимость установки биогазовой станции	8 млн.руб	Включая оборудование и строительство
Годовая экономия на электроэнергии	2,5 млн.руб./год	Замещение до 35 % потребностей базы отдыха
Срок окупаемости	3,2 года	С учетом экономии на энергии и утилизации отходов
Экономия на утилизации органических отходов	600 тыс.руб./год	Снижение затрат на утилизацию отходов

Современная промышленность предлагает различные технические решения для производства биогаза. Типовая конструкция такого рода представлена на рисунке 10. Разумеется, ее использование не предполагает отказ от существующих сетей, то есть схема является гибридной.

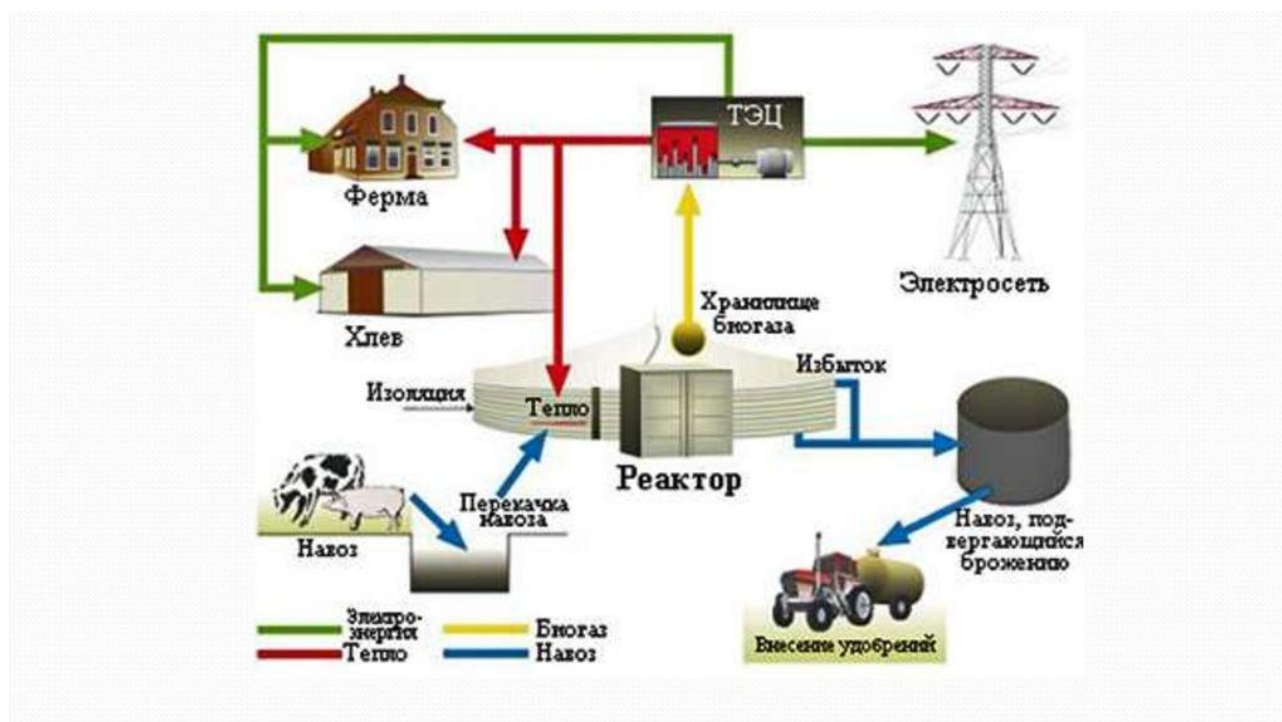


Рисунок 10 - Схема производства биогаза

2.3 Разработка гибридной системы электроснабжения с использованием солнечной энергии

В контексте модернизации электроснабжения базы отдыха «Золотые пески» интеграция возобновляемых источников электроэнергии на базе солнечной энергии представляет собой многообещающий и перспективный путь к устойчивому развитию, повышению эффективности и экономии средств [4, 8]. Особое место среди них занимает солнечная энергия. Ее следует предпочесть остальным видам альтернативной энергетики по следующим соображениям.

Солнечная энергия обладает множеством преимуществ, что делает её отличным вариантом для таких объектов, на которых характерны сезонные колебания энергопотребления. Ее применение повысит энергетическую независимость базы отдыха, так как за счет ее можно сгладить колебания потребляемой электроэнергии и снизить эксплуатационные риски в пиковый сезон[5].

На рисунке 11 изображена диаграмма вклада солнечной энергетики в общий энергобаланс, подчеркивающая рост значимости солнечной энергии в энергетическом балансе.

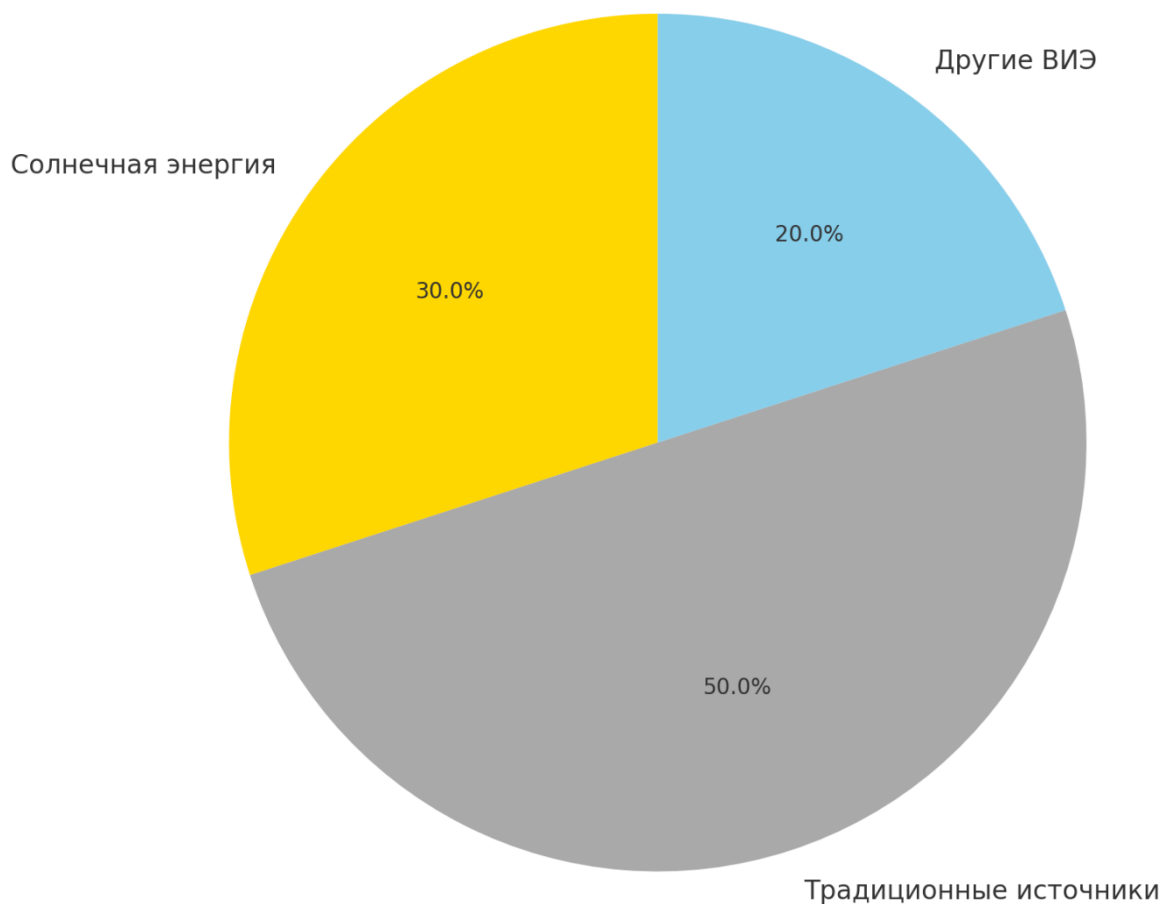


Рисунок 11 - Диаграмма вклада солнечной энергии в общий энергобаланс

Пиковый спрос на электроэнергию хорошо сочетается с возможностями гелиоэнергетики. Высокий уровень солнечной радиации в регионе в летний время хорошо сочетается с туристическим сезоном, когда потребления электроэнергии максимально. Такое сочетание позволяет эффективно использовать солнечную энергию для удовлетворения потребностей базы отдыха в электричестве и отоплении без чрезмерных затрат.

Экологические преимущества данного вида энергетики заключаются в том, что солнечная энергия - это «чистый», возобновляемый ресурс с низким углеродным следом по сравнению с традиционными источниками. Переход на

солнечную энергию значительно сократит выбросы парниковых газов. Также это послужит поддержке ряда региональных и национальных целей в области устойчивого развития, а также укрепит репутацию центра отдыха как экологически чистого места.

В таблице 15 представлены экологические преимущества солнечной энергии.

Таблица 15 - Экологические преимущества солнечной энергии

Показатель	Значение	Комментарий
Снижение выбросов	До 70 т/год	Для установки мощности 100 кВт
Сокращение использования ископаемого топлива	35%	Замещение традиционного энергоснабжения
Снижение экологического воздействия	Высокое	Отсутствие вредных выбросов в атмосферу

На рисунке 12 представлена график оценки солнечной энергии и потребностей в энергии в периоды 2020–2030 г., отображающий превышение потенциала солнечной энергии над прогнозируемым спросом.

