

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения имени А.Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

Нұржігіт Нұрсұлтан Қайратұлы

Создание автономной системы тепло- и электроснабжения для децентрализованного объекта

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6В07101– Энергетика

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Каззахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения имени А.Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНИТУ им.К.И.Сатпаева»
Институт энергетики
и машиностроения

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой «Энергетика»
PhD, ассоциированный профессор
Е.А. Сарсенбаев
«15» 06 2024 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Создание автономной системы тепло- и электроснабжения для
децентрализованного объекта»

6B07101– Энергетика

Выполнил:

Нуржігіт Н.К.

Рецензент

к.т.н., доцент АУЭС им. Г. Даукеева

К.О. Ғали

«17» 06 2024 г.

Научный руководитель

к.т.н., ассоциированный профессор

Е. Хидолда

«15» 06 2024 г.

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетика и машиностроения имени А.Буркитбаева

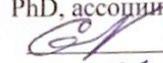
Кафедра «Энергетика»

6B07101– Энергетика

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой «Энергетика»

PhD, ассоциированный профессор

 Е.А. Сарсенбаев

«25» 01 2024 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Нуржігіт Нұрсұлтанұ Қайратұлы

Тема: Создание автономной системы тепло- и электроснабжения для децентрализованного объекта

Утверждена приказом Проректора по академическим вопросам №548-П/О от "4" декабря 2023г.

Срок сдачи законченной работы «15» июня 2024г.

Исходные данные к дипломной работе: Местоположение – Улытауская область. План дома (Рисунок 1), количество КРС в коровнике – 30 голов. Электрические нагрузки (Таблицы 10 и 11). Диапазон среднемесячных температур воздуха: -13,8 °С - +30,3 °С, диапазон среднесуточного количества солнечных часов: 3,8-13 ч, минимальная среднемесячная скорость ветра – 4,1 м/с.

Краткое содержание дипломной работы:

а) Теплоснабжение дома;

б) Определение электрических нагрузок объекта;

в) Электроснабжение объекта;

г) Выбор кабелей;

д) Выбор защитной аппаратуры.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

а) План дома;

б) Мнемосхема отопления дома;

в) Мнемосхема электроснабжения объекта;

г) План электроснабжения объекта;

д) Электрическая схема объекта.

Представлены 16 слайдов презентации работы.

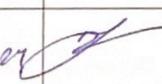
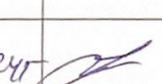
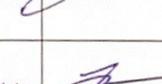
Рекомендуемая основная литература: из 15 наименований учебных материалов

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Расчет теплоснабжения дома	05.02.2024	—
Определение электрических нагрузок объекта	11.03.2024	—
Расчет электроснабжения объекта	10.04.2024	—
Выбор кабелей	13.05.2024	—
Выбор защитной аппаратуры	20.05.2024	—

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Расчет теплоснабжения дома	Е. Хидолда, к.т.н., ассоциированный профессор	05.05.24	
Определение электрических нагрузок объекта	Е. Хидолда, к.т.н., ассоциированный профессор	05.05.24	
Расчет электроснабжения объекта	Е. Хидолда, к.т.н., ассоциированный профессор	20.05.24	
Выбор кабелей	Е. Хидолда, к.т.н., ассоциированный профессор	10.06.24	
Выбор защитной аппаратуры	Е. Хидолда, к.т.н., ассоциированный профессор	10.06.24	
Нормоконтролер	А.О. Бердибеков, магистр, старший преподаватель		

Научный руководитель



Е. Хидолда

Задание принял к исполнению обучающийся



Н.К. Нұржігіт

Дата

" 15 " 02 20 24.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе были выбраны фотоэлектрические модули, ветрогенераторы и дизельный генератор для системы электроснабжения и солнечные коллекторы, твердотопливный котел, тепловые кабели и бойлер для системы теплоснабжения фермерского хозяйства.

Произведены расчеты электрических мощностей фотоэлектрических модулей, ветрогенераторов и дизельного генератора. Определены емкости аккумуляторных батарей и установленные мощности электропотребителей. Также произведены расчеты тепловых мощностей солнечных коллекторов, твердотопливного котла, тепловых кабелей и бойлера. Определены объем радиаторов и требуемое количество теплоты дома.

Выполнена графическая часть, описывающая основные результаты работы.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста электр-энергиямен жабдықтандыру жүйесіне арналған фотоэлектрлік модульдер, жел генераторлары және дизель генераторы, сонымен қатар, күн коллекторлары, қатты отынға арналған қазан, жылу кабельдері және ферманы жылумен жабдықтау жүйесіне арналған бойлер таңдалды.

Фотоэлектрлік модульдердің, жел генераторларының және дизель генераторының электр қуатының есептеулері жүргізілді. Аккумуляторлық батареялардың сыйымдылығы және электр тұтынушылардың белгіленген қуаты анықталды. Сондай-ақ, күн коллекторларының, қатты отынға арналған қазанның, жылу кабельдерінің және бойлердің жылу қуатының есептеулері жүргізілді. Радиаторлардың көлемі және үйдің қажетті жылу мөлшері анықталды.

Жұмыстың негізгі нәтижелерін сипаттайтын графикалық бөлім орындалды.

ANNOTATION

In this thesis project, photovoltaic modules, wind turbines and diesel generator for the power supply system and solar collectors, solid fuel boiler, heat cables and boiler for the heat supply system of the farm were selected.

The electrical capacities of photovoltaic modules, wind generators and diesel generator have been calculated. Battery capacities and installed capacities of electric consumers were determined. The thermal capacities of solar collectors, solid fuel boiler, heat cables and boiler were also calculated. The volume of radiators and the required amount of heat of the house are determined.

A graphical part describing the main results of the project was made.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	
1	Общая часть	8
1.1	Актуальность применения возобновляемых источников энергии	8
1.2	Возобновляемые источники энергии	8
2	Теплоснабжение дома	10
2.1	Выбор радиаторов	11
2.2	Выбор солнечных коллекторов	15
2.3	Принцип работы отопления при отсутствии солнца	22
2.4	Расчет тепловых кабелей	23
2.5	Выбор бойлера для горячей воды	24
3	Определение электрических нагрузок объекта	26
4	Электроснабжение объекта	29
4.1	Выбор АКБ	30
4.2	Выбор фотоэлектрических модулей	32
4.3	Выбор ветрогенераторов	33
4.4	Выбор выпрямителя тока ВЭУ	35
4.5	Выбор гибридного инвертора	35
4.6	Выбор дизельного генератора	36
4.7	Выбор АВР для дизельного генератора	36
4.8	Заключительная электрическая схема объекта	36
5	Выбор кабелей	38
6	Выбор защитной аппаратуры	40
6.1	Выбор УЗО для СЭС	40
6.2	Выбор автоматических выключателей	40
	Заключение	41
	Список использованной литературы	42

ВВЕДЕНИЕ

Создание автономных систем теплоснабжения и электроснабжения для децентрализованных объектов, таких как фермы, является важной и актуальной задачей в условиях растущих требований к энергетической независимости и устойчивому развитию. Удаленные фермерские хозяйства часто сталкиваются с проблемами ограничения доступа к централизованным энергетическим сетям, что требует разработки эффективных и надежных решений для обеспечения их энергетических потребностей.

Цель данной дипломной работы заключается в разработке проекта автономной системы, способной обеспечить ферму необходимым теплом и электричеством. В основе подхода лежит использование возобновляемых источников энергии и современных технологий, обеспечивающих высокую энергоэффективность и минимальное воздействие на окружающую среду.

Для обеспечения теплоснабжения фермы будет использован комплекс различных технологий, включая использование солнечной энергии для подогрева воды и поддержания оптимальной температуры в зданиях, а также использование надежных и экономичных источников тепла на основе местных видов топлива. Дополнительные меры будут направлены на предотвращение промерзания критически важных участков и обеспечение постоянного доступа к горячей воде.

Электроснабжение фермы будет организовано на основе использования возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия. Эти решения обеспечат ферму стабильным и экологически чистым электричеством, а системы накопления энергии позволят поддерживать непрерывность электроснабжения даже при изменении погодных условий. В качестве резервного источника энергии будет предусмотрено использование традиционных генераторов, что обеспечит надежность системы в экстренных случаях.

Проектирование автономной системы включает детальный анализ и расчет всех компонентов, что позволит создать оптимальное решение с точки зрения экономической целесообразности, энергоэффективности и экологической безопасности. Реализация предложенного проекта позволит фермам повысить свою энергетическую независимость, сократить эксплуатационные расходы и внести вклад в охрану окружающей среды.

1 Общая часть

1.1 Актуальность применения возобновляемых источников энергии

У Вас есть удаленный объект, но нет возможности подключить его к линии электропередач (ЛЭП)? Или подключение к централизованным электросетям слишком дорогое? Возможно, стоит сравнить два варианта: электроснабжение от ЛЭП и автономное электроснабжение?

Расчеты показали, что, если суммарная мощность ваших потребителей не превышает нескольких киловатт, а расстояние до ближайшей точки подключения к централизованной электросети составляет несколько сотен метров или более, автономная система электроснабжения может быть выгоднее подключения к сетям.

При подключении к централизованным электросетям вам придется оплатить стоимость подключения, прокладки низковольтной ЛЭП и потребляемую электроэнергию по тарифам энергосетей. Если Вы сможете разделить эти расходы с другими пользователями, это снизит затраты, но в противном случае потребуется значительное количество денег.

Альтернативный вариант – установка автономной системы электроснабжения. Преимущества этого решения включают отсутствие необходимости платить за подключение и строительство ЛЭП, независимость от тарифов на электроэнергию и возможность вырабатывать электричество по своему усмотрению. Однако, это требует времени на техническое обслуживание и ремонт оборудования. Особенно это касается систем с дизельными или бензоэлектрическими генераторами, которые используются в качестве основного или резервного источника энергии. Необходимо будет следить за состоянием аккумуляторов. Минимальное обслуживание требуется для фотоэлектрических панелей и ветряных установок.

1.2 Возобновляемые источники энергии

Что делать, если ЛЭП находится слишком далеко, и ее подключение либо невозможно, либо слишком затратно?

В таком случае, рекомендуется установить систему, использующую возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

Если в вашем регионе много солнечных дней или часто дуют сильные ветра, то электроснабжение вашего дома от возобновляемых источников может оказаться дешевле, чем прокладка и подключение ЛЭП, даже при текущих ценах.

Мы предлагаем системы электроснабжения, работающие от следующих источников:

- Солнечные фотоэлектрические панели;
- Ветроэлектрические установки различной мощности.

А что делать, если ЛЭП вообще нет, и ее подведение либо невозможно, либо стоит очень дорого? В этом случае наша система будет включать:

- Источник бесперебойного питания (ИБП) с контроллером заряда;
- Аккумуляторную батарею;
- Резервный дизельный генератор;
- Фотоэлектрические панели и ветроэлектрическую установку.

Добавление резервного дизельного генератора (ДГ) решает несколько задач:

- Во-первых, он служит резервным источником электроснабжения;
- Во-вторых, ДГ может быстро зарядить аккумуляторную батарею, если ее заряд опустился до критического уровня. При этом генератор будет работать с максимальной эффективностью, что минимизирует расход топлива;
- В-третьих, генератор позволяет кратковременно питать крупные нагрузки, такие как стиральные машины, производственные инструменты или уютюги. В таких случаях Вы включаете генератор и питаете нагрузку непосредственно от него.

2 Теплоснабжение дома

В современном мире эффективное и надежное теплоснабжение дома играет важную роль в обеспечении комфортной жизни. Важно иметь систему отопления, которая не только создает уют и тепло, но и является экономически выгодной и экологически безопасной.

