

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО

«Сибирский федеральный университет»

институт

«Электроэнергетика»

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А.В. Коловский

подпись

инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2022 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Электроснабжение участка «Кайен» рудника «Купол» (Чукотский автономный округ)

тема

Руководитель _____
подпись, дата

доцент, к.т.н.
должность, ученая степень

Е. В. Платонова
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

К. П. Сайков
инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2022

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»

Кафедра «Электроэнергетика»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.В. Коловский

«__» _____ 2022 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в виде бакалаврской работы**

Студенту Сайкову Константину Павловичу

(фамилия, имя, отчество)

Группа ЗХЭн 17-01(з-17) Направление 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код) (наименование)

Тема выпускной квалификационной работы Электроснабжение участка «Кайен» рудника «Купол» (Чукотский автономный округ)

Утверждена приказом по институту № _____ от _____

Руководитель ВКР Е. В. Платонова, доцент кафедры «Электроэнергетика»
(инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Исходные данные для ВКР сведения об электрических нагрузках; план объекта; сведения об источниках питания.

Перечень разделов выпускной квалификационной работы:

1 Теоретическая часть

1.1 Общая характеристика организации

1.2 Общая характеристика участка «Кайен». Состав электропотребителей

2 Аналитическая часть. Системы электроснабжения автономных объектов

2.1 Анализ состояния вопроса использования возобновляемых источников энергии

2.1.1 Место нетрадиционных источников в удовлетворении энергетических потребностей человека

2.1.2 Мировое потребление энергоресурсов и освоение нетрадиционных возобновляемых источников энергии

2.2 Перспективы развития гелио- и ветроэнергетики

2.2.1 Общая характеристика солнечного излучения

2.2.2 Развитие гелиоэнергетики

2.2.3 Развитие ветроэнергетики

2.3 Стратегическое значение возобновляемой энергетики в России

2.4 Оценка потенциала солнечной и ветровой энергии Чукотского автономного округа

3 Практическая часть. Проектирование схемы электроснабжения участка «Кайен» рудника «Купол»

3.1 Светотехнический расчет электрического освещения

3.2 Электротехнический расчет электрического освещения

3.3 Расчет электрических нагрузок

3.4 Выбор коммутационно-защитных аппаратов

3.5 Выбор распределительных щитков

3.6 Выбор сечений кабельных линий

3.7 Расчет токов короткого замыкания и проверка основного оборудования сети

3.8 Проект ветроустановки для питания автономного объекта с резервированием от дизельных генераторов

Заключение

Список использованных источников

Перечень обязательных листов графической части:

1. Однолинейная схема электроснабжения

2. План участка «Кайен» с осветительными сетями

3. План участка «Кайен» с силовыми сетями

Руководитель ВКР

Е. В. Платонова

(подпись, инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению

К. П. Сайков

(подпись, инициалы и фамилия студента)

« __ » _____ 2022 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Электроснабжение участка «Кайен» рудника «Купол» (Чукотский автономный округ)» содержит 87 страницы текстового документа, 66 использованных источников, 3 листа графического материала, приложений нет.

РУДНИК, АВТОНОМНЫЙ ОБЪЕКТ, ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, СХЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, ЭЛЕКТРОПРИЕМНИК, СИЛОВОЙ ЩИТ, ОСВЕЩЕНИЕ, ДИЗЕЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР, ЗАЩИТНЫЙ АППАРАТ, ПИТАЮЩИЙ ПРОВОДНИК, ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ.

Объект проектирования – рудник «Купол» (Чукотский автономный округ).

Предмет проектирования – участок «Кайен» как автономный объект.

Целью ВКР является разработка проекта схемы электроснабжения отдаленного на большое расстояние автономного объекта.

В теоретической части дана общая характеристика объекта проектирования и его электроприемников, произведена подготовка к светотехническому расчету электрического освещения: замерены длина и ширина помещений, их площадь, и установлена нормативная освещенность в люксах в соответствии с действующим сводом правил.