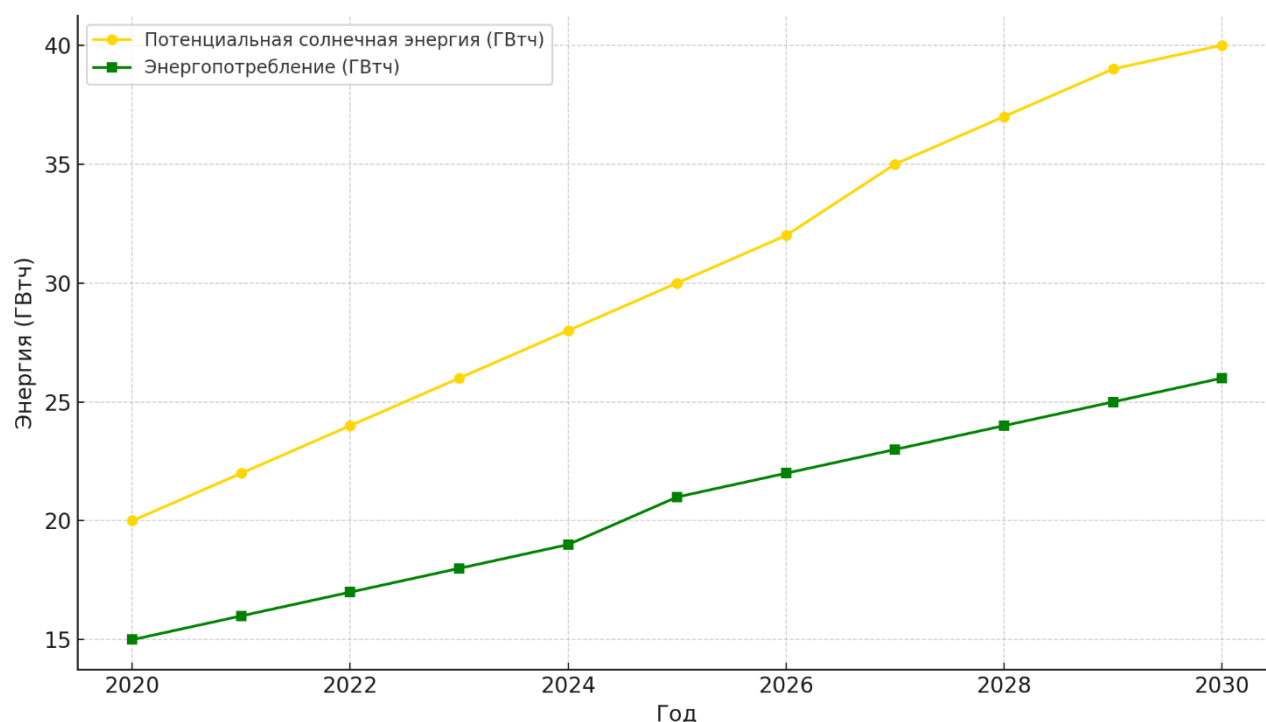


Рисунок 12 - График оценки солнечной энергии и потребностей в энергии в периоды 2020–2030 г.

Далее рассмотрим технологические проблемы внедрения солнечной энергетики и пути их решения. Они сводятся к выбору подходящих солнечных панелей, средств накопления энергии и необходимой силовой электроники. Для интеграции солнечных панелей необходимо учитывать конкретные технические параметры для оптимизации производительности и надёжности.

Самыми распространёнными типами панелей являются монокристаллические, поликристаллические и тонкоплёночные. Монокристаллические панели являются самыми эффективными, их коэффициент преобразования достигает 22%, и они подходят для объектов с ограниченным пространством для установки. Поликристаллические панели, чуть менее эффективны, но зато являются более экономически выгодными. Тонкопленочные панели менее эффективны, но больше предназначены для работы в условиях низкой освещенности, что больше подходит для объектов с меньшем количеством солнечного света [6, 19].

Аккумуляторные батареи необходимы для хранения избыточной энергии, вырабатываемой в часы пикового солнечного освещения. Накопленную электроэнергию можно воспользоваться в вечернее время и время с минимальной солнечной активностью, обеспечивая бесперебойное электроснабжение. Новые технологии в области аккумуляторных батарей также позволяют справляться с пиковыми нагрузками и снижать затраты, связанные с потреблением электроэнергии от сети [18].

Работа гелиоэлектростанции невозможна без силовой и интеллектуальной электроники. Инверторы преобразуют постоянный ток, вырабатываемый солнечными панелями, в переменный ток. Помимо этого, интеллектуальные системы управления энергопотреблением (EMS) помогают отслеживать, контролировать и оптимизировать использование солнечной энергии в режиме реального времени, позволяя регулировать энергопотребление в зависимости от спроса и погодных условий.

Финансовая жизнеспособность солнечной электростанции как решения для модернизации является основным фактором. Здесь мы оцениваем затраты на установку, экономию при эксплуатации и срок окупаемости.

За последнее время стоимость солнечных панелей заметно снизилась, что делает их более доступными для более широких масс. Для базы отдыха "Золотые пески" первоначальные капитальные затраты включают в себя закупку солнечных панелей, аккумуляторов и затраты на их установку, но эти расходы часто можно компенсировать за счет субсидий или грантов на проекты по возобновляемой энергетике.

Долгосрочная экономия также должна учитываться, поскольку солнечная электростанция позволяет заметно сократить расходы на электроэнергию за счёт снижения зависимости от питающих сетей. Помимо этого, солнечные электростанции требуют минимальных затрат на обслуживание, из-за малого количества подвижных частей, и они надежны: срок их службы в среднем составляет 25–30 лет.

Срок окупаемости солнечных установок в Самарской области обычно составляет 6–10 лет. Эти показатели связаны с масштабами системы и достигнутой экономии электроэнергии. Учитывая снижение затрат на счета за электроэнергию, базы отдыха, окупит инвестиции в разумные сроки, что приведёт к долгосрочным финансовым выгодам[7, 21].

В таблице 16 показана сравнение затрат на традиционное и солнечное электроснабжение.

Таблица 16 - Сравнение затрат на традиционное и солнечное электроснабжение за 10 лет

Показатели	Традиционное энергоснабжение	Солнечная энергия	Экономия
Годовые затраты на электроэнергию	1,5 млн.руб.	0,3 млн.руб.	1,2 млн.руб.
Техническое обслуживание	300 тыс.руб.	100 тыс.руб.	200 тыс.руб.
Обслуживание затрат за 10 лет	18 млн.руб.	4 млн.руб.	14 млн.руб.
Начальные инвестиции	0 руб.	9 млн.руб.	- 9 млн.руб.
Итоговая экономия	-	-	5 млн.руб.

На рисунке 13 изображен график, отображающий затраты на электроэнергию за 10 лет.

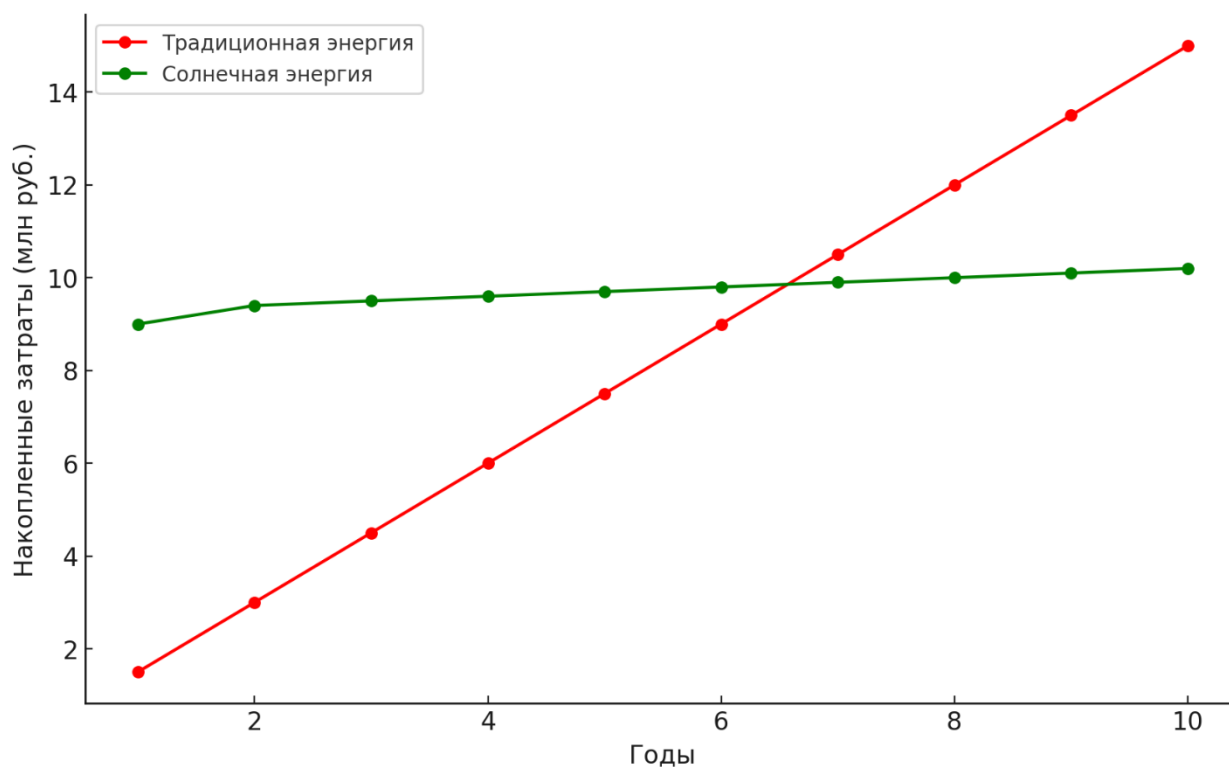


Рисунок 13 - График затрат на электроэнергию за 10 лет.

Несмотря на то, что солнечная энергия является перспективным направлением, она обладает рядом проблем, которые необходимо учитывать для успешной реализации. Основными из них являются изменчивость погоды, большая занимаемая площадь и достаточно сложная силовая электроника и система управления.

В Самарской области, несмотря на благоприятное летнее солнечное излучение, погодные условия имеют свойство изменяться, что сказывается на стабильности вырабатываемой электроэнергии. Аккумуляторные батареи частично решают эту проблему, но сезонные колебания в разы значительней и эти изменения в количестве вырабатываемой электроэнергии необходимо учитывать в энергетической стратегии.

Для установки солнечных панелей требуется значительное пространство, на котором могут быть размещены площадки других назначений. Установка

солнечных панелей на крышах или использование навесов и других открытых площадок может оптимизировать использование пространства тем самым обеспечивая, что драгоценное пространство будет задействовано под другие нужды базы отдыха.