Процесс расчета и выбора оборудования для теплоснабжения требует тщательного анализа различных факторов. Эти факторы включают климатические условия региона, размеры и теплопотери здания, а также предпочтения владельцев относительно энергоэффективности и уровня автоматизации. В этом разделе мы рассмотрим основные этапы расчета и выбора оборудования для оптимального теплоснабжения дома, а также обсудим ключевые технологии и решения для максимальной эффективности и комфорта.

Для отопления дома (рис. 1) будут использоваться радиаторы и тепловые кабели. Горячую воду будут обеспечивать бойлер и солнечные коллекторы. Тепловые кабели будут питаться от автономной системы, включающей солнечные панели, ветряные установки и дизельный генератор.

Радиаторы будут установлены в двух спальнях, ванной комнате и кухне-гостиной. Тепловые кабели будут размещены в тамбуре, холле, ванной комнате и санузле.

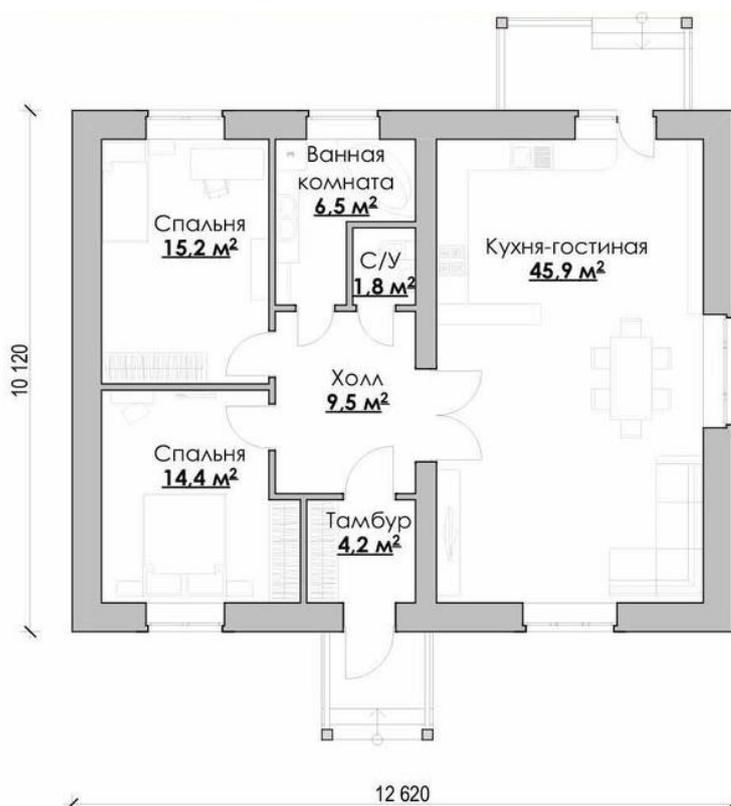


Рисунок 1 – План дома фермеров

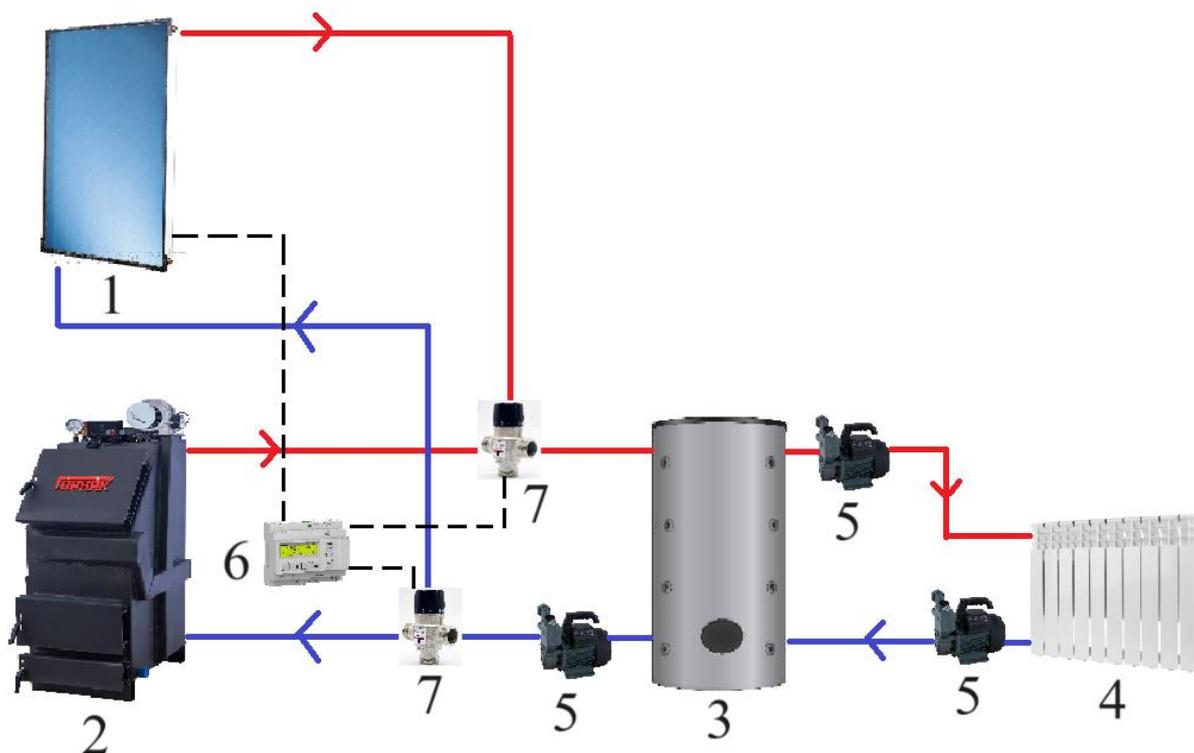


Рисунок 2 – Мнемосхема отопления дома

На рис. 2 указана схема отопления дома, состоящая из: 1 – солнечные коллекторы; 2 – твердотопливный котел; 3 – буферная емкость; 4 – радиаторы; 5 – насосы; 6 – контроллер; 7 – трехходовые клапаны с терморегулятором.

Далее в следующих четырех подпунктах будет проведен расчет, связанный с отоплением дома.

2.1 Выбор радиаторов

При проектировании систем отопления важнейшим этапом является расчет мощности отопительных приборов. Этот результат существенно влияет на выбор радиаторов.

На сегодняшний день наиболее популярны батареи, состоящие из соединенных между собой секций. В этом подпункте мы рассмотрим, как правильно рассчитать количество секций радиатора.

Для точного расчета используются специальные коэффициенты, которые могут увеличивать (коэффициент увеличения) или уменьшать (коэффициент понижения) минимальную мощность радиатора, необходимую для обогрева помещения.

Существует множество факторов, влияющих на мощность отопительных приборов, но мы будем использовать только те, которые легко вычислить и применять. Коэффициенты зависят от следующих параметров помещения:

Высота потолков:

- 1) При высоте в 2,5 м коэффициент составляет 1;
- 2) При 3м – 1,05;
- 3) При 3,5м – 1,1;
- 4) При 4м – 1,15.

Тип остекления окон в помещении:

- 1) Простое двойное стекло – коэффициент равен 1,27;
- 2) Стеклопакет из 2 стёкол – 1;
- 3) Тройной стеклопакет – 0,87.

Процентное соотношение площади окна к общей площади помещения (для удобства расчета, разделить площадь окна на площадь помещения и умножить результат на 100%):

- 1) Если результат вычислений равен 50%, берётся коэффициент 1,2;
- 2) 40-50% – 1,1;
- 3) 30-40% – 1;
- 4) 20-30% – 0,9;
- 5) 10-20% – 0,8.

Теплоизоляция стен:

- 1) Низкий уровень теплоизоляции – коэффициент равен 1,27;
- 2) Хорошая теплоизоляция (кладка в два кирпича или утеплитель 15-20см) – 1,0;
- 3) Повышенная теплоизоляция (стена толщиной от 50см или утеплитель от 20см) – 0,85.

Среднее значение минимальной температуры зимой, которая может продержаться неделю:

- 1) -35 градусов – 1,5;
- 2) -25 – 1,3;
- 3) -20 – 1,1;
- 4) -15 – 0,9;
- 5) -10 – 0,7.

Количество наружных (торцевых) стен:

- 1) 1 торцевая стена – 1,1;
- 2) 2 стены – 1,2;
- 3) 3 стены – 1,3.

Тип помещения над отапливаемым помещением:

- 1) Неотапливаемый чердак – 1;
- 2) Отапливаемый чердак – 0,9;
- 3) Отапливаемое жилое помещение – 0,85.

Таким образом, если коэффициент больше единицы, он является повышающим, а если меньше единицы – понижающим. Коэффициент, равный единице, не влияет на итоговый результат. Для проведения расчета нужно умножить каждый коэффициент на площадь помещения и на усредненное значение тепловых потерь на квадратный метр, которое согласно СНиП составляет 100 Вт.

Таким образом, мы имеем формулу:

$$Q_{\text{пом}} = \gamma \cdot S \cdot K_1 \cdot \dots \cdot K_7 \quad (1)$$

где $Q_{\text{пом}}$ – требуемая мощность всех радиаторов для обогрева помещения;

γ – средняя величина теплопотерь на 1 кв. м., т.е. 100Вт;

S – общая площадь помещения;

$K_1 \dots K_7$ – коэффициенты, влияющие на величину тепловых потерь.

Таблица 1 - Параметры комнат, отопляемых радиаторами

Параметры помещения	Спальня №1	Спальня №2	Ванная комната	Кухня-гостиная
Площадь помещения, м ²	15,2	14,4	6,5	45,9
Высота потолка, м	3			
Тип остекления окон в помещении	Простое двойное стекло			
Теплоизоляция стен	двойной кирпич			
Минимальная температура на улице в течение недели подряд, °С	-35			
Количество наружных (торцевых) стен	2	2	1	3
Тип помещения над отапливаемым помещением	неотапливаемый чердак			

Таблица 2 - Коэффициенты комнат, отопляемых радиаторами

Коэффициенты	Спальня №1	Спальня №2	Ванная комната	Кухня-гостиная
K_1 (при высоте потолков)	1,05	1,05	1,05	1,05
K_2 (от типа остекления окон в помещении)	1	1	1	1
K_3 (при проценте площади окна от общей площади помещения)	0,8 (19,7%)	0,9(20,8%)	0,8 (7,7%)	0,8 (19,6%)
K_4 (при теплоизоляции стен)	1	1	1	1

Продолжение таблицы 2

Коэффициенты	Спальня №1	Спальня №2	Ванная комната	Кухня-гостиная
K_5 (при минимальной температуре на улице в течение недели подряд)	1,5	1,5	1,5	1,5
K_6 (от количества наружных стен)	1,2	1,2	1,1	1,3
K_7 (от типа помещения над отопливаемым помещением)	1	1	1	1

Рассчитаем количество секций батареи на спальню №1 площадью 15,2 м² при использовании вышеприведённых коэффициентов:

- Площадь помещения – 15,2 м²;
- Высота потолка – 3м;
- Окно с обычным двойным стеклом; Площадь окна 3 кв. м., т.е. 3/15,2·100 = 19,7%;
- Теплоизоляция – двойной кирпич;
- Минимальная температура на улице в течение недели подряд -35 градусов;
- Две торцевой (внешней) стены;
- Помещение сверху – неотапливаемый чердак.

Теперь заменим буквенные значения на числовые и получим:

$$Q_{\text{пом1}} = 100 \cdot 15,2 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 = 2298,24 \text{ Вт.}$$

Осталось разделить результат на значение мощности одной секции радиатора. Допустим, что она равна 165 Вт:

$$n_1 = \frac{Q_T}{P_p} = \frac{2298,24}{165} = 13,9. \quad (2)$$

Т.е. для обогрева помещения площадью в 15,2 м² и приведёнными коэффициентами тепловых потерь потребуется радиатор с 14 секциями (округлим в большую сторону).