Сложность управления электропотреблением связана с тем, что интеграция солнечной электростанции с существующей распределительной сетью и резервными источниками питания может быть затруднена. Хорошо спроектированная система управления энергопотреблением необходима для эффективного и сбалансированного управления потребителями электроэнергии, особенно в моменты перехода электропитания от солнечной электростанции к потреблению электроэнергии от сети.

В таблице 17 представлены недостатки солнечной энергетики и пути их решения.

Таблица 17 - Недостатки солнечной энергетики

Недостаток	Характеристика	Возможные пути решения
Зависимость от погоды	Производительность падает при облачной погоде или в зимний период.	Установка систем хранения энергии.
Высокие первоначальные затраты	Стоимость оборудования и монтажа выше по сравнению с традиционными источниками энергии.	Использовать субсидии и льготное кредитование
Необходимость большой площади	Для установки солнечных панелей требуется значительная площадь, что может быть ограничением.	Размещение на крышах зданий и других объектов.
Ограниченный срок службы	Срок службы панелей и батарей обычно составляет 20-25 лет.	Регулярное обслуживание, переработка старых панелей.
Экологические аспекты	Производство панелей связано с использованием вредных веществ и значительным энергопотреблением.	Внедрение технологий с меньшим экологическим следом

В таблице 18 представлена информация о влиянии недостатков на эффективность и рентабельность.

Таблица 18 - Влияние недостатков на эффективность и рентабельность

Показатели	Значение для солнечной энергии	Влияние на экономическую эффективность
Среднегодовая эффективность	70-80% (зависит от погодных условий)	Снижает ожидаемую рентабельность
Удельная стоимость кВт · ч	8-10 руб. (при учете затрат на хранение энергии)	Повышает сроки окупаемости
Потери мощности	До 15 % при высоких температурах	Уменьшает выработку энергии
Срок амортизации	10-15 лет	Снижает привлекательность для инвесторов

2.4 Техническая оценка вариантов интеграции солнечной энергии

Интеграция солнечной электростанции на базе отдыха «Золотые пески» требует тщательной технической оценки для определения самых подходящих методов использования солнечной энергии и дальнейшего управления ей. В данном исследовании рассматриваются различные методы и технологии интеграции солнечной энергии с учётом конкретных потребностей базы, прогнозируемых энергопотребностей и технических характеристик доступных вариантов.

Для начала будем исходить из того, что это выбор между сетевым, автономным или гибридным подходом. Сетевой подход состоит в том, что подключение солнечной электростанции к питающей сети позволяет использовать солнечную энергию в течение дня и предполагает использование сетевой электроэнергии при недостатке солнечного света. Такая установка позволяет базе отдыха сократить расходы на электроэнергию, обеспечивая при этом стабильное электроснабжение. Также при избытке вырабатываемой электроэнергии она может быть возвращена в сеть с помощью системы учета электроэнергии, что дополнительно компенсирует затраты.

Другой возможный подход - автономная система. Автономная солнечная электростанция с аккумуляторами может обеспечить полную энергетическую независимость. Автономные системы требуют значительной ёмкости аккумуляторов для хранения электроэнергии в ночное время и в пасмурные дни, что делает их более дорогими на начальном этапе. Этот вариант, как

правило, подходит для удалённых объектов, где доступ к электросети ненадёжен.

Гибридная система при возможности ее реализации считается наиболее перспективной. Она включает в себе преимущества как сетевой, так и автономной конфигураций, что, в свою очередь, позволяет объекту использовать солнечную энергию в качестве основного источника, а электроэнергию из сети - в качестве резервного источника. Гибридные системы отличаются гибкостью и надёжностью, что делает их идеальными для работы в условиях меняющихся сезонных потребностей, как в случае с базой отдыха[20, 23].

Важнейшим решением при реализации солнечной электростанции является выбор фотоэлектрической панели, что имеет решающее значение для оптимизации производства электроэнергии. Для базы отдыха рассматриваются следующие типы фотоэлектрических панелей: монокристаллические и поликристаллические.

Монокристаллические панели имеют высокую эффективность (до 22%) и обладают долговечностью, они подходят для объектов с ограниченным монтажным пространством, поскольку у них больше КПД по сравнению с другими видами панелей. Их высокая стоимость компенсируется высокой эффективностью и надёжностью и это особенно оправдывается в местах с высокой солнечной освещённостью, такие как Самарская область[9].

Поликристаллические панели представляют собой более дешёвую альтернативу монокристаллическим панелям, при меньшем КПД (15-18%). Они подходят для объектов с наличием больших свободных площадей, поскольку для достижения той же вырабатываемой мощности, что и монокристаллические панели солнечной электростанции потребуется большее количество панелей. Поликристаллические панели можно было бы использовать при наличии большого количества свободной площади на базе отдыха, что позволило бы сэкономить средства без ущерба для количества вырабатываемой электроэнергии.

На рисунке 14 показаны названные типы панелей (поликристаллические, монокристаллические).

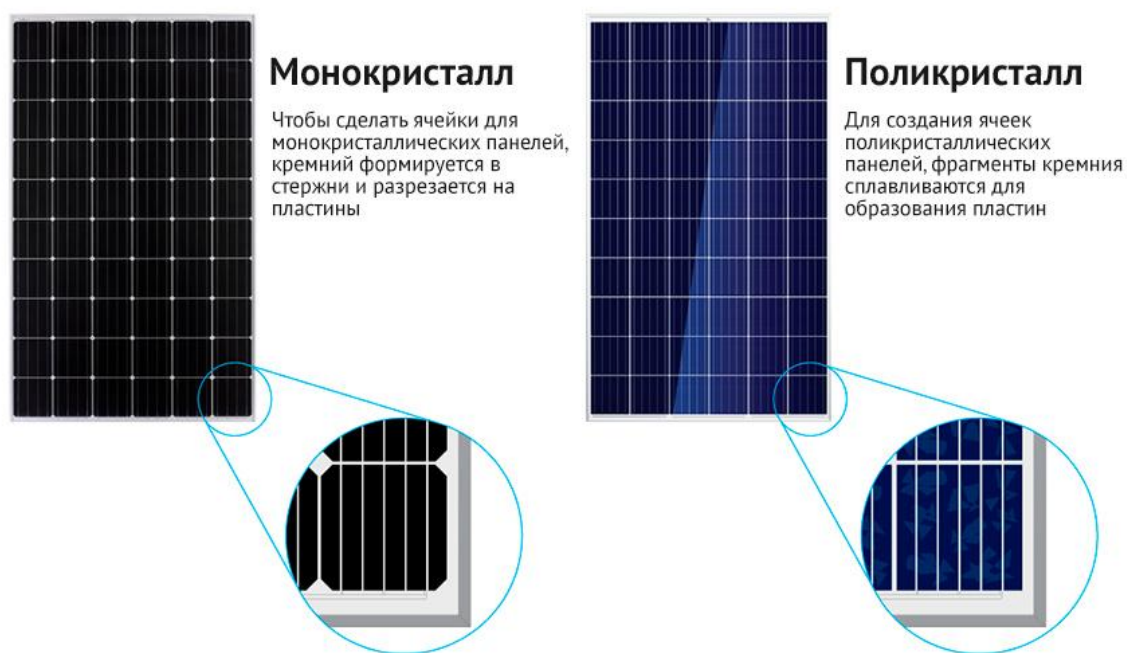


Рисунок 14 - Типы солнечных панелей.

Тонкоплёночные панели имеют гибкую, лёгкую конструкцию, а также хорошо работают при слабом освещении, но их КПД ниже (составляет 10–12%) по сравнению с другими типами панелей. Тонкоплёночные панели могут быть полезны для установки на неровных поверхностях или там, где есть ограничения по весу, хотя их более низкая эффективность может затруднить их использование в качестве основного источника электроэнергии для базы отдыха[15].

Как показывает практика, в средней полосе России использование солнечной энергетики затрудняется воздействием осадков, прежде всего, снегового наслоения зимой. Однако в нашем случае пик энергопотребления приходится на лето и использование энергии Солнца целесообразно. В таблице 19 представлено краткое сравнение фотоэлектрических панелей.

Таблица 19 - Сравнение типов фотоэлектрических панелей

Тип панели	Эффективность, %	Стоимость за 1 м ² , руб.	Срок службы, лет	Основные преимущества	Основные недостатки
Монокристаллические	18-22	15,000	25-30	Высокая эффективность, компактность	Высокая стоимость
Поликристаллические	15-18	10,000	20-25	Доступная цена, хорошая производительность	Низкая эффективность в условиях слабого освещения
Тонкопленочные	10-12	7,000	10-15	Гибкость, низкая стоимость	Короткий срок службы, низкая эффективность

Рассмотрим проблему хранения вырабатываемой электроэнергии. Подходов в этой области известно немало, но реально лишь использование аккумуляторов.

Аккумуляторы необходимы для стабилизации электроснабжения, особенно это актуально в вечернее время и в пасмурные дни. Ключевые технологии хранения включают применение щелочных, кислотных и проточных аккумуляторов.

Среди щелочных наиболее энергоемкими являются литий-ионные. Это самый распространенный тип батарей для солнечных электростанций. Литий-ионные аккумуляторы обладают высокой плотностью энергии, более длительным сроком службы и лучшей эффективностью характеристики заряда/разряда, чем другие типы аккумуляторов. Даже при высокой стоимости, литий-ионные аккумуляторы идеально подходят для объектов с переменным потреблением электроэнергии, поскольку они обеспечивают эффективное накопление энергии и быструю разрядку при необходимости.

Свинцово-кислотные аккумуляторы дешевле литий-ионных, они также имеют более короткий срок службы и меньшую плотность электроэнергии. Эти аккумуляторы являются экономичным выбором для резервного хранения вырабатываемой электроэнергии. одним из главных минусов данного типа

аккумуляторов является необходимость в их частой замене особенно при интенсивном ежедневном использовании.

Проточные аккумуляторы являются самым технологичным и самым дорогим вариантом. Проточные аккумуляторы способны обеспечить практически неограниченный цикл перезарядки, что делает их идеальными для объектов с высоким спросом и частыми циклами зарядки/разрядки. Они также имеют длительный срок службы и могут масштабироваться для более крупных установок, что делает их подходящим вариантом для будущих расширений.