В итоге для спальни №1:

$$Q_{\text{пом1}} = 2298,24 \text{ Вт,}$$

$$n_1 = 13,9 \approx 14.$$

Для спальни №2:

$$Q_{\text{пом}2} = 100 \cdot 14,4 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 = 2449,44 \text{ Вт},$$

$$n_2 = \frac{Q_T}{P_P} = \frac{2449,44}{165} = 14,85 \approx 15.$$

Для ванной комнаты:

$$Q_{\text{пом}3} = 100 \cdot 6,5 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 1 = 982,8 \text{ Вт},$$

$$n_3 = \frac{Q_T}{P_P} = \frac{982,8}{165} = 5,95 \approx 6.$$

Для кухни-гостиной:

$$Q_{\text{пом}4} = 100 \cdot 45,9 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 1 = 6910,08 \text{ Вт},$$

$$n_4 = \frac{Q_T}{P_P} = \frac{6940,08}{165} = 41,88 \approx 42.$$

Таким образом количество секций радиаторов для спальни №1 составляет 18, для спальни №2 - 19, для ванной комнаты - 7 и для кухни-гостиной – 58.

Общее количество секций:

$$n_{\text{общ}} = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 = 14 + 15 + 6 + 42 = 77. \quad (3)$$

Требуемая мощность всех радиаторов для обогрева помещения:

$$Q_{\text{пом}} = P_P \cdot n_{\text{общ}} = 165 \cdot 77 = 12705 \text{ Вт}. \quad (4)$$

2.2 Выбор солнечных коллекторов

Таблица 3 - Объем стандартных секций в зависимости от их высоты

Высота, мм	Объем, л
350	0,2-0,3
500	0,35-0,45
600	0,4-0,5
900	0,6-0,8
1200	0,8-1

Для того, чтобы определить нужный объем антифриза для одной секции, воспользуемся таблицей 3, приведенной выше.

Высота выбранного радиатора – 570 мм. Исходя из этого объем одной секции будет составлять $V_{\text{секц}} = 0,47$ л.

Объем всех секций:

$$V_P = n_{\text{общ}} \cdot V_{\text{секц}} = 77 \cdot 0,47 = 36,2 \text{ л.} \quad (5)$$

Объем труб, идущих от СК к радиаторам, рассчитывается:

$$V_T = l \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 40 \cdot \frac{\pi \cdot 12^2 \cdot 10^{-3}}{4} = 4,5 \text{ л} \quad (6)$$

где l – длина труб, м;

D – диаметр трубы, мм.

$$D = \sqrt{\frac{354 \cdot 0,86 \cdot Q_{\text{пом}}}{\Delta t \cdot \vartheta}} = \sqrt{\frac{354 \cdot 0,86 \cdot 12,705}{30 \cdot 1}} \approx 12 \text{ мм} \quad (7)$$

где Q_T – вырабатываемая тепловая мощность всех радиаторов, кВт;

Δt – разница температур подачи и обратки, °С;

ϑ – скорость теплоносителя, м/с.

За расчет берется труба диаметром 12 мм.

Суммарный объем теплоносителя, греющего солнечными коллекторами:

$$V_{\text{общ}} = V_P + V_T = 36,2 + 4,5 = 40,7 \text{ л.} \quad (8)$$

Масса теплоносителя:

$$m = V_{\text{общ}} \cdot \rho = 40,7 \cdot 1,2 = 48,84 \text{ кг} \quad (9)$$

где m – масса теплоносителя, кг;

ρ – плотность антифриза, кг/л.

Необходимо определить площадь солнечного коллектора для обеспечения отопления в Улытауской области, чтобы поддерживать потребление в количестве m , 48,84 кг в сутки при заданной температуре T_K , 343 К (температура антифриза в батарее) в зимний период с октября по апрель. Нужно рассчитать количество коллекторов n , необходимых для выработки требуемого объема теплоносителя, отдельно для каждого месяца в указанном периоде.

При расчетах и выборе СК температура окружающего воздуха для условий Улытауской области для октября – 9 °С (282 К), ноября – -1 °С (272 К), декабря – -9 °С (264 К), января – -12 °С (261 К), февраля – -11 °С (262 К), марта – -3 °С (270 К), апреля – 12 °С (285 К).

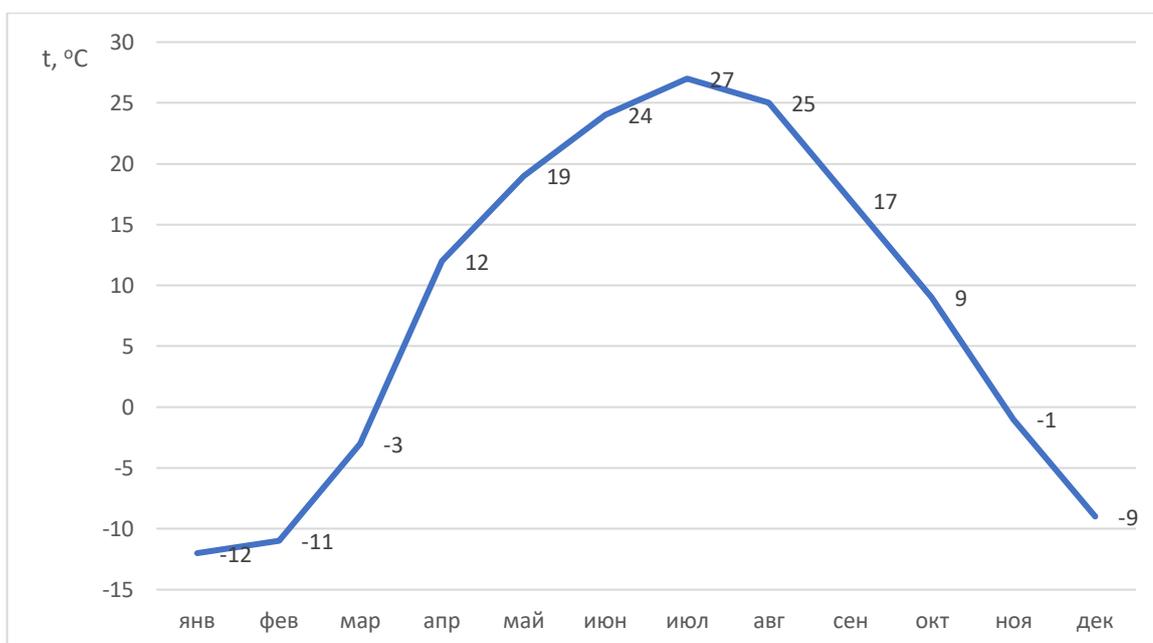


Рисунок 3 – Среднемесячная температура в Улытауской области

Таблица 4 – Исходные данные для расчета СК

Область	Масса теплоносителя, кг	Конечная температура нагрева, °C	Вид стеклянного покрытия СК
Улытауская	48,84	70	двойное

Методика расчета.

1) Необходимо рассчитать количество удельной энергии, которую солнечный коллектор вырабатывает в зимний период в условиях Улытауской области для каждого месяца:

$$Q_{в.уд.i} = K_f \left(H \cdot \tau - \frac{T_{\Pi} - T_{0.c}}{R_{\Pi}} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \right), \text{ МДж/м}^2 \quad (10)$$

где K_f – коэффициент переноса солнечной энергии к жидкости. Этот коэффициент показывает долю теплового потока $Q_{в.уд.}$, передаваемого воде, и в расчетах принимается равным 0,85; H – суммарная солнечная дневная радиация на горизонтальную поверхность; τ – коэффициент пропускания солнечного излучения прозрачным покрытием (с учетом поглощения солнечного излучения поверхностью коллектора принимаем $\tau = 0,8$ для двойного стеклянного покрытия); T_{Π} – температура приемной поверхности коллектора, К; $T_{0.c}$ – температура окружающей среды, К; R_{Π} – термическое сопротивление приемной поверхности типичного коллектора ($R_{\Pi} = 0,22 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ – для двухслойного стекла).

$$Q_{\text{в.уд.окт}} = 0,85(2,42 \cdot 0,8 - \frac{312,5-282}{0,22} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}) = 1,22 \text{ МДж/м}^2,$$

$$Q_{\text{в.уд.ноя}} = 0,85(1,97 \cdot 0,8 - \frac{307,5-272}{0,22} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}) = 0,85 \text{ МДж/м}^2,$$

$$Q_{\text{в.уд.дек}} = 0,85(1,38 \cdot 0,8 - \frac{303,5-264}{0,22} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}) = 0,39 \text{ МДж/м}^2,$$

$$Q_{\text{в.уд.янв}} = 0,85(1,46 \cdot 0,8 - \frac{302-261}{0,22} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}) = 0,42 \text{ МДж/м}^2,$$

$$Q_{\text{в.уд.фев}} = 0,85(1,61 \cdot 0,8 - \frac{302,5-262}{0,22} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}) = 0,53 \text{ МДж/м}^2,$$

$$Q_{\text{в.уд.мар}} = 0,85(2 \cdot 0,8 - \frac{306,5-270}{0,22} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}) = 0,85 \text{ МДж/м}^2,$$

$$Q_{\text{в.уд.апр}} = 0,85(2,35 \cdot 0,8 - \frac{314-285}{0,22} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}) = 1,2 \text{ МДж/м}^2.$$

Суммарная дневная солнечная радиация на горизонтальную поверхность определяется:

$$H = H_0(a + v \frac{S}{S_0}), \text{ МДж/м}^2 \quad (11)$$

где H_0 – коэффициент, принимаемый равным эталонному (атмосферному) значению солнечной радиации ($1360 \text{ Вт/м}^2 = 1,36 \text{ кВт/м}^2$). Учитывая, что $1 \text{ кВт} = 3,6 \text{ МДж}$, для каждого месяца этот коэффициент будет равен $H_0 = 1,36 * 3,6 = 4,9 \text{ МДж/м}^2$; a и v – постоянные коэффициенты для заданного района; S – действительная продолжительность солнечного сияния для заданного района, ч; S_0 – возможная продолжительность солнечного сияния, ч.

$$H_{\text{окт}} = 4,9(0,19 + 0,44 \frac{7,6}{11}) = 2,42 \text{ МДж/м}^2,$$

$$H_{\text{ноя}} = 4,9(0,16 + 0,42 \frac{5,2}{9}) = 1,97 \text{ МДж/м}^2,$$

$$H_{\text{дек}} = 4,9(0,13 + 0,32 \frac{3,8}{8}) = 1,38 \text{ МДж/м}^2,$$

$$H_{\text{янв}} = 4,9(0,15 + 0,28 \frac{4,2}{8}) = 1,46 \text{ МДж/м}^2,$$

$$H_{\text{фев}} = 4,9(0,14 + 0,41 \frac{4,6}{10}) = 1,61 \text{ МДж/м}^2,$$

$$H_{\text{мар}} = 4,9(0,2 + 0,4 \frac{6,2}{12}) = 2 \text{ МДж/м}^2,$$

$$H_{\text{апр}} = 4,9(0,17 + 0,45 \frac{9,6}{14}) = 2,35 \text{ МДж/м}^2.$$

Таблица 5 - Значения коэффициентов a и b Улытауской области

Месяц	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июнь	Июль	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
a	0,15	0,14	0,2	0,17	0,12	0,1	0,18	0,11	0,14	0,19	0,16	0,13
b	0,28	0,41	0,4	0,45	0,54	0,54	0,4	0,48	0,44	0,44	0,42	0,32
$S, ч$	8	10	12	14	15	16	16	14	12	11	9	8

Таблица 6 - Средние значения величины S для Улытауской области

Месяц	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июнь	Июль	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
$S, ч$	4,2	4,6	6,2	9,6	11,9	13	13	12,1	10	7,6	5,2	3,8

Температура приемной поверхности коллектора рассчитывается по выражению:

$$T_{\text{п}} = \frac{T_{\text{ос}} + T_{\text{б}}}{2}, \text{ К} \quad (12)$$

где $T_{\text{б}}$ – температура воды в баке-аккумуляторе к концу дня (в расчетах принимается равной заданной конечной температуре $T_{\text{к}}$).

$$T_{\text{п окт}} = \frac{282 + 343}{2} = 312,5 \text{ К},$$

$$T_{\text{п ноя}} = \frac{272 + 343}{2} = 307,5 \text{ К},$$

$$T_{\text{п дек}} = \frac{264 + 343}{2} = 303,5 \text{ К},$$

$$T_{\text{п янв}} = \frac{261 + 343}{2} = 302 \text{ К},$$

$$T_{\text{п фев}} = \frac{262 + 343}{2} = 302,5 \text{ К},$$

$$T_{\text{п мар}} = \frac{270 + 343}{2} = 306,5 \text{ К},$$

$$T_{\text{п апр}} = \frac{285 + 343}{2} = 314 \text{ К}.$$

2) Определяется количество энергии для нагрева необходимого количества теплоносителя в сутки до заданной температуры для каждого месяца расчетного периода i :

$$Q_{ni} = m \cdot C \cdot (T_K - T_H) \cdot 10^{-3}, \text{ МДж} \quad (13)$$

где m – масса теплоносителя, кг; C – теплоемкость теплоносителя ($C=3,4$ кДж/кг·К); T_K – конечная температура нагрева, К; T_H – начальная температура нагрева (принимается равной температуре окружающей среды для расчетного периода времени).

$$Q_{n \text{ окт}} = 64 \cdot 3,4 \cdot (343 - 282) \cdot 10^{-3} = 13,27 \text{ МДж},$$

$$Q_{n \text{ ноя}} = 64 \cdot 3,4 \cdot (343 - 272) \cdot 10^{-3} = 15,45 \text{ МДж},$$

$$Q_{n \text{ дек}} = 64 \cdot 3,4 \cdot (343 - 264) \cdot 10^{-3} = 17,19 \text{ МДж},$$

$$Q_{n \text{ янв}} = 64 \cdot 3,4 \cdot (343 - 261) \cdot 10^{-3} = 17,84 \text{ МДж},$$

$$Q_{n \text{ фев}} = 64 \cdot 3,4 \cdot (343 - 262) \cdot 10^{-3} = 17,63 \text{ МДж},$$

$$Q_{n \text{ мар}} = 64 \cdot 3,4 \cdot (343 - 270) \cdot 10^{-3} = 15,88 \text{ МДж},$$

$$Q_{n \text{ апр}} = 64 \cdot 3,4 \cdot (343 - 285) \cdot 10^{-3} = 12,62 \text{ МДж}.$$

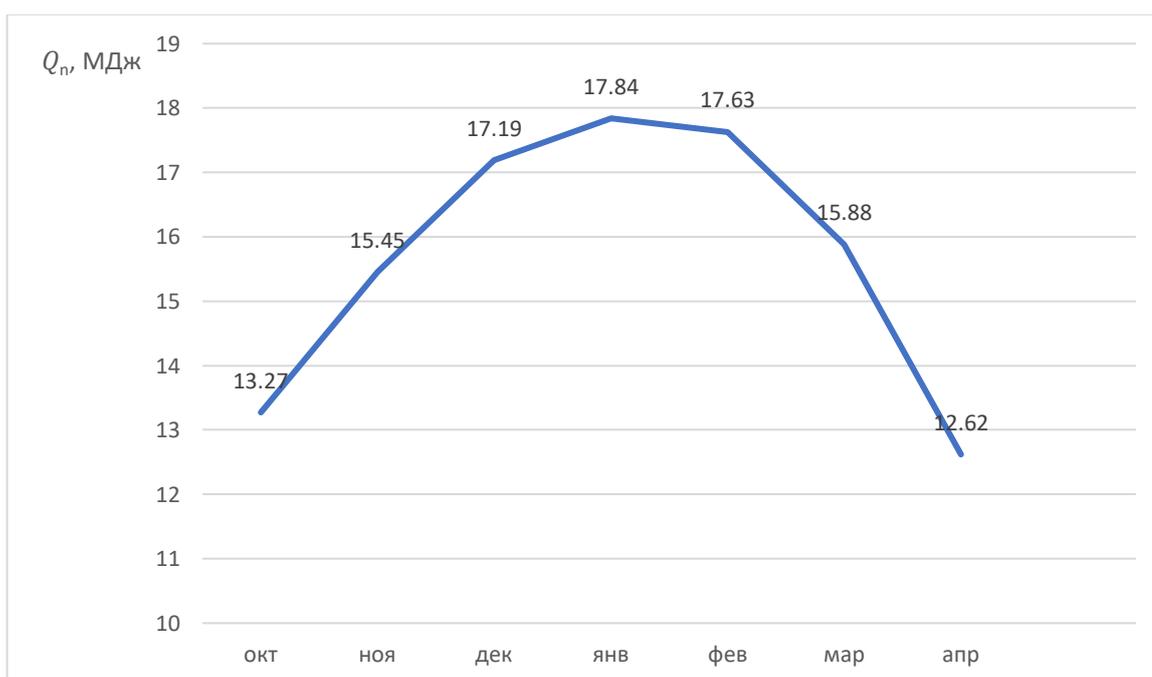


Рисунок 4 – Количество энергии для нагрева необходимого количества теплоносителя в сутки до заданной температуры для каждого месяца расчетного периода i :

3) Площадь солнечного коллектора определяется отношением:

$$P_{CKi} = \frac{Q_{ni}}{Q_{в.уд.i}}, \text{ м}^2, \quad (14)$$

$$P_{\text{СК окт}} = \frac{13,27}{1,22} = 10,88 \text{ м}^2,$$

$$P_{\text{СК ноя}} = \frac{15,45}{0,85} = 18,18 \text{ м}^2,$$

$$P_{\text{СК дек}} = \frac{17,19}{0,39} = 44,08 \text{ м}^2,$$

$$P_{\text{СК янв}} = \frac{17,84}{0,42} = 42,48 \text{ м}^2,$$

$$P_{\text{СК фев}} = \frac{17,63}{0,53} = 33,26 \text{ м}^2,$$

$$P_{\text{СК мар}} = \frac{15,88}{0,85} = 18,68 \text{ м}^2,$$

$$P_{\text{СК апр}} = \frac{12,62}{1,2} = 10,52 \text{ м}^2.$$

4) Исходя из расчетной площади СК, определяется количество коллекторов n для расчетного периода времени использования. Для расчета принимаем площадь одного коллектора 2 м^2 .

$$n_i = \frac{P_{\text{СК}i}}{S_{\text{СК}}}, \quad (15)$$

$$n_{\text{окт}} = \frac{10,88}{2} = 5,44 \text{ шт},$$

$$n_{\text{ноя}} = \frac{18,18}{2} = 9,09 \text{ шт},$$

$$n_{\text{дек}} = \frac{44,08}{2} = 22,04 \text{ шт},$$

$$n_{\text{янв}} = \frac{42,48}{2} = 21,24 \text{ шт},$$

$$n_{\text{фев}} = \frac{33,26}{2} = 16,63 \text{ шт},$$

$$n_{\text{мар}} = \frac{18,68}{2} = 9,34 \text{ шт},$$

$$n_{\text{апр}} = \frac{10,52}{2} = 5,26 \text{ шт}.$$

Для рекомендации к установке принимаем наибольшее количество СК, полученное для каждого из месяцев. Для нашего расчета $n=23$ шт.

2.3 Принцип работы отопления при отсутствии солнца

Когда солнечная энергия недоступна, основным источником тепла в системе отопления становится угольный котел. Этот способ эффективен и надежен, обеспечивая комфорт в помещениях даже при суровых климатических условиях. В процессе работы угольного котла уголь сжигается в топке, выделяя тепло, которое затем нагревает теплоноситель (антифриз). Нагретый теплоноситель циркулирует по системе отопления, распределяя тепло. Современные котлы оборудованы автоматическими системами подачи угля и контроля горения, что повышает их эффективность и уменьшает выбросы. Таким образом, угольные котлы обеспечивают стабильное отопление в отсутствие солнечного света.

Мощность котла определяется:

$$P_K = \frac{Q_{\text{пом}}}{\eta} = \frac{12,705}{0,85} = 14,95 \text{ кВт} \quad (16)$$

где $Q_{\text{пом}}$ – тепловая мощность помещения;

η – КПД котла на угле.

Исходя от такой мощности был выбран котел КСВм-15 мощностью 15 кВт.

Таблица 7 - характеристики котла на угле КСВм-15

КПД, %	85
Вес, кг	300
Высота, мм	1350
Ширина, мм	565
Глубина, мм	920
Мощность, кВт	15
Вид топлива	Уголь
Максимальная температура теплоносителя, °С	95

Количество угля:

$$m_{\text{уг } i} = \frac{Q_{\text{пом } i} \cdot (24 - S) \cdot 30}{\eta \cdot H_{\text{уголь}}}, \text{ кг} \quad (17)$$

где $Q_{\text{пом } i}$ – тепловая мощность помещения в зависимости от месяца;

S – время работы солнечного коллектора (табл. 6), ч;

η – КПД котла на угле;

$H_{\text{уголь}}$ – теплота сгорания угля, кВт/кг.

Таблица 8 – Потребляемая тепловая мощность за месяц

	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель
$Q_{\text{пом, кВт}}$	5,929	7,623	12,705	12,705	11,011	7,623	5,929

$$m_{\text{уг окт}} = \frac{5,929 \cdot (24 - 7,6) \cdot 30}{0,85 \cdot 6,944} = 494,2 \text{ кг,}$$

$$m_{\text{уг ноя}} = \frac{7,623 \cdot (24 - 5,2) \cdot 30}{0,85 \cdot 6,944} = 728,4 \text{ кг,}$$

$$m_{\text{уг дек}} = \frac{12,705 \cdot (24 - 3,8) \cdot 30}{0,85 \cdot 6,944} = 1304,4 \text{ кг,}$$

$$m_{\text{уг янв}} = \frac{12,705 \cdot (24 - 4,2) \cdot 30}{0,85 \cdot 6,944} = 1278,6 \text{ кг,}$$

$$m_{\text{уг фев}} = \frac{11,011 \cdot (24 - 4,6) \cdot 30}{0,85 \cdot 6,944} = 1085,7 \text{ кг,}$$

$$m_{\text{уг мар}} = \frac{7,623 \cdot (24 - 6,2) \cdot 30}{0,85 \cdot 6,944} = 689,7 \text{ кг,}$$

$$m_{\text{уг апр}} = \frac{5,929 \cdot (24 - 9,6) \cdot 30}{0,85 \cdot 6,944} = 434 \text{ кг.}$$

Количество угля за весь отопительный сезон:

$$m_{\text{уг}} = \sum m_{\text{уг } i} = 6015 \text{ кг} \quad (18)$$

2.4 Расчет тепловых кабелей

В современном строительстве и обустройстве жилых и коммерческих помещений уделяется значительное внимание созданию комфортных условий проживания и работы. Одним из ключевых аспектов этого комфорта является поддержание оптимальной температуры в помещении, особенно в холодное время года.

В этом контексте тепловые кабели для систем «теплый пол» становятся важным элементом современных инженерных решений. Теплые полы обеспечивают эффективный и комфортный обогрев, равномерно распределяя тепло по всей поверхности пола. Это не только создает приятную температуру для жильцов, но и способствует экономии энергии за счет оптимизации теплопотерь.

В данном расчете мы рассмотрим методы проектирования и расчета тепловых кабелей для систем «теплый пол», учитывая такие факторы, как теплопотери помещения, геометрия пространства, а также требования к комфорту и энергоэффективности. Эти расчеты являются важнейшим этапом

при проектировании и установке систем отопления, обеспечивая их эффективную работу и долговечность.