Инверторы и системы управления энергопотреблением имеют решающее значение для преобразования электроэнергии постоянного тока, вырабатываемой солнечными панелями, в переменный ток для использования на объектах.

Струнные инверторы экономичны для небольших и средних установок и позволяют последовательно подключать несколько панелей. Однако неполадки в одной панели могут повлиять на производительность всей системы в целом, что делает струнные инверторы менее подходящими.

Микроинверторы подключаются к каждой панели по отдельности, это гарантирует, что проблемы с одной панелью не повлияют на другие. Такая конфигурация дороже, но она выгодна для максимизации выработки энергии при частичном затенении.

Системы управления энергопотреблением (EMS) позволяют в режиме реального времени отслеживать и контролировать выработку, хранение и использование электроэнергии, оптимизируя выработку и потребление в зависимости от спроса и погодных условий. Усовершенствованные решения EMS могут прогнозировать время пикового спроса, регулировать распределение нагрузки и управлять накопленной энергией, повышая общую энергоэффективность объекта.

Солнечная энергетика требует тщательного учета конструктивной планировки объекта и имеющегося пространства. Основными вариантами являются установка солнечных батарей на крыше, непосредственно на земле и в составе различных конструкций двойного назначения.

Солнечные панели на крыше являются более экономичным вариантом исполнения с точки зрения занимаемой площади, поскольку они используют существующие конструкции, не занимая места на земле. При этом способе установки необходимо учитывать состояние и ориентацию крыш, чтобы обеспечить достаточную поддержку и оптимальное время пребывания под прямыми солнечными лучами.

Наземные системы. Когда позволяет пространство, можно установить наземные солнечные фотоэлектрические панели, которые обеспечивают удобный доступ для обслуживания и позволяют гибко настраивать ориентацию и наклон для максимального улавливания солнечного излучения. Данный тип установки идеально подходит для открытых площадок, но требуют большого пространства и защитных мер, чтобы предотвратить несанкционированное вмешательство или затемнение.

Навесы и другие конструкции двойного назначения могут служить для затенения транспортных средств и открытых площадок, а также вырабатывать электричество. Такой подход двойного назначения может быть полезен на базе отдыха, обеспечивая практическую пользу и поддерживая цели по производству энергии.

2.5 Экономическая оценка вариантов интеграции солнечной энергии

Использование солнечной энергии даёт ряд экономических преимуществ, особенно для таких объектов, как база отдыха «Золотые пески», которая испытывает сезонные колебания в потребности электроэнергии. Снижая зависимость от традиционных источников электроэнергии, солнечная электростанция может сократить эксплуатационные расходы, повысить энергоэффективность и стать надёжным источником дохода от избыточной выработки энергии.

Солнечная электростанция может привести к экономии на счетах за счёт сокращения или даже возможности полного отказа использования электроэнергии от сети в моменты пиковой выработки электроэнергии. На базе,

где пик потребления электроэнергии совпадает с летним максимумом солнечной активности, солнечные панели будут вырабатывать максимальное количество энергии, когда спрос на неё будет максимальным. Этим сводя к минимуму потребность в более дорогой электроэнергии в пиковые моменты.

В таблице 20 представленные данные о способах сокращения расходов на электроэнергию.

Таблица 20 - Способы сокращения расходов на электроэнергию

Способ сокращения затрат	Описание	Прогнозируемое сокращение расходов, %
Установка солнечных панелей	Использование солнечной энергии для частичного или полного покрытия потребности в электроэнергии.	30-50%
Замена устаревшего оборудования	Заменить старые электроприборы и системы на более энергоэффективные	10-20%
Внедрение системы умного управления энергопотреблением	Автоматизация регулировки освещения, отопления и других систем для оптимизации потребления энергии.	15-25%
Модернизация освещения	Переход на светодиодные лампы и другие энергоэффективные осветительные решения	20-40%
Оптимизация работы оборудования	Управление временем работы и интенсивностью использования высокоэнергетических приборов.	5-15%

Несмотря на то, что солнечные электростанции требуют высоких первоначальных затрат на оборудование и установку, постоянная экономия на счетах за электроэнергию будет компенсировать эти расходы в течение нескольких лет. В долгосрочной перспективе экономия продолжит накапливаться по мере того, как база отдыха всё меньше будет зависеть от сети, а срок службы системы часто превышает 25 лет.

В таблице 21 представлены данные о ожидаемой экономии на электроэнергии при внедрении солнечных панелей.

Таблица 21 - Ожидаемая экономия на электроэнергии при внедрении солнечных панелей

Тип системы	Площадь установки	Среднегодовая выработка кВт · ч	Годовая экономия руб.	Срок окупаемости лет
Малые системы до 10 кВт	60	10000	40000	6-8
Средние системы до 50 кВт	300	50000	200000	5-7
Большие системы 100 кВт и более	600	100000	400000	4-6

Солнечная электростанция защищает базу отдыха от колебаний цен на электроэнергию. Благодаря фиксированным инвестициям будущие расходы на электроэнергию становятся более предсказуемыми и стабильными, что облегчает финансовое планирование, особенно в регионах с нестабильными тарифами на электроэнергию.

Во многих регионах солнечные электростанции, подключённые к электросети, могут приносить доход за счёт сетевого учёта или льготных тарифов. Данные программы позволяют владельцам солнечных электростанций продавать излишки электроэнергии обратно в сеть.

В таблице 22 представлено сравнение дохода от сетевого учета и расхода на электроэнергию.

Таблица 22 - Сравнение дохода от сетевого учета и расходов на электроэнергию

Тип энергии	Потребляемая энергия кВт · ч/год	Расходы на электроэнергию, руб.	Доходы от продажи излишков, руб.	Чистый доход, руб.
Электричество из сети	40000	140000	0	-140000
Электричество из солнечных панелей	30000	105000	105000	0
Излишки солнечной энергии, проданные в сеть	0	0	50000	50000

С таким подходом объект получает компенсацию за излишки произведённой энергии, что снижает будущие счета за электричество. Когда производство энергии превышает спрос, излишки возвращаются в сеть, что позволяет получать компенсацию. В периоды низкой выработки (например, в пасмурные дни) эти «кредиты» могут компенсировать стоимость электроэнергии, получаемой из сети[10].

В некоторых регионах поставщики солнечной электроэнергии могут получать за нее выплаты, по тарифам, установленным государством. При наличии такой возможности этот стимул может обеспечить базе отдыха «Золотые пески» дополнительный источник дохода, что в свою очередь больше повысит рентабельность инвестиций (ROI) в солнечную электростанцию.

В таблице 23 представлены данные о доходе от льготных тарифов.

Таблица 23 - Доходы от льготных тарифов в зависимости от мощности солнечной системы

Мощность солнечной системы, кВт	Годовая выработка, кВт · ч	Льготный тариф, руб./кВт · ч	Доходы от продажи, руб.
10	18500	3,5	64750
25	46250	3,5	161875
50	92500	3,5	323750
100	185000	3,5	647500

Солнечные электростанции требуют минимального технического обслуживания. Регулярных проверок и периодической очистки, обычно достаточно для поддержания панелей и вспомогательных систем в рабочем состоянии. Такая простота приводит к низким эксплуатационным расходам по сравнению с традиционными методами выработки электроэнергии, которые часто требуют регулярного обслуживания и в большей степени подвержены износу.

В связи более низким требованиям к техническому обслуживанию можно уменьшить бюджет базы отдыха на обслуживание данной системы. За 25–30 лет службы солнечной электростанции сокращённые требования к техническому обслуживанию обеспечивают значительное экономическое преимущество по сравнению с традиционными методами выработки электроэнергии. Результаты сравнения затрат на традиционную электроэнергию и солнечную в течение 10 лет показаны на рисунке 15.

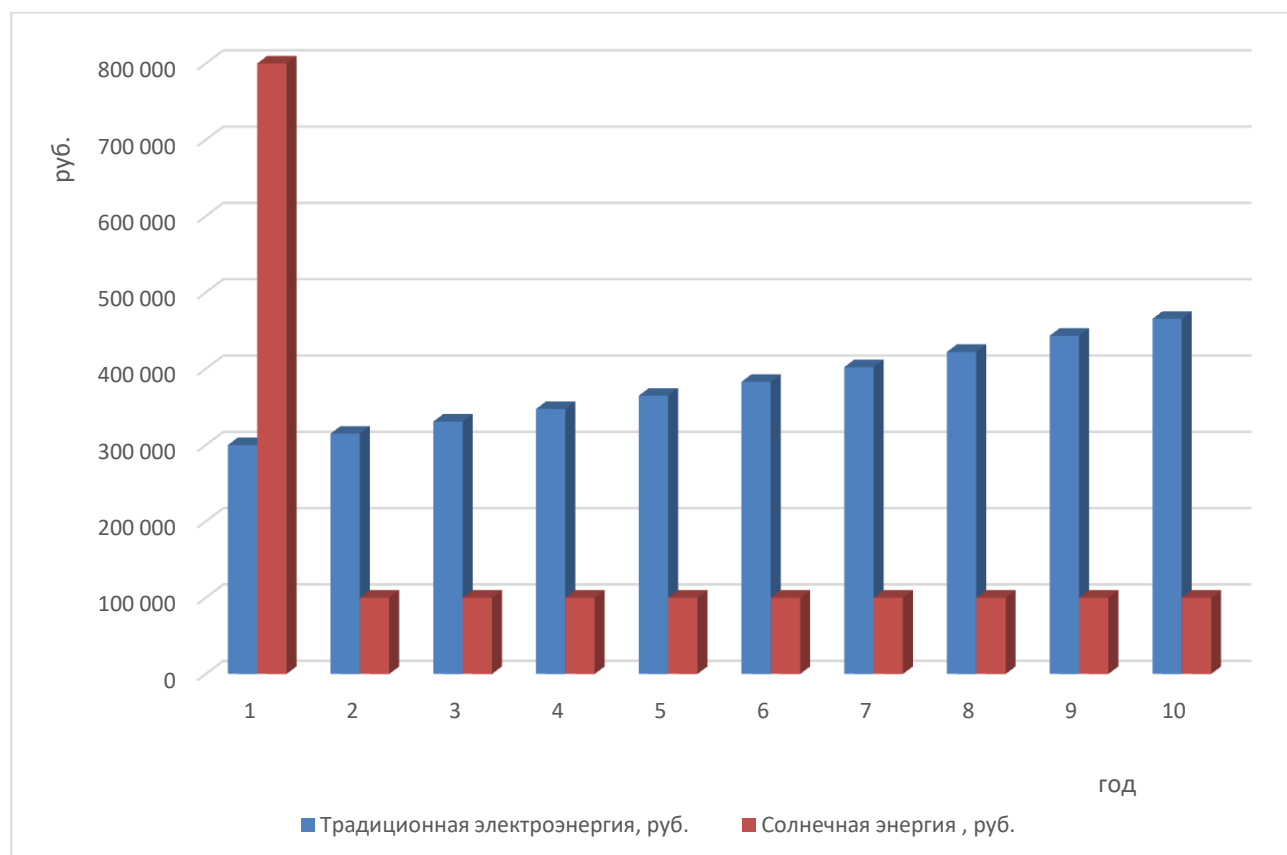


Рисунок 15 - Сравнение затрат на традиционную электроэнергию и солнечную в течение 10 лет.