Расчет нужной длины кабеля определяется:

$$l_{\text{каб.}} = \frac{P_{\text{м}^2}}{P_{\text{каб.}}} \cdot S \quad (19)$$

где $l_{\text{каб.}}$ – длина кабеля, м;

$P_{\text{м}^2}$ - потребляемая мощность на метр квадратный, Вт/м²;

$P_{\text{каб.}}$ – мощность кабеля, Вт/м;

S - площадь обогрева, м².

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = 4,2 + 9,5 + 6,5 + 1,8 = 22 \text{ м}^2, \quad (20)$$

$$l_{\text{каб.}} = \frac{20}{16} \cdot 22 = 27,5 \text{ м.}$$

Мощность всей длины теплового кабеля:

$$P = l_{\text{каб.}} \cdot P_{\text{каб.}} = 27,5 \cdot 16 = 440 \text{ Вт.} \quad (21)$$

2.5 Выбор бойлера для горячей воды

Эффективное управление энергопотреблением бытовых приборов, включая бойлеры, существенно влияет на оптимизацию затрат и снижение экологического воздействия. Ключевым аспектом этого процесса является расчет времени ежедневного использования бойлера. Знание точного времени работы бойлера позволяет лучше планировать энергозатраты, выбирать оптимальные настройки термостата и разрабатывать меры по повышению энергоэффективности. В этом подпункте мы рассмотрим методику расчета времени работы бойлера, учитывая различные факторы, такие как объем потребляемой горячей воды и температура поступающей холодной воды, а также вычислим суточную потребляемую мощность.

Исходя из норм потребления тепловой энергии на горячее водоснабжение для потребителей г. Алматы, норма расхода горячей воды на 1 человека при температуре 55 °С составляет Q , 105 л/сутки. Допустим в фермерском хозяйстве проживает 5 человек, следуя из этого расход горячей воды будет составлять $Q_{\text{бш}}$, 525 л/сутки.

Мощность выбранного бойлера составляет $P=2500$ Вт, объем бака $V_{\text{Б}}=80$ л.

За сколько прогреется вода до 55 градусов, указано в таблице 9.

Таблица 9 - время нагрева воды до 55 °С фирмы «Аристон»

Мощность бойлера P , Вт/объем бака бойлера V , л	80	100	200
1500	180 мин	280 мин	360 мин
2500	110 мин	230 мин	320 мин

Время нагрева воды на всех людей в сутки:

$$t = \frac{Q_{\text{общ}} \cdot t_{\text{Б}}}{V_{\text{Б}}} = \frac{525 \cdot 110}{80} = 721 \text{ мин/сутки} \approx 12 \text{ ч/сутки} \quad (22)$$

где $t_{\text{Б}}$ – время нагрева воды в баке, мин.

3 Определение электрических нагрузок объекта

Определение электрических нагрузок объекта является критически важным этапом при проектировании электрических систем. Правильный расчет нагрузок позволяет обеспечить надежную и безопасную работу всех электрических устройств и систем в здании или сооружении. Ошибки на этом этапе могут привести к перегрузкам, неэффективному использованию энергии, а также к повышенному риску аварий и пожаров. В данном разделе рассмотрим основные методы и подходы, используемые для определения электрических нагрузок, включая анализ потребностей различных типов потребителей электроэнергии, учет временных и сезонных колебаний нагрузки, а также применение нормативных документов и стандартов.

Таблица 10 – Нагрузки жилого дома фермерского хозяйства

Наименование оборудования	Кол-во, шт	Мощность, Вт	Время работы в течение расчетного периода, ч	Расчетный период времени	Время использования в 1 сутках	Потребление за месяц, кВт·ч
Электrolампа	15	10	4	день	06:00-08:00; 20:00-22:00	18
Телевизор	1	100	6	день	06:00-08:00; 18:00-22:00	18
Видеоплеер	1	10	6	день	06:00-08:00; 18:00-22:00	1,8
Компьютер	1	200	2	день	18:00-20:00	12
Принтер	1	20	1	неделя	18:00-18:08	0,08
Утюг	1	600	3	неделя	15:00-15:25	7,2
Холодильник	1	33	24	день	00:00-23:59	23,76
Морозильник	1	50	24	день	00:00-23:59	36
Электроплита	1	1300	2	день	06:00-07:00; 18:00-19:00	78
Стиральная машина	1	2000	3	неделя	14:00-14:25	24
Электродрель	1	500	2	неделя	11:00-11:17	4
Электронасос	3	400	6	день	12:00-18:00	216
Бойлер для горячей воды	1	2500	12	день	06:00-10:00; 14:00-22:00	900

Продолжение таблицы 10

Наименование оборудования	Кол-во, шт	Мощность, Вт	Время работы в течение расчетного периода, ч	Расчетный период времени	Время использования в 1 сутках	Потребление за месяц, кВт·ч
Тепловой кабель	1 (27, 5 м)	440	6	день	00:00-01:00; 04:00-05:00; 08:00-09:00; 12:00-13:00; 16:00-17:00; 20:00-21:00	79,2
Котел на угле	1	150	20	день	00:00-10:00; 14:00-23:59	90
Итого		9103				1508,04

Таблица 11 – Нагрузки коровника

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Время использования в 1 сутках	Время работы в течение месяца, ч	Потребление за месяц, кВт·ч
Освещение	0,7	07:00-08:00; 18:00-20:00	90	63
Приготовление кормов:				
Малогабаритная мойка корнеклубнеплодов УМ-10	1,5	07:00-08:00	30	45
Корморезка «Циклон-1»	2,5	08:00-12:00	120	300
Электропроводо-нагреватель ВЭП	1,25	12:00-15:00	90	112,5
Вентиляция	0,66	00:00-01:00; 06:00-07:00; 12:00-13:00; 18:00-19:00	131	86,5
Водоснабжение, насосная установка Sturm	0,75	12:00-14:00	60	45

Продолжение таблицы 11

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Время использования в 1 сутках	Время работы в течение месяца, ч	Потребление за месяц, кВт·ч
Доеение, УВП (10...50)	1,5	09:00-10:20	40	60
Резервуар-охладитель МКЦ	1,1	06:00-07:07; 14:00-15:07; 22:00-23:07	100	110
Переработка молока:				
Сепаратор FL-80E	0,3	13:00-17:10	125	37,5
Маслобойка Салют	0,4	17:15-18:00	22,5	9
Расфасовка молока «Фемапак-300»	0,2	18:00-18:40	20	4
Итого	10,86			872,5

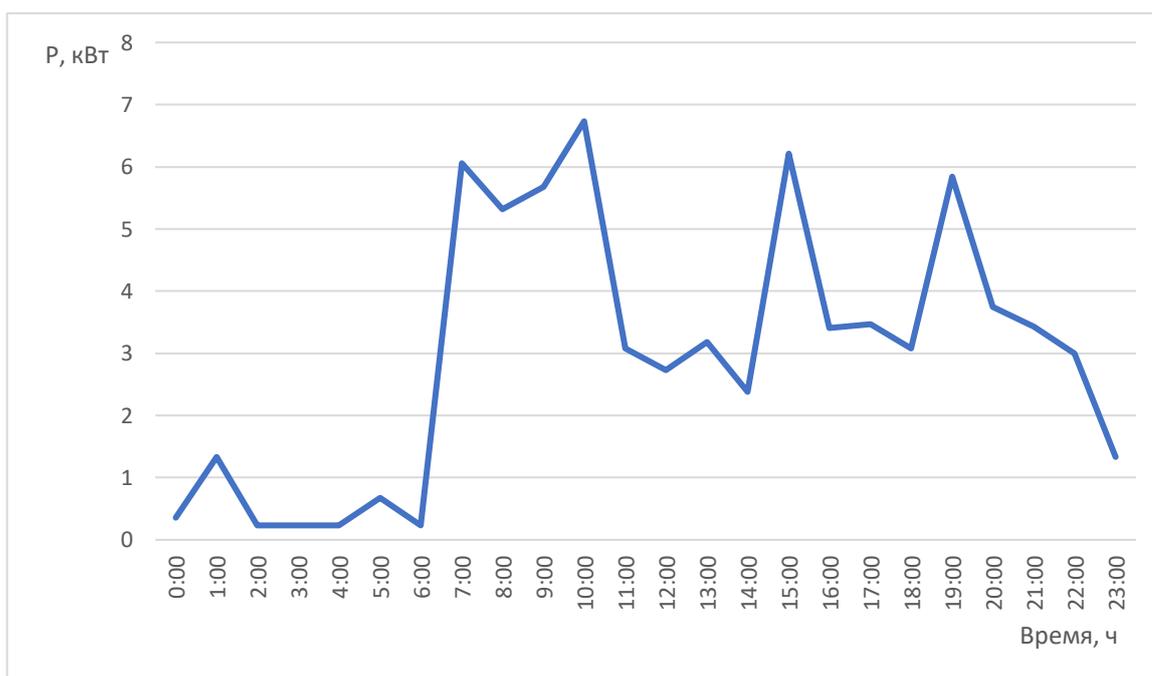


Рисунок 5 – График электропотребления по часам в сутки, кВт·ч

4 Электроснабжение объекта

Сегодня электроснабжение фермерских хозяйств играет критическую роль, обеспечивая эффективное функционирование и устойчивое развитие сельского хозяйства. От освещения и поддержания условий жизни животных до использования передового оборудования для обработки почвы и производства, надежное электроснабжение необходимо для широкого спектра задач. Это становится важнейшим фактором для обеспечения высокой продуктивности и экономической эффективности сельскохозяйственных операций.

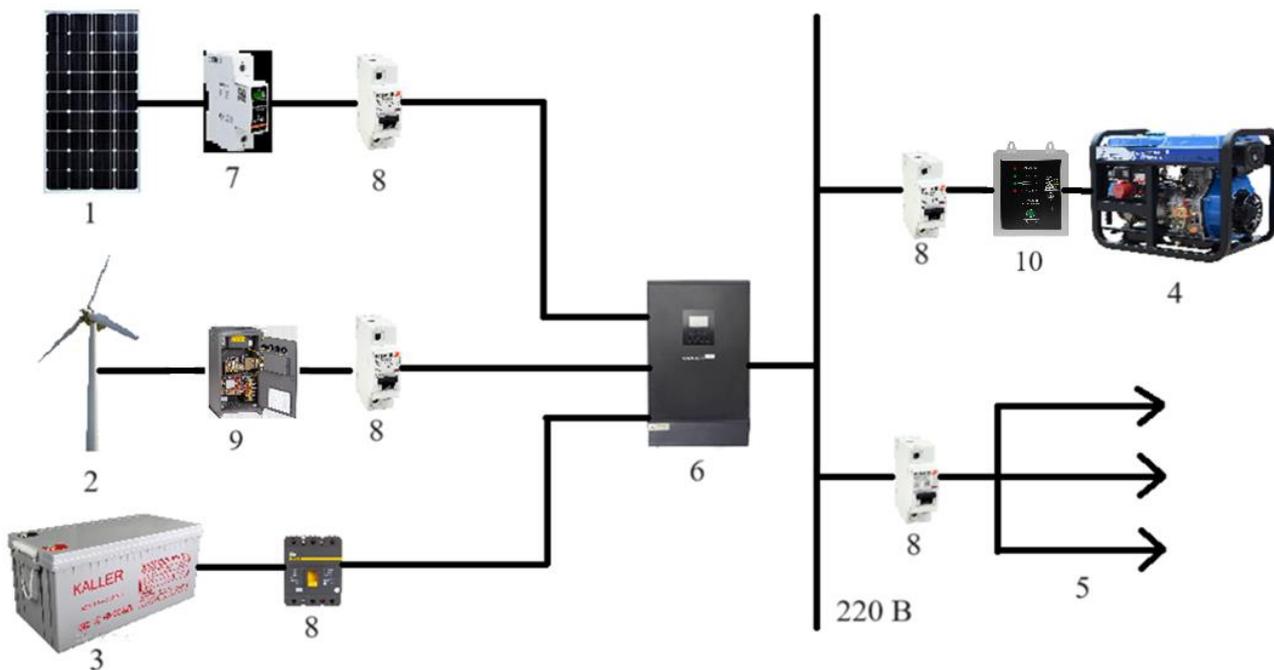


Рисунок 6 – Мнемосхема электроснабжения объекта

На рис. 6 показана схема электроснабжения нашего объекта, состоящая из: 1 – ФЭМ; 2 – ВЭУ; 3 – АКБ; 4 – ДГ; 5 – электрические нагрузки; 6 – гибридный инвертор; 7 – УЗИП; 8 – ВА; 9 – выпрямитель тока, 10 - АВР.

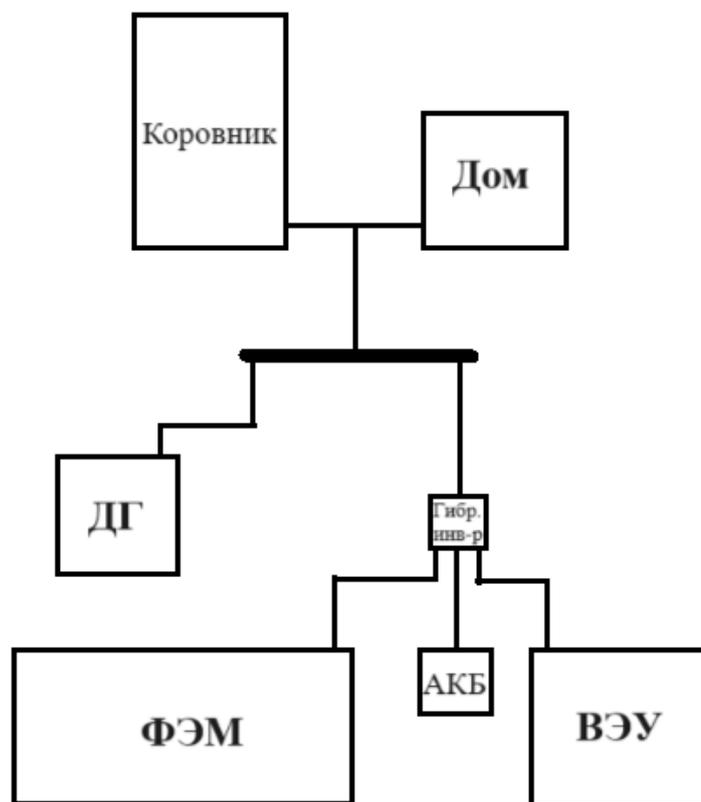


Рисунок 7 – План электроснабжения объекта

4.1 Выбор АКБ

Для дальнейших расчетов найдем среднечасовую мощность за зимний месяц:

$$P_{\text{ср}} = \frac{P_{\text{мес}}}{30 \cdot 24\text{ч}} = \frac{2380540}{720} = 3181,3 \text{ Вт}\cdot\text{ч}. \quad (23)$$

Из рис. 5 видно, что время, в которое превышаетя средняя потребляемая мощность – это 06:00-10:00; 14:00-17:00; 18:00-21:00. Следовательно, диапазон времени для зарядки АКБ, нужной для помощи в питании системы в перегруженные часы, будет составлять 21:00-06:00, то есть 9 часов только за счет ВЭС.

Суммарный остаток мощности, питающийся за счет АКБ:

$$\sum P_{\text{ост}} = \sum P_i - i \cdot W_{\text{ср}} = 49883 - 10 \cdot 3181,3 = 18070 \text{ Вт} \quad (24)$$

где $\sum P_i$ – сумма потребляемой мощности в перегруженные часы, Вт;
 i – количество перегруженных часов, ч.

Далее нужно умножить получившееся значение на коэффициент 1,2 учитывающий потери в инверторе:

$$P_{\text{полн.}} = W \cdot K = 18070 \cdot 1,2 = 21684 \text{ Вт}\cdot\text{ч.} \quad (25)$$

Входное напряжение инвертора, определенное по техническим характеристикам выбранного устройства, составляет 48 В.

Разделив общее потребление энергии за сутки с учетом потерь напряжения, мы определим количество ампер-часов, необходимых для обеспечения переменного тока нагрузки:

$$C = \frac{W_{\text{полн.}}}{\sum U_{\text{АБ}}} = \frac{21684}{48} = 451,75 \text{ А}\cdot\text{ч.} \quad (26)$$

Определяем количество аккумуляторных батарей:

Принимая во внимание, что максимально допустимая разрядка аккумуляторной батареи составляет 30 % от ее номинальной емкости (хотя возможно глубже разряжать, но это значительно сократит срок службы), примерная емкость аккумуляторной батареи будет:

$$C_{\text{пр}} = \frac{100\% \cdot C}{100\% - 30\%} = \frac{100 \cdot 451,75}{70} = 645,4 \text{ А}\cdot\text{ч.} \quad (27)$$

Теперь необходимо рассчитать количество, напряжение, способ включения и тип аккумуляторов. При этом надо учитывать, что при параллельном включении аккумуляторов в цепь суммируется емкость (А·ч), а при последовательном напряжение (В).

Количество последовательно соединенных в ряд АБ:

$$n_1 = \frac{\sum U_{\text{АБ}}}{U_{\text{АБ}}} = \frac{48}{12} = 4. \quad (28)$$

Количество параллельно соединенных рядов:

$$n_2 = \frac{C_{\text{пр}}}{C_{\text{АБ}}} = \frac{645,4}{200} = 3,2 \approx 4. \quad (29)$$

Суммарная емкость АБ:

$$\sum C_m = C_{\text{АБ}} \cdot n_2 = 200 \cdot 4 = 800 \text{ А}\cdot\text{ч.} \quad (30)$$

Общее количество АБ:

$$n = n_1 \cdot n_2 = 4 \cdot 4 = 16. \quad (31)$$

Таблица 12 - Характеристики АКБ Kaller (12 В, 200 А·ч)

Номинальное напряжение, В	12
Емкость, А·ч	200
Внутреннее сопротивление, мОм	4,2
Макс. ток разряда, А	1200

4.2 Выбор фотоэлектрических модулей

Так как СЭС будет питать систему электричеством вместе с ВЭС, количество часов работы этих станций в сутки будут различаться. Минимальная среднемесячная мощность СЭС в сутки:

$$P_{\text{СЭС сут}} = P_{\text{ср}} \cdot t_{\text{мин}} = 3181,3 \cdot 3,8 = 12088,94 \text{ Вт} \quad (34)$$

где $t_{\text{мин}}$ – минимальное количество пиковых солнечных часов, ч.

Минимальное среднее количество пиковых солнечных часов для местности Улытауской области из рис. 8 - 3,8 ч.

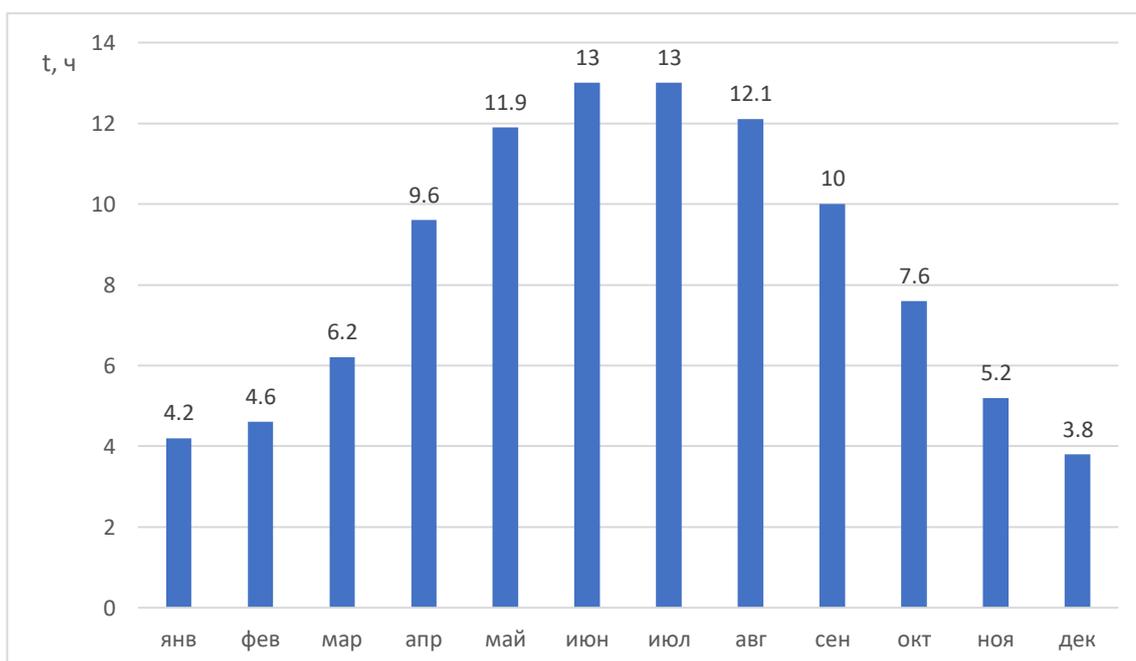


Рисунок 8 – Среднесуточное количество солнечных часов в Улытауской области

Мощность СЭС с учетом потерь в ФЭМ:

$$P_{\text{СЭС1}} = \frac{P_{\text{ср}}}{1-0,1} = \frac{3181,3}{0,9} = 3534,8 \text{ Вт.} \quad (35)$$

Мощность СЭС с учетом потерь в инверторе:

$$P_{\text{СЭС}} = \frac{P_{\text{СЭС2}}}{1-0,05} = \frac{3534,8}{0,95} = 3720,8 \text{ Вт.} \quad (36)$$

Определяем количество модулей, соединенных параллельно:

$$n_{\text{ФЭМ}} = \frac{P_{\text{СЭС}}}{P_{\text{ФЭМ}}} = \frac{3720,8}{150} = 23,8 \approx 24 \text{ шт} \quad (37)$$

где $P_{\text{ФЭМ}}$ – мощность 1 ФЭМ (табл. 14), Вт.

Округлить до ближайшего большего целого значения - 24 штуки.