Эти результаты показывают, что интеграция солнечной электростанции на базе отдыха может принести как немедленную, так и долгосрочную экономическую выгоду, поддерживая финансовую стабильность.

Выводы по 2 разделу:

- использование солнечной электростанции позволит существенно сократить и стабилизировать расходы на электроэнергию, что достигается

за счёт уменьшения зависимости от электросети, особенно в пиковые сезоны, когда стоимость электроэнергии выше;

- благодаря таким механизмам, как учёт электроэнергии и льготные тарифы, любая избыточная энергия, вырабатываемая солнечной электростанцией, может быть продана, что создаёт дополнительный источник дохода, способствуя более быстрой окупаемости инвестиций;

- так как солнечные электростанции требуют минимального обслуживания, в первую очередь из-за отсутствия подвижных частей, то снизится потребность в частом ремонте и уменьшатся эксплуатационные расходы базы отдыха;

- переход на солнечную электроэнергию может дать базе отдыха право на «зелёное» финансирование, то есть гранты или субсидии, что позволит ещё больше снизить затраты на эксплуатацию и повысить долгосрочную финансовую выгоду проекта.

- солнечная электростанция являются масштабируемым объектом, что позволяет расширять ее в будущем для удовлетворения растущего спроса на электроэнергию.

3 Разработка модернизированной системы электроснабжения

3.1 Концептуальный проект гибридной системы электроснабжения

Проект гибридной системы электроснабжения для базы отдыха «Золотые пески» направлен на то, чтобы сбалансировать преимущества возобновляемой солнечной электростанции с надёжностью традиционной сетевой электроэнергии. Эта гибридная система будет включать в себя солнечные фотоэлектрические (PV) панели с аккумуляторами батареями и резервным питанием от сети, оптимизируя использование энергии для повышения эффективности, экономии средств и экологичности[27].

Гибридная энергетическая система включает:

- фотоэлектрические панели,
- аккумуляторные батареи,
- инверторы,
- средства подключения к электросети.

Каждый элемент играет определенную роль в удовлетворении потребностей базы отдыха.

Солнечные фотоэлектрические панели станут источником возобновляемой электроэнергии. Эти панели преобразуют солнечный свет непосредственно в электричество, сводя потребление электроэнергии от сети к минимуму в дневное время. В проекте будет отдано предпочтение монокристаллическим или поликристаллическим панелям, отличающиеся высокой эффективностью и позволяющие максимально увеличить производительность в пределах доступных площадей.

Аккумуляторные батареи будут служить для накопления избыточной солнечной энергии, вырабатываемую в часы пиковой солнечной активности. Тем самым обеспечивая резервное питание для использования в вечерние часы или в периоды низкой солнечной активности. Литий-ионные аккумуляторы предпочтительны из-за их эффективности, плотности энергии и срока службы. В свою очередь свинцово-кислотные аккумуляторы могут быть более

экономичным вариантом при наличии бюджетных ограничений на момент постройки электростанции [25].

Инвертор преобразует вырабатываемый фотоэлектрическими панелями постоянный ток в переменный ток. Современная система EMS будет контролировать производство, потребление и хранение энергии, обеспечивая оптимальное распределение мощности.

Подключение к сети предполагает, что база отдыха остается подключенной к электросети, что позволяет ей получать электроэнергию в периоды, когда объёма вырабатываемой и накапливаемой солнечной энергии не будет хватать. Эта сеть обеспечивает стабильность и надежность, что особенно полезно в пиковые сезоны или при неблагоприятных погодных условиях [24, 26].

Гибридная система адаптирована к специфичным требованиям «Золотых песков» с учетом таких факторов, как сезонные потребности в электроэнергии, время пиковой нагрузки и режим работы базы отдыха. Поскольку потребность базы отдыха в электроэнергии достигает пика в летние месяцы, когда база отдыха имеет наибольший спрос среди отдыхающих, размер солнечной электростанции соответствует этой сезонной нагрузке, обеспечивая максимальную эффективность, когда солнечная радиация также достигает пика.

Масштабируемость системы означает, что гибридная конструкция включает масштабируемые компоненты, что позволит в будущем расширить электростанцию по мере роста потребности в электроэнергии. Сюда входят модульные фотоэлектрические панели и дополнительные аккумуляторные блоки, что упрощает будущую модернизацию солнечной электростанции при дальнейшем увеличении числа посетителей и расширению объектов.

Условия окружающей среды вполне благоприятны для солнечной энергетики - климат Самарской области обеспечивает достаточное количество солнечного света. Конструкция системы позволяет использовать крыши и наземные площадки для оптимального воздействия солнечных лучей.

Для достижения максимальной эффективности и экономии средств гибридная система работает на основе интеллектуального подхода к

управлению энергопотреблением. Тем самым обеспечивается баланс между использованием вырабатываемой электроэнергии, накопленной электроэнергии в аккумуляторных батареях и электроэнергией от сети.

Снижение энергопотребления в пиковые часы предполагает, что во время пиковой нагрузки система будет отдавать предпочтение солнечной энергии. Тем самым снижается зависимость от электросети, которая обычно обходится дороже в часы повышенного спроса. Эта стратегия снижения энергопотребления в пиковые часы оптимизирует затраты на электроэнергию за счет отказа от поставляемой электроэнергии от энергосети.

Управление накоплением энергии. Система EMS отдает приоритет разрядке аккумуляторов в периоды высоких тарифов, когда избыточная солнечная энергия накапливается в аккумуляторах, минимизируя потребление электроэнергии из сети и снижая расходы на электричество. В пасмурные дни или ночью система плавно переключается между аккумуляторами и резервным питанием от сети, поддерживая стабильное электроснабжение.

При наличии разрешения система может возвращать излишки вырабатываемой электроэнергии в сеть, что дает базе отдыха возможность компенсировать некоторые эксплуатационные расходы и потенциально получать дополнительный доход.

3.2 Технические характеристики предлагаемой системы солнечной энергии и решений для хранения энергии

Ключевыми элементами являются ФЭ-панели, аккумуляторы для хранения энергии, инверторы и централизованная система управления энергией (EMS), которая обеспечивает бесперебойную работу с существующей сетью электропитания.

Основным компонентом солнечной электростанции является фотоэлектрическая панель. Она предназначена для максимального производства энергии с учётом интенсивности солнечного света в Самарской области.

Монокристаллические фотоэлектрические панели выбираются из-за их высокого КПД, которое обычно составляет от 18% до 22%. Монокристаллические панели одинаково хорошо работают в различных погодных условиях, что делает их подходящими для климатических условий региона.

Номинальная мощность каждой панели составляет от 400 до 500 Вт, в зависимости от выбранной конкретной модели. Общая выходная мощность рассчитывается исходя из пикового энергопотребления объекта, при этом общая установленная мощность должна составлять примерно 100 кВт, чтобы в достаточной степени покрыть потребности в дневное время и свести к минимуму зависимость от электросети.

Коэффициент эффективности и температурный коэффициент. Монокристаллические панели имеют низкий температурный коэффициент (около -0,3% на градус Цельсия), это в свою очередь минимизирует потери эффективности в жаркие дни и делает их более устойчивыми к региональному климату.

Конструкция и расположение системы основана на том, что панели предназначены для установки на крышах основных зданий и на открытых площадках, обеспечивая максимальное воздействие солнечных лучей при минимальном затенении. Угол наклона, оптимизированный для Самарской области (примерно 30–35 градусов), обеспечивает эффективное улавливание солнечного света в любое время года.

Для обеспечения надёжного электроснабжения в периоды низкой солнечной активности и пиковых нагрузок солнечная электростанция включает в себя аккумуляторные батареи. При этом выбираются литий-ионные аккумуляторы, исходя из их высокой плотности энергии, длительного срока службы и низких требований к обслуживанию. Они отлично подходят для задач, с частыми циклами зарядки-разрядки, например для хранения солнечной энергии. Общая ёмкость аккумуляторной батареи рассчитана на удовлетворение потребностей в электроэнергии в вечернее и ночное время. Примерная ёмкость аккумулятора составляет около 200 кВт·ч, что в свою

очередь обеспечивает достаточную мощность для автономной работы в течение некоторого времени после захода солнца. Аккумуляторная батарея состоит из модулей емкостью 10-20 кВт·ч, что позволяет в дальнейшем увеличить емкость. Это решение в дальнейшем позволит удовлетворить растущий объем туристов.

Литий-ионные аккумуляторы обычно поддерживают глубину разряда на уровне 80-90%, что позволяет максимально увеличить полезную емкость без существенного сокращения срока службы. Такая гибкость обеспечивает более эффективное использование энергии в периоды высокой нагрузки[17].

Срок службы и количество циклов достаточно велики - согласно проведенным исследованиям, эти аккумуляторы имеют средний срок службы от 4000 до 6000 циклов и будут хорошо работать в течение 10–15 лет, обеспечивая стабильную работу с минимальной деградацией при стандартных условиях эксплуатации.

Инверторы и система управления энергопотреблением (EMS) являются важнейшими компонентами для интеграции солнечной электростанции с энергосистемой, что дает возможность эффективно управлять потоками энергии.

Технические характеристики инвертора - высокоэффективные струнные инверторы используются для преобразования постоянного тока (DC), генерируемого фотоэлектрическими панелями и батареями, в переменный ток (AC). Каждый инвертор имеет номинальную мощность, соответствующую размеру фотоэлектрической панели, при этом несколько блоков работают параллельно, что дает надежность и простоту обслуживания.

Система управления энергопотреблением (EMS): централизованная система EMS отслеживает и контролирует выработку, хранение и распределение электроэнергии. Эта система обеспечивает перераспределение нагрузки во время пиковых нагрузок и при необходимости интеграцию с энергосетью. Программное обеспечение EMS можно настроить так, чтобы в часы пиковой нагрузки приоритет отдавался использованию солнечной

электростанции, что снижает зависимость от энергосети и позволяет экономии средств.

Интеграция с энергосетью и чистый учёт электроэнергии: солнечная электростанция предназначена для потенциального взаимодействия с энергосетью, что позволяет осуществлять «чистый» учёт электроэнергии, если это разрешено. В моменты избыточной выработки EMS может направлять избыточную энергию в энергосеть, потенциально генерируя доход. Эта функция также обеспечивает дополнительную безопасность энергопотребления в периоды повышенного спроса.

Для обеспечения надежности и соответствия нормативным стандартам предусмотрены различные механизмы защиты.

Защита от перенапряжений - устройства защиты от перенапряжений защищают от скачков напряжения, которые могут вывести из строя чувствительное оборудование. Они устанавливаются как на стороне постоянного, так и на стороне переменного тока.

Система управления аккумуляторами BMS регулирует работу литий-ионных аккумуляторов, предотвращая перезаряд, глубокую разрядку и перегрев, что продлевает срок службы батареи и повышает безопасность.

Мониторинг и техническое обслуживание аккумуляторов осуществляется автоматически. Система EMS постоянно отслеживает работу базы отдыха, что позволяет удаленно отслеживать производительность и проводить диагностику. Это снижает затраты на техническое обслуживание и позволяет своевременно вмешиваться в случае возникновения проблем, обеспечивая бесперебойную работу.

На рисунке 16 представлена диаграмма пропорций вклада каждого источника электроэнергии в снабжение базы отдыха.

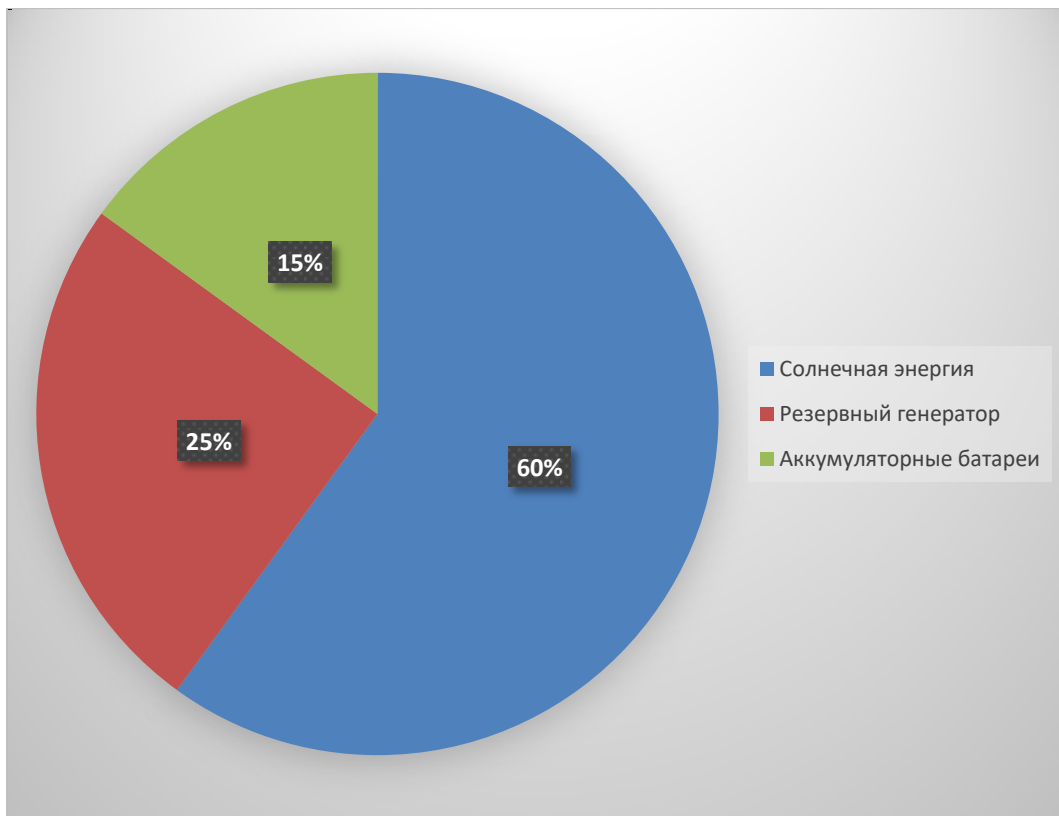


Рисунок 16 - Диаграмма пропорций вклада каждого источника электроэнергии в снабжение базы отдыха

Предполагается, что производительность системы обеспечит большую часть потребностей базы отдыха в электроэнергии в светлое время суток, а накопленная электроэнергия покроет использование потребление в ночное время и пиковые моменты нагрузки.

3.3 Проектные расчёты и прогнозируемые характеристики новой системы

На основе региональных данных о солнечном свете предполагается, что солнечная электростанция будет вырабатывать от 170 000 до 200 000 кВт·ч в год, покрывая значительную часть годового потребления объекта.

Расчёт годовой выработки электроэнергии:

$$E_{\text{год}} = P_{\text{уст}} \times Y_{\text{год}} = 100 \times 1700 = 170000 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (1)$$

где: $P_{уст}$ - установленная мощность кВт;

$Y_{год}$ - средняя годовая выработка на 1 м^2 .

Окупаемость инвестиций - в связи с снижением затрат на электроэнергию, преимуществам чистого учёта и более низким требованиям к техническому обслуживанию ожидается, что система окупится в течение 6–8 лет, что делает её финансово жизнеспособной и устойчивой в течение 20–25 лет эксплуатации.

Расчет ежегодной экономии:

$$S_{год} = E_{год} \times T_{тариф} = 17000 \times 5 = 850000 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2)$$

где: $T_{тариф}$ – тариф на электроэнергию 5 руб/ кВт · ч.

Расчет окупаемости:

$$S_{год} = \frac{C_{капит}}{S_{год} - O_{год}} = \frac{9000000}{850000 - 100000} = 12 \text{ лет} \quad (3)$$

где: $C_{капит}$ - капитальные затраты руб.;

$O_{год}$ - ежегодные эксплуатационные расходы руб.

Благодаря тщательному анализу проектируемая система удовлетворяет потребности объекта в генерации электроэнергии, обеспечивая при этом экономическую эффективность и экологические преимущества. Расчёты включают в себя мощность выработки энергии, объём накопителей, экономию энергии и оценку общего экономического и экологического воздействия системы.

Расчёты выработки энергии.

Основная задача заключается в том, чтобы оценить количество солнечной энергии, которое солнечная электростанция будет генерировать ежегодно, на основе региональных данных о солнечном свете и конфигурации системы.

Средняя интенсивность солнечного излучения в Самарской области составляет примерно 3,5-4,0 кВт·ч/м² в день. Эти данные служат основой для расчета годового производственного потенциала солнечной электростанции.

При установленной мощности 100 кВт при мощности каждой панели равной примерно в 400–500 кВт·ч в год на каждый установленный киловатт, с учётом уровня освещённости и эффективности системы. Таким образом, общий ожидаемый годовой выход энергии составляет примерно 140 000 - 150 000 кВт·ч.

Размер и автономность аккумуляторных батарей.

Для обеспечения бесперебойного электроснабжения в ночное время и в пиковое время аккумуляторы должны соответствовать среднему суточному потреблению базы отдыха. При расчетном ежедневном потреблении 500 кВт·ч в пик сезона аккумулятор емкостью 200 кВт·ч обеспечивает необходимое покрытие части потребностей, в то время как оставшаяся мощность при необходимости может быть получена из сети.

Литий-ионные аккумуляторы с 80%-ной глубиной разряда обеспечивают полезную мощность около 160 кВт·ч, покрывая основные потребности в непиковые солнечные часы. При необходимости можно добавить дополнительные аккумуляторы по мере роста спроса в будущем.

Выбор инвертора и его эффективность.

Инверторы подбираются в соответствии с выходной мощностью фотоэлектрических панелей и обеспечивают эффективное преобразование электроэнергии.

Мощность инверторов составляет приблизительно 100 кВт, что соответствует максимальной мощности устанавливаемых фотоэлектрических панелей. Данная конфигурация предотвращает потери энергии в часы пиковой выработки солнечной энергии.

При коэффициенте преобразования около 95-98% инвертор обеспечивает минимальные потери энергии в процессе преобразования постоянного тока в переменный.

Экономия электроэнергии.

Экономия средств оценивается исходя из снижения зависимости от сети и использования солнечной энергии в часы работы базы отдыха.

За счет покрытия дневного потребления и накопления избыточной энергии солнечная электростанция снижает потребление электроэнергии из сети примерно на 60–70%, что приводит к экономии на коммунальных платежах.

При средних тарифах на электроэнергию и с учетом снижения пикового потребления солнечная электростанция, по прогнозам, позволит экономить от 800 000 до 1 000 000 рублей в год. Такая экономия вносит значительный вклад в финансовую устойчивость проекта, повышая рентабельность инвестиций.