Таблица 14 - Технические данные фотоэлектрического модуля

Модель	$P_{\text{НОМ}}$, Вт	$U_{\text{НОМ}}$, В	$I_{\text{НОМ}}$, А	Размеры, мм	Вес, кг
Allrican-150	150	12	12,5	1480x680x35	8

4.3 Выбор ветрогенераторов

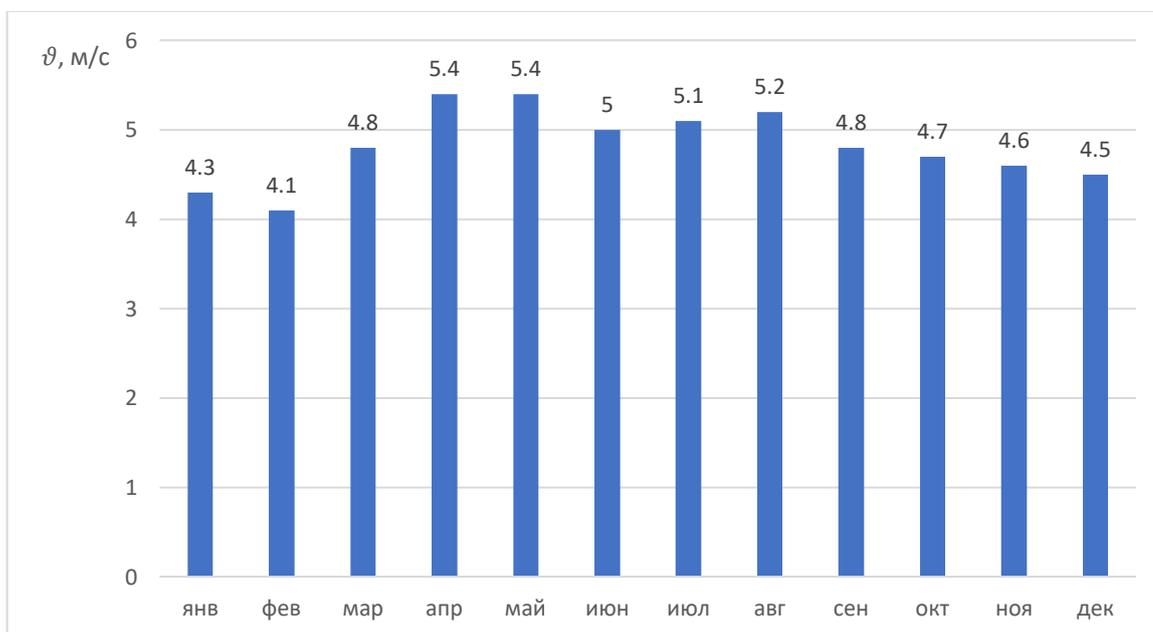


Рисунок 9 – Средняя скорость ветра в Улытауской области, м/с

Средняя скорость ветра в Улытауской области из рис. 9 $\vartheta = 4$ м/с.

Мощность, вырабатываемая ВЭС при времени работы СЭС в сутки $t_{\text{СЭС сут}} = 3,8$ ч:

$$P_{\text{ВЭС сут}} = (24 - t_{\text{СЭС сут}}) \cdot P_{\text{Ср}} = (24 - 3,8) \cdot 3181,3 = 64262,3 \text{ Вт.} \quad (42)$$

Мощность ВЭС с учетом потерь в гибридном инверторе:

$$P_{\text{ВЭС}} = \frac{64262,3}{24 \cdot 0,95} = 2818,5 \text{ Вт} \cdot \text{ч}. \quad (43)$$

Таблица 16 - Мощность и выработка энергии ROSVETRO FK-3K (номинальная мощность $P_{\text{ROS}} = 3 \text{ кВт}$)

Скорость ветра ϑ , м/с	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Мгновенная мощность $P_{\text{МГН.ВЭУ}}$, Вт	60	200	400	700	1100	1700	2500	2900	3300	3400
Суточная выработка $W_{\text{СУТ.ВЭУ}}$, кВт·ч	1,4	4,8	9,6	16,8	26,4	40,8	60	69,6	79,2	81,6

Таблица 17 - Характеристики ROSVETRO FK-3K

Номинальная мощность, Вт	3000
Диаметр колеса, м	3,7
Номинальное напряжение, В	48
Пусковая скорость ветра, м/с	3
Номинальная скорость ветра, м/с	12

Найдем подходящую мгновенную мощность для $\vartheta = 4 \text{ м/с}$ из табл. 16:
 $P_{\text{МГН.ВЭУ}} = 200 \text{ Вт}$

$$n \cdot P_{\text{МГН.ВЭУ}} \geq P_{\text{ВЭС}}, \quad (44)$$

$$n \cdot 200 \geq 2818,5,$$

$$n \geq 14,1,$$

$$n = 15.$$

Проведем проверку. Общая суточная выработка одной ВЭУ будет:

$$W_{\text{СУТ.ВЭУ}} = 24 \cdot P_{\text{МГН.ВЭУ}} = 24 \cdot 0,2 = 4,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}. \quad (45)$$

Суммарная суточная выработка пятнадцати ВЭУ:

$$\sum W_{\text{СУТ.ВЭУ}} = 4,8 \cdot 15 = 72 \text{ кВт} \cdot \text{ч}. \quad (46)$$

Это удовлетворяет условиям выражения табл. 16, поскольку:

$$\begin{aligned} \sum W_{\text{сут.ВЭУ}} &\geq W_{\text{сут}} & (47) \\ 72 &\geq 64,2623. \end{aligned}$$

Таким образом, в процессе расчетов в качестве ветрогенератора выбрана ветроэнергетическая установка ROSVETRO FK-3K в количестве 15 шт. номинальная (установленная) мощность одной установки при скорости ветра 4 м/с составляет 0,2 кВт.

4.4 Выбор выпрямителя тока ВЭУ

Так как ВЭУ вырабатывают переменный ток, а для подключения к АКБ и гибриднему инвертору нужен постоянный, следует подключить выпрямитель тока для ВЭУ.

Номинальное напряжение ветрогенераторов $U_{\text{ном}} = 48 \text{ В}$, номинальная мощность $P_{\text{ном}} = 3000 \text{ Вт}$. Исходя из этих данных, будет выбран выпрямитель В-ОПЕ-63-48-У1.

Таблица 18 – Характеристики выпрямителя тока В-ОПЕ-63-48-У1

Выходная номинальная мощность, кВт	3
Номинальный выпрямленный ток, А	63
Номинальное выпрямленное напряжение, В	48
КПД, %	88

4.5 Выбор гибридного инвертора

Исходя из того, что выходное напряжение у ФЭМ, ВЭУ и АКБ составляет 48 В и пиковая мощность по рис. 5 – 6,733 кВт, гибридным инвертором будет выбрана модель SmartWatt Hybrid 9K 48V.

Таблица 19 - Характеристики SmartWatt Hybrid 9K 48V

Номинальная мощность, кВт	9
Входное напряжение, В	48
Выходное напряжение, В	220
Вес, кг	11
Размер, мм · мм · мм	140 · 295 · 468

4.6 Выбор дизельного генератора

Из рис. 5 – «График электропотребления по часам в сутки» можно понять, что пиковая мощность составляет 6,733 кВт. Следовательно мощность дизельного генератора, включающегося автоматически при аварийной ситуации, должна быть как минимум равняться 7 кВт. Исходя от этой мощности был выбран ДГ TSS SDG 8000ЕНА.

Таблица 20 - Характеристики ДГ TSS SDG 8000ЕНА

Номинальная мощность, кВт	7,5
Напряжение, В	220
Продолжительность автономной работы, ч	5,5
Объем топливного бака, л	12,5
Вес, кг	135

4.7 Выбор АВР для дизельного генератора

Выбор автоматического ввода резерва (АВР) для дизельного генератора требует внимания к специфическим техническим характеристикам и параметрам. Этот этап является критически важным для обеспечения эффективной работы резервного электроснабжения в условиях, где непрерывность питания играет решающую роль. В данном подпункте рассматриваются ключевые аспекты выбора АВР, адаптированные под требования и условия работы дизельного генератора.

Выбор нашего АВР будет составляться под характеристики дизельного генератора: напряжение, мощность и силу тока. Напряжение – 220 В, мощность – 7,5 кВт и сила тока – 34 А. Поэтому было выбрано АВР

Таблица 21 - Характеристики АВР TSS АВР-С 9000/220

Напряжение, В	220
Мощность, кВт	8
Номинальный ток, А	35
Количество фаз	1

4.8 Заключительная электрическая схема объекта

В итоге получилась электрическая схема (рис. 10) с указанными на ней значениями и устройствами.

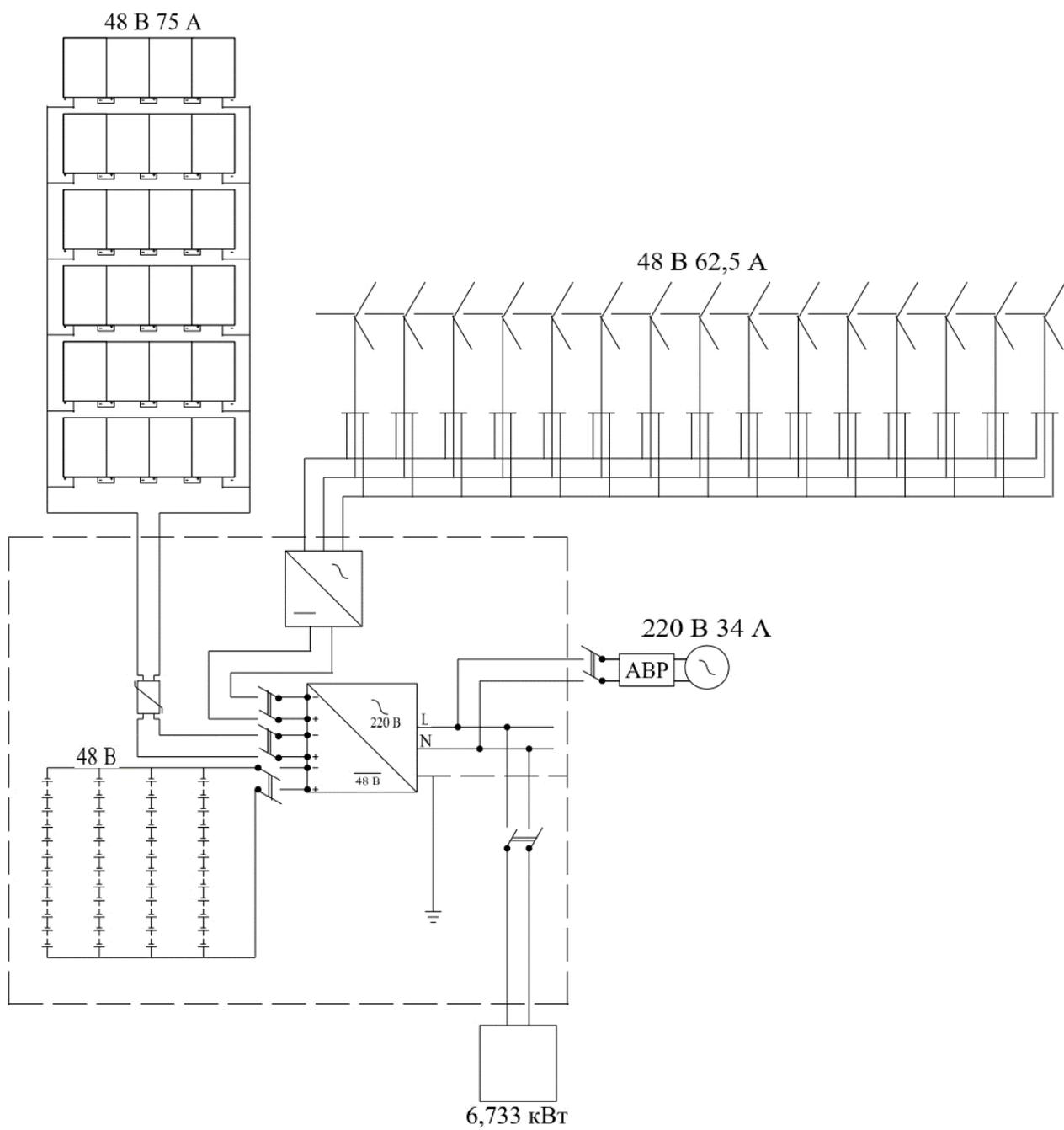


Рисунок 10 - Электрическая схема объекта

5 Выбор кабелей

Условия выбора кабелей:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{р}}}{J_{\text{ЭК}}}, \quad (51)$$

$$I_{\text{р}} < I_{\text{доп}}, \quad (52)$$

$$I_{\text{ав}} < 1,3 \cdot I_{\text{доп}} \quad (53)$$

где $S_{\text{ЭК}}$ – площадь сечения электрического кабеля, мм^2 ;

$I_{\text{р}}$ – расчетный ток, А;

$J_{\text{ЭК}} = 1,2 \text{ А/мм}^2$ – экономическая плотность тока;

$I_{\text{доп}}$ – допустимый ток, А;

$I_{\text{ав}}$ – номинальный ток АВ.