Прогнозируемые показатели эффективности системы:

- годовая выработка солнечной энергии 140 000–150 000 кВт·ч,
- ёмкость аккумулятора 200 кВт·ч с 80% DoD,
- годовая экономия средств: от 800 000 до 1 000 000 рублей;

С учётом потенциальных государственных субсидий и региональных грантов эта оценка включает капиталовложения, операционную экономию и скорректированный срок окупаемости, отражающий то, как финансовая помощь может ускорить возврат инвестиций.

Первоначальные инвестиции и структура затрат.

Общая стоимость внедрения солнечной электроэнергии включает солнечные панели, аккумуляторы, инверторы, установку и любые необходимые изменения в инфраструктуре. Структура затрат выглядит следующим образом:

- солнечные панели потребуют около 50–60% от общей стоимости; для системы мощностью 100 кВт стоимость панелей оценивается в 5 000 000 рублей;
- при использовании литий-ионной аккумуляторной батареи емкостью 200 кВт·ч для хранения энергии в ночное время стоимость составляет около 2 000 000 рублей;
- стоимость инверторов и системы управления оценивается в 1 000 000 рублей;

- оплата труда, подключение к сети и модификация конструкции оценивается в 1 000 000 рублей.

Таким образом, общая стоимость проекта составляет 9 000 000 рублей.

Благодаря усилению государственной поддержки возобновляемых источников энергии в России, несколько федеральных и региональных программ предоставляют финансовую помощь для ускорения внедрения систем возобновляемой энергетики[14].

Существенную помощь могут оказать федеральные субсидии на возобновляемые источники энергии: Правительство предлагает субсидии, покрывающие до 30% затрат на проекты в области возобновляемой энергетики. Если применить это к базе отдыха «Золотые пески», это сократит инвестиции примерно на 2 700 000 рублей.

Другим дополнительным источником финансирования могут быть различные гранты. Региональные гранты Самарской области, связанные возобновляемыми источниками энергии могут дополнительно покрыть 10–15% от общей стоимости. По примерной оценке, это дополнительное финансирование может сократить расходы на 900 000 рублей.

С учетом этих субсидий и грантов общая первоначальная инвестиция сократится на 3 600 000 рублей, а конечная стоимость составит 5 400 000 рублей.

Эксплуатационные расходы и техническое обслуживание.

Текущие эксплуатационные расходы, включая регулярное техническое обслуживание солнечной электростанции и замену аккумуляторов (предполагаемую каждые 10–15 лет), оцениваются в 50 000 рублей в год. Эти расходы невелики по сравнению с обслуживанием традиционных источников электроэнергии, что позволяет увеличить долгосрочную финансовую выгоду от солнечной электростанции[16].

Годовая экономия.

Ожидается, что система будет вырабатывать около 117 895 кВт·ч в год, покрывая около 60% энергетических потребностей базы отдыха. При текущей

стоимости электроэнергии в сети 5 рублей за кВт·ч это обеспечит годовую экономию в размере 587 475 рублей.

После проведенных исследований и расчетов примерный срок окупаемости равен 9-ти годам.

3.4 План реализации проекта модернизации системы электроснабжения

Цель состоит в том, чтобы обеспечить плавную интеграцию новой энергетической инфраструктуры, оптимизировать энергопотребление и подтвердить ожидаемую экономию затрат и выгоды от устойчивого развития. Эта работа включает несколько этапов:

- проектирование и оценка целесообразности технических решений;
- закупка и установка оборудования;
- ввод в работу и тестирование;
- мониторинг в процессе эксплуатации.

На этом начальном этапе завершается разработка подробных технических характеристик системы солнечной энергии, включая мощность солнечных панелей, варианты аккумуляторных батарей и интеграцию с существующей сетевой инфраструктурой. Инженерные бригады оценивают факторы, характерные для конкретного участка, такие как наличие солнечного света, ориентация и потенциальное затенение. Цель состоит в том, чтобы оптимизировать расположение системы для достижения максимальной эффективности и рентабельности.

После завершения проектирования начинается процесс закупки солнечных панелей, инверторов, аккумуляторов и вспомогательного оборудования. Для обеспечения совместимости и эффективности все компоненты будут соответствовать установленным техническим требованиям. Установка будет выполняться поэтапно, чтобы свести к минимуму перебои в работе центра, начиная с установки солнечных панелей, а затем системы хранения энергии и блоков управления.

После установки система будет протестирована для обеспечения бесперебойной интеграции с существующей инфраструктурой. Программное обеспечение для управления и мониторинга будет откалибровано для отслеживания выработки энергии, уровней хранения и потребления в режиме реального времени. Этот этап также будет включать обучение персонала на месте эксплуатации процедурам обслуживания и мониторинга системы.

Заключительный этап включает комплексный мониторинг для оценки эффективности системы в сравнении с первоначальными прогнозами. Для проверки эффективности системы будут оцениваться экономия энергии, эксплуатационные расходы и снижение зависимости от сети. Собранные на этом этапе данные будут использоваться для корректировки настроек, оптимизации работы и составления подробного отчёта для заинтересованных сторон.

Ожидается, что пилотное исследование подтвердит потенциал гибридной системы в снижении затрат на электроэнергию. Результаты этого исследования будут использованы для внесения окончательных корректировок в систему, особенно в отношении ёмкости накопителя, стратегий управления энергией и графика технического обслуживания. В конечном итоге пилотный проект предоставит доказательства, необходимые для того, чтобы убедиться, что полномасштабная реализация соответствует прогнозируемым выгодам или превосходит их.

В таблице 24 представлен план реализации пилотного исследования.

Таблица 24 – Этапы реализации пилотного исследования

Этап	Описание	Сроки	Ответственные	Необходимые ресурсы
1	Исследование и выбор места установки	Январь 2025	Команда инженеров	Документация, оборудование
2	Установка панелей и аккумуляторов	Февраль – Март 2025	Строители, инженеры	Панели, инверторы, системы хранения
3	Подключение к сети и тестирование системы	Апрель 2025	Инженеры, техники	Данные о потреблении и производительности
4	Оценка эффективности и анализ результатов	Май-Июнь 2025	Экспертная группа	Данный о потреблении и производительности
5	Подготовка отчета по результатам проекта	Июль 2025	Команда исследователей	Компьютеры, ПО для анализа данных

На рисунке 17 представлен график прогнозируемых результатов пилотного исследования.

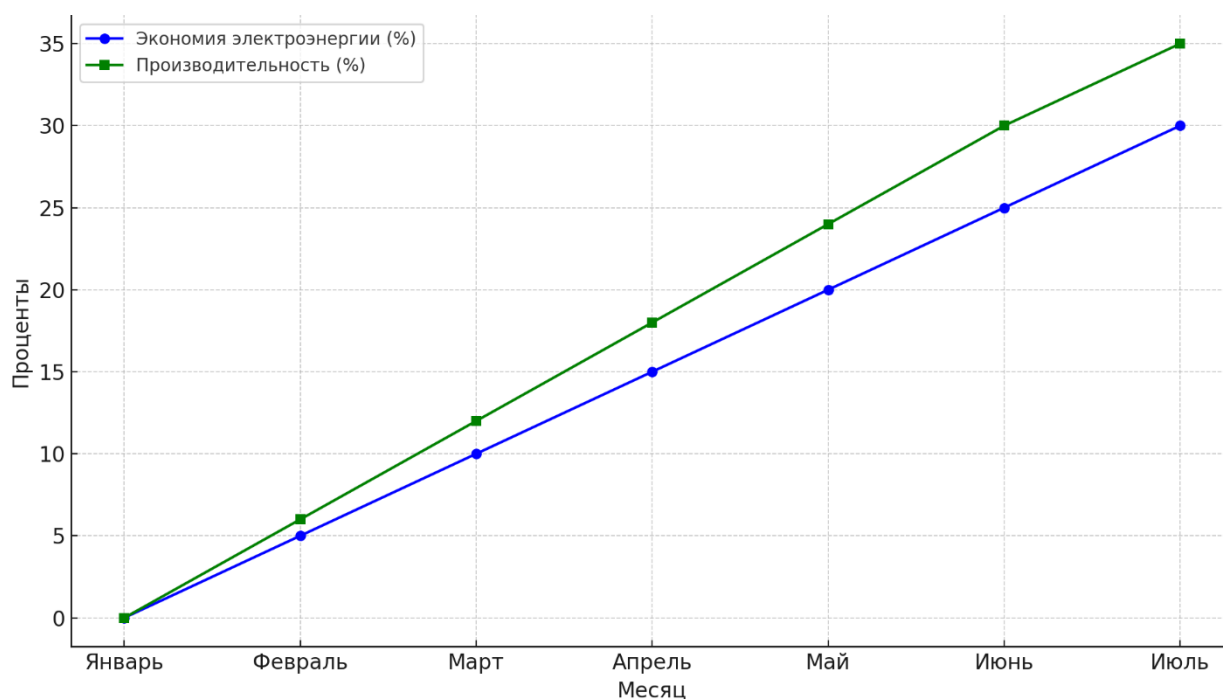


Рисунок 17 – График прогнозируемых результатов пилотного исследования.

Таким образом, в диссертации была разработана модернизированная система электроснабжения базы отдыха "Золотые пески", основанная на интеграции возобновляемых источников энергии, прежде всего на солнечной энергии совместно с традиционными источниками. Из других видов альтернативной энергетики наибольший практический интерес представляет ветровая. Несмотря на весьма средние показатели среднегодовой скорости ветра, на границе раздела воды и суши можно ожидать дополнительного движения воздушных масс вследствие неравномерности прогрева и остывания поверхности. Также может найти применение и биоэнергетика, поскольку на базе производится значительное количество пищевых отходов, пригодных для производства биогаза, а из отходов древесины могут вырабатываться топливные пеллеты.

Для достижения наибольшей эффективности был предложен подход, включающий в себя не только солнечные панели, но и аккумулятор, обеспечивая надежное электроснабжение в периоды высокого

энергопотребления или в ночное время. Была рассмотрена солнечная электростанция мощностью 100 кВт, которая позволят снизить затраты на электроэнергию.

Прогнозируемые показатели работы системы подтверждают эффективность как с технической, так и с экономической точки зрения. Прибыльность проекта, включая государственные субсидии и гранты, была подтверждена расчётами. В долгосрочной перспективе проект будет прибыльным и приведёт к значительному снижению эксплуатационных расходов на объекте.

Предлагаемая система соответствует целям модернизации и демонстрирует высокую энергетическую и экономическую эффективность подтверждённую расчётами и прогнозами, приведёнными в данной работе.

Заключение

В данной магистерской диссертации были рассмотрены и решены основные задачи, связанные с модернизацией системы электроснабжения на базе отдыха «Золотые пески» путём интеграции возобновляемых источников энергии, в частности солнечной энергии. Первым шагом было проведение комплексной оценки действующей системы электроснабжения в центре отдыха «Золотые пески». Это включало в себя проверку технического состояния оборудования, выявление неэффективных элементов и определение областей, требующих улучшения. Анализ показал, что существующая инфраструктура, основанная на устаревшем оборудовании советской эпохи, подвержена потерям электроэнергии и требует частого технического обслуживания. Эти факторы приводят к высоким эксплуатационным расходам и ограничивают энергетическую независимость объекта.

Оценка моделей энергопотребления и сезонных колебаний показала, что потребление электроэнергии значительно выше в летние месяцы, особенно с увеличением числа туристов. Выявление этих сезонных колебаний было необходимо для проектирования системы электроснабжения, которая могла бы эффективно справляться с переменными нагрузками в течение всего года. Эта задача позволила получить важные данные для определения размеров предлагаемой системы солнечной энергии и решений по хранению энергии.

Для изучения возможностей возобновляемых источников энергии в регионе была проведена тщательная оценка потенциала солнечной энергии в Самарской области с учётом таких факторов, как уровень солнечной радиации, климатические условия и географические особенности. Анализ подтвердил, что солнечная энергия является жизнеспособным источником энергии для региона с достаточным количеством солнечного света в периоды пиковой нагрузки. Это открытие легло в основу решения о включении солнечных панелей в предлагаемую гибридную энергетическую систему, поскольку было установлено, что это технически осуществимо и полезно для окружающей среды.

После проведенного технического и экономического анализа предлагаемых решений была предложена гибридная система солнечной энергии, состоящая из солнечных панелей, накопителей энергии (аккумуляторов) и интегрированная с существующей электросетью. Технический анализ включал расчёт оптимального размера солнечной батареи, ёмкости аккумуляторов и других компонентов системы с учётом особенностей энергопотребления и условий окружающей среды. Экономический анализ включал расчёт первоначальных инвестиций, эксплуатационных расходов и срока окупаемости предлагаемой системы. Результаты показали, что инвестиции в солнечную энергетику со временем приведут к значительной экономии средств, а срок окупаемости составит примерно 5–7 лет. Гибридная система сократит расходы на электроэнергию на 40%, что сделает её экономически выгодным решением для центра отдыха.

Практическая значимость этой работы заключается в том, что она применима к аналогичным туристическим объектам, особенно расположенным в отдалённых или экологически уязвимых регионах. Интеграция солнечной энергии в энергетическую инфраструктуру центра отдыха «Золотые пески» не только повышает энергетическую безопасность, но и снижает эксплуатационные расходы, что делает её экономически привлекательным решением. Кроме того, используя возобновляемые источники энергии, центр может внести свой вклад в достижение целей устойчивого развития, таких как сокращение выбросов углекислого газа и развитие экологически ответственного туризма.

Научная новизна исследования заключается в индивидуальном подходе к проектированию гибридных солнечных электростанций для объектов с нестабильным энергопотреблением, таких как туристические центры. Предложенная конструкция системы является инновационной благодаря интеграции солнечной энергии и аккумуляторных батарей для обеспечения стабильного энергоснабжения как в часы пиковой нагрузки, так и в непиковые часы. Кроме того, конструкция системы учитывает региональные климатические условия и конкретные потребности центра отдыха, что

позволяет более точно оценить целесообразность и эффективность энергетической системы.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на дальнейшее совершенствование математических моделей, используемых для расчёта экономической эффективности и потенциала выработки энергии гибридными солнечными системами. Проведение пилотных проектов позволит протестировать предложенную систему в реальных условиях и получить ценные данные о производительности системы, экономии энергии и эксплуатационных проблемах. Кроме того, изучение интеграции других возобновляемых источников энергии, таких как энергия ветра или биомассы, может стать направлением будущих исследований, направленных на повышение устойчивости и эффективности гибридных энергетических систем.

В заключение отметим, что данное исследование представляет собой комплексное решение для модернизации системы энергоснабжения в центре отдыха «Золотые пески» с упором на интеграцию солнечной энергии в качестве ключевого источника возобновляемой энергии. Гибридная энергетическая система обеспечивает значительные экономические и экологические преимущества, в том числе экономию средств, снижение энергетической зависимости и уменьшение углеродного следа. Результаты этого исследования представляют ценность не только для центра отдыха, но и для других туристических объектов, стремящихся внедрить решения на основе возобновляемых источников энергии, что способствует более устойчивому и энергоэффективному будущему туристической отрасли.

Список используемых источников

1. Белов А. А. Системы накопления энергии для возобновляемых источников / Журнал устойчивого развития энергетики. — 2021. — № 3. — С. 12-19.
2. Беляев И. А., Корнилов В. П. Прогнозирование затрат и эффективности систем накопления энергии / Энергетические исследования. — 2023. — № 4. — С. 28-34.
3. Васильев Р. Н., Андреев П. Ю. Перспективы развития солнечной энергетики в России / Энергетическая политика и экономика. — 2021. — № 10. — С. 64-70.
4. Васильева И. В. Применение солнечных технологий в системах электроснабжения объектов / Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. — 2020. — № 1. — С. 30-35.
5. Громов П. И. Сравнение энергосистем с солнечными и традиционными источниками энергии / Альтернативная энергетика. — 2020. — № 6. — С. 12-18.
6. Иванов М. П., Кузнецов А. Б. Проектирование солнечных энергетических систем для удаленных объектов / Альтернативная энергетика и экология. — 2021. — № 9. — С. 33-40.
7. Карпов М. С. Солнечные панели и аккумуляторные системы: оптимизация выбора / Энергосберегающие технологии. — 2020. — № 4. — С. 10-17.
8. Климов С. Б. Моделирование и оценка эффективности гибридных систем электроснабжения / Вестник МЭИ. — 2021. — № 3. — С. 49-57.
9. Кузнецов В. С., Лебедев Н. Г. Сравнительный анализ эффективности солнечных систем для различных климатических зон / Вестник энергетики и экологии. — 2023. — № 2. — С. 25-30.
10. Лазарев В. А., Петров Ю. В. Современные технологии в области возобновляемых источников энергии / Энергетика России. — 2022. — № 4. — С. 45-52.

11. Мищенко И. А. Технические особенности эксплуатации солнечных электростанций в России / Вестник научных исследований. — 2022. — № 7. — С. 51-58.
12. Морозов Л. А. Интеграция солнечных панелей в энергообеспечение туристических объектов / Экономика и управление в туризме. — 2020. — № 5. — С. 39-45.
13. Новиков В. К. Энергетическая стратегия России до 2035 года: возможности возобновляемых источников / Журнал энергетики и экологии. — 2019. — № 8. — С. 15-20.
14. Петров О. В., Алексеев Н. М. Роль возобновляемой энергетики в модернизации электрических сетей / Электричество. — 2023. — № 6. — С. 10-18.
15. Попов Е. И. Анализ затрат и окупаемости проектов солнечных электростанций / Энергосбережение и энергетика. — 2022. — № 7. — С. 34-42.
16. Седов Е. И. Государственная поддержка проектов в области возобновляемой энергетики / Энергетическая политика России. — 2021. — № 5. — С. 70-76.
17. Сергеева М. Ю. Влияние солнечных станций на стабильность энергетических систем / Энергетика и технологии. — 2022. — № 6. — С. 24-31.
18. Смирнов Д. С. Эффективность использования солнечной энергии в климатических условиях России / Энергетические системы и управление. — 2020. — № 2. — С.
19. Соколов М. Н., Рыбаков П. О. Оценка воздействия климатических условий на эффективность солнечных систем / Вестник СПбГЭУ. — 2022. — № 1. — С. 44-52.
20. Шилов И. Н., Тихонов Г. А. Потенциал солнечной энергетики в регионах России / Известия РАН. Энергетика. — 2019. — № 11. — С. 98-104.
21. Chatzopoulou M., Papanikolaou A. Feasibility of Solar Energy Systems in Islands: Case Study. — Renewable Energy. — 2022. — Vol. 175. — P. 95-103.

22. Chang Y., Chen T. Optimization of Hybrid Energy Systems for Seasonal Demand Fluctuations. — International Journal of Energy Research. — 2023. — Vol. 47. — P. 334-342.
23. Eicker U., Rösler H. Energy Storage and Hybrid Systems. — Journal of Energy Storage. — 2020. — Vol. 27. — P. 100-110.
24. Frangopoulos C. A. Hybrid Renewable Energy Systems for Sustainable Development — Energy. — 2019. — Vol. 189. — P. 285-296.
25. Kim S., Park J. Comparative Study of Solar and Hybrid Power Systems in Remote Areas. — Energy Reports. — 2022. — Vol. 8. — P. 145-153.
26. Lior N. A Comprehensive Review of Hybrid Solar–Wind–Battery Systems. — Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2021. — Vol. 150. — P. 111-118.
27. Olufemi O. Solar Power for Off-Grid Applications: Case Studies and Technological Approaches. — Journal of Cleaner Production. — 2020. — Vol. 258. — P. 120-128.
28. Smith J., Green D. Advancements in Energy Storage Technologies for Solar Energy Integration. — Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2021. — Vol. 135. — P. 110-120.
29. Torres C., Carrasco J. A. The Role of Hybrid Renewable Systems in Rural Electrification: Case Studies. — Energy for Sustainable Development. — 2020. — Vol. 55. — P. 60-70.
30. Yang L., Liu C. Economic Viability and Environmental Benefits of Solar Hybrid Systems. — Renewable Energy. — 2021. — Vol. 164. — P. 1265-1273.