1) ФЭМ → гибридный инвертор:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{75}{1,2} = 55,9 \text{ мм}^2$$

Принимаем кабель ВВГ-(3х25) с $I_{\text{доп}} = 150 \text{ А}$.

$$I_{\text{р}} = 75 \text{ А} < I_{\text{доп}} = 150 \text{ А};$$

$$I_{\text{ав}} = 150 \text{ А} < 1,3 \cdot I_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 150 = 195 \text{ А}.$$

2) ВЭС → гибридный инвертор:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{62,5}{1,2} = 52,1 \text{ мм}^2$$

Принимаем кабель ВВГ-(3х25) с $I_{\text{доп}} = 150 \text{ А}$.

$$I_{\text{р}} = 62,5 \text{ А} < I_{\text{доп}} = 150 \text{ А};$$

$$I_{\text{ав}} = 125 \text{ А} < 1,3 \cdot I_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 150 = 195 \text{ А}.$$

3) АКБ → гибридный инвертор:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{140}{1,2} = 116,7 \text{ мм}^2$$

Принимаем кабель ВВГ-(2х70) с $I_{\text{доп}} = 245 \text{ А}$.

$$I_p = 140\text{A} < I_{\text{доп}} = 245\text{A};$$

$$I_{\text{ав}} = 280\text{A} < 1,3 \cdot I_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 245 = 318,5\text{A}.$$

4) Гибридный инвертор → шина:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{30,6}{1,2} = 25,5 \text{ мм}^2$$

Принимаем кабель ВВГ-(3х10) с $I_{\text{доп}} = 70 \text{ A}$.

$$I_p = 30,6\text{A} < I_{\text{доп}} = 70\text{A};$$

$$I_{\text{ав}} = 61,2\text{A} < 1,3 \cdot I_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 70 = 91\text{A}.$$

5) ДГ → шина:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{34}{1,2} = 28,4 \text{ мм}^2$$

Принимаем кабель ВВГ-(3х10) с $I_{\text{доп}} = 90 \text{ A}$.

$$I_p = 34\text{A} < I_{\text{доп}} = 90\text{A};$$

$$I_{\text{ав}} = 68\text{A} < 1,3 \cdot I_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 90 = 117\text{A}.$$

6) Шина → нагрузка потребителей:

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{31,8}{1,2} = 26,5 \text{ мм}^2$$

Принимаем кабель ВВГ-(3х10) с $I_{\text{доп}} = 90 \text{ A}$.

$$I_p = 31,8\text{A} < I_{\text{доп}} = 90\text{A};$$

$$I_{\text{ав}} = 63,6\text{A} < 1,3 \cdot I_{\text{доп}} = 1,3 \cdot 90 = 117\text{A}.$$

6 Выбор защитной аппаратуры

6.1 Выбор УЗИП для СЭС

Основные параметры системы СЭС, нужные для выбора УЗИП:

- Номинальное напряжение системы $U_{\text{ном}} = 48 \text{ В}$;
- Номинальный ток системы $I_{\text{ном}} = 75 \text{ А}$.

В нашем случае стоит выбрать УЗИП с номинальным напряжением 48 В. Был подобран УЗИП DDC30-10-65.

Таблица 22 - характеристики УЗИП DDC30-10-65

Номинальное напряжение, В	48
Максимальное рабочее напряжение, В	65
Рабочий ток, мА	< 0,1
Номинальный ток разряда, кА	15
Уровень защиты, В	300

6.2 Выбор автоматических выключателей

Номинальный ток ФЭМ $I_{\text{ном}}=75 \text{ А}$, следовательно для ФЭМ выбираем ВА47-100-1С80-УХЛЗ с $I_{\text{доп}} = 80 \text{ А}$.

Номинальный ток ВЭУ $I_{\text{ном}}=62,5 \text{ А}$, следовательно для ВЭУ выбираем ВА47-100-1С80-УХЛЗ с $I_{\text{доп}} = 80 \text{ А}$.

Номинальный ток АКБ $I_{\text{ном}}=140 \text{ А}$, следовательно для АКБ выбираем ВА88-33 ЗР 160А 35кА с $I_{\text{доп}} = 160 \text{ А}$.

Номинальные ток ДГ $I_{\text{ном}}=34 \text{ А}$, следовательно для ДГ выбираем ВА47-100-1С50-УХЛЗ с $I_{\text{доп}} = 50 \text{ А}$.

Номинальные ток ДГ $I_{\text{ном}}=31,8 \text{ А}$, следовательно для нагрузок потребителей выбираем ВА47-100-1С50-УХЛЗ с $I_{\text{доп}} = 50 \text{ А}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе была разработана автономная система тепло- и электроснабжения для децентрализованного объекта на основе возобновляемых источников энергии. Основное внимание уделено анализу вариантов теплоснабжения и электроснабжения, а также расчетам необходимой мощности и объема оборудования.

Рассмотрены солнечная энергия и ветроэнергия, а также дизельные генераторы. Анализ показал, что использование возобновляемых источников энергии снижает экологическую нагрузку и эксплуатационные расходы в долгосрочной перспективе.

Для теплоснабжения проанализированы и рассчитаны:

- Солнечные коллекторы для нагрева теплоносителя;
- Тепловые кабели для обогрева помещений и предотвращения замерзания трубопроводов;
- Твердотопливный котел как дополнительный источник тепла;
- Бойлер для горячей воды.

Выполнены расчеты мощности радиаторов и электропотребителей для оптимального распределения тепла и выбора эффективных решений для электроснабжения.

Для электроснабжения рассматривались:

- Солнечная электростанция (СЭС);
- Ветроэлектростанция (ВЭС);
- Дизельный генератор как резервный источник.

Расчеты показали, что комбинированное использование СЭС и ВЭУ с резервным дизельным генератором является оптимальным для надежного электроснабжения объекта.

Разработанная система автономного тепло- и электроснабжения на основе возобновляемых источников демонстрирует высокую эффективность и надежность. Она обеспечивает автономность объекта, снижает воздействие на окружающую среду за счет уменьшения выбросов парниковых газов и использования возобновляемых ресурсов. Результаты могут быть использованы для внедрения подобных систем на других объектах, способствуя развитию экологически чистой энергетики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сафонов А. П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям: Учеб. Пособие для вузов. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 232 с.
- 2 Матвеев В.А. Возобновляемые источники энергии. Энергия солнца, биомассы, ветра, воды. Алматы. 2009 г.
- 3 Баймиров М.Е. Комбинированные автономные возобновляемые энергосистемы. Алматы. 2021 г.
- 4 Низовкин В.М., Надиров Н.К. Энергоэкологическое будущее цивилизации. Часть 3. Экодому земли. Алматы. 2010 г.
- 5 Нестеров Е.Б., Барков В.И., Матвеев В.А. Автономные системы электроснабжения отдаленных фермерских хозяйств на основе фотоэлектрических установок: Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 2005, №7. – С.73-77
- 6 Каргиев В.М., Мартиросов С.Н., Муругов В.П., Пинов А.Б. Метод проектирования ветрофотоэлектрических энергоустановок для автономного сельского дома: Техника в сельском хозяйстве, 2004, №3. – С.20-22
- 7 Чокин Ш.Ч., Сундуков Р.Х. Энергетика сельского хозяйства Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1988. – 239 с
- 8 Варфоломеев Ю.М. Отопление и тепловые сети: Учебник / Ю.М. Варфоломеев, О.Я. Кокорин. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 480 с.
- 9 Лебедев В.И., Пермьяков Б.А., Хаванов П.А. Расчет и проектирование теплогенерирующих установок систем теплоснабжения. – М.: Стройиздат, 1992.
- 10 Бутузов В. Солнечное теплоснабжение в России. Проектирование, строительство, эксплуатация. Lambert Academic Publishing. Saarbrücken. Германия. 2012.
- 11 Кашкаров А.П. Автономное электроснабжение частного дома своими руками. 2015.
- 12 Григораш О.В., Корзенков П.Г. Автономные системы электроснабжения на возобновляемых источниках энергии.
- 13 Хошнау З.П. Пути повышения энергоэффективности автономных ветроэлектростанций. 2010.
- 14 Обухов С.Г., Сурков М.А., Хошнау З.П. Методика выбора ветроэнергетических установок малой мощности. 2011.
- 15 СТ КазННТУ-09-2023. Работы учебные. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию текстового и графического материала. Алматы: КазННТУ, 2023.

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на дипломную работу

Нұржігіт Нұрсултана Қайратұлы

6B07101 - Энергетика

Тема: Создание автономной системы тепло- и электроснабжения
децентрализованного объекта

Дипломник Нұржігіт Н.Қ. приступил к выполнению дипломной работы
в соответствии с графиком.

За время работы дипломирования показал себя грамотным,
инициативным специалистом способным самостоятельно заниматься
поиском необходимых литератур и материалов.

Дипломная работа посвящена созданию автономной системы тепло- и
электроснабжения децентрализованного объекта.

В дипломной работе расписана актуальность применения
возобновляемых источников энергии, рассчитаны тепловые и электрические
нагрузки объекта, приведен выбор радиаторов, солнечных коллекторов,
твердотопливного котла, тепловых кабелей и бойлера, а также выбор
аккумуляторных батарей, фотоэлектрических модулей, ветрогенераторов,
дизельного генератора и гибридных инверторов, выбор сечения кабелей и
выбор защитной аппаратуры.

Считаю, что дипломная работа заслуживает оценки 90%, а ее автор
присвоения академической степени «бакалавр» по специальности 6B07101 –
«Энергетика».

Научный руководитель

Ассоц.профессор, к.т.н. кафедры «Энергетика»

(должность, уч. степень, звание)

Хидолда Е.

(подпись)

« 15 » 08 2024 г.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу

Нуржігіт Нұрсұлтан Қайратұлы

6В07101 - Энергетика

на тему: Создание автономной системы тепло- и электроснабжения
децентрализованного объекта

Выполнено:

- а) графическая часть на 10 листах
б) пояснительная записка на 42 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В дипломной работе проектируется автономная система тепло- и электроснабжения фермерского хозяйства в Улытауской области.

Основная часть данной дипломной работы охватывает: определение тепловых и электрических нагрузок объекта, расчет и выбор энергогенерирующих, управляющих и защитных оборудования. Рационально выполненная автономная система тепло- и электроснабжения децентрализованного объекта должна удовлетворять ряду требований, таких как экономичность, надежность, безопасность и удобство использования.

Также соблюдено требование, связанное с автономностью системы, такое как использование возобновляемых источников энергии.

Недостатками данного дипломного проекта является отсутствие мониторинга за системой из дома и простой солнечных коллекторов в неотапливаемый период.

Оценка работы

Дипломная работа заслуживает оценки «отлично» (90%), а ее автор присвоения академической степени «бакалавр» по специальности 6В07101 – «Энергетика».

Рецензент

к.т.н., доцент АУЭС им. Г. Даукеева

(должность, ч.л. Степенов звание)

К.О. Гали

(подпись)

«17» _____ 2024 г.



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Нуржигит Нурсултан Кайратұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Создание автономной системы тепло- и электроснабжения для децентрализованного объекта

Научный руководитель: Еркин Хидолда

Коэффициент Подобия 1: 4.3

Коэффициент Подобия 2: 0.3

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 4

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата 18.06.2024

Заведующий кафедрой Энергетики

Арсенбаев ЕА

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Нұржігіт Нұрсұлтан Қайратұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Создание автономной системы тепло- и электроснабжения для децентрализованного объекта

Научный руководитель: Еркин Хидолда

Коэффициент Подобия 1: 4.3

Коэффициент Подобия 2: 0.3

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 4

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

Рекомендуется к защите

Дата

проверяющий эксперт

15.06.2017

Дураев Е