В аналитической части работы рассмотрены особенности электроснабжения автономных объектов произведен анализ состояния вопроса использования возобновляемых источников энергии, в том числе место нетрадиционных источников в удовлетворении энергетических потребностей человека и мировое потребление энергоресурсов, освоение нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Проанализированы перспективы развития гелио- и ветроэнергетики, стратегическое значение возобновляемой энергетики для РФ, а также произведена оценка потенциала солнечной и ветровой энергии Чукотского АО.

На основании анализа существующих методов расчета электрических нагрузок жилых и общественных зданий выбран подходящий для участка «Кайен» рудника «Купол» метод расчета. Изучена актуальная методика расчета электрической нагрузки участка «Кайен» рудника «Купол».

В практической части произведен светотехнический и электротехнический расчеты системы освещения на основе применения светодиодных светильников. Для подготовки к основному практическому расчету электроприемники участка «Кайен» рудника «Купол» разбиты на группы (по типу и коэффициенту мощности) и произведен расчет нагрузок силовых пунктов и осветительных щитков.

На следующем этапе в практической части на основании спроектированной конфигурации и расчетных нагрузок выбрана коммутационно-защитная аппаратура, проводники (электропроводка), силовые и осветительные щиты. Проверены по отключающей способности и по чувствительности коммутационно-защитные аппараты, на основании расчета токов однофазного и трехфазного короткого замыкания.

Разработан проект ветроустановки для питания автономного объекта с резервированием от дизельных генераторов.

THE ABSTRACT

The final qualifying work on the topic “Power supply of the Kaien site of the Kupol mine (Chukotka Autonomous Okrug)” contains 87 pages of a text document, 66 sources used, 3 sheets of graphic material, no applications.

MINING, AUTONOMOUS FACILITY, RENEWABLE ENERGY SOURCES, POWER SUPPLY SCHEME, ELECTRIC LOADS, ELECTRIC RECEPTION, POWER BOARD, LIGHTING, DIESEL GENERATOR, PROTECTIVE DEVICE, POWER CONDUCTOR, SHORT CIRCUIT CURRENT.

The design object is the Kupol mine (Chukotka Autonomous Okrug).

The subject of design is the Cayenne site as an autonomous object.

The purpose of the WRC is to develop a draft power supply scheme for a long-distance autonomous object.

In the theoretical part, a general description of the design object and its electrical receivers is given, preparations are made for the lighting calculation of electric lighting: the length and width of the premises, their area are measured, and the normative illumination in lux is set in accordance with the current set of rules.

In the analytical part of the work, the features of the power supply of autonomous objects are considered, the state of the issue of using renewable energy sources is analyzed, including the place of non-traditional sources in meeting human energy needs and global energy consumption, the development of non-traditional renewable energy sources. The prospects for the development of solar and wind energy, the strategic importance of renewable energy for the Russian Federation are analyzed, as well as an assessment of the potential of solar and wind energy in the Chukotka Autonomous District.

Based on the analysis of existing methods for calculating the electrical loads of residential and public buildings, a calculation method suitable for the Kai-en site of the Kupol mine was chosen. The current methodology for calculating the electrical load of the Cayenne section of the Kupol mine was studied.

In the practical part, lighting and electrical calculations of the lighting system based on the use of LED lamps were made. To prepare for the main practical calculation, the electrical receivers of the Cayenne section of the Kupol mine were divided into groups (by type and power factor) and the load of power points and lighting shields was calculated.

At the next stage, in the practical part, based on the designed configuration and calculated loads, switching and protective equipment, conductors (wiring), power and lighting panels were selected. Switching and protective devices were tested in terms of breaking capacity and sensitivity, based on the calculation of single-phase and three-phase short-circuit currents.

A wind turbine project has been developed to power an autonomous facility with redundancy from diesel generators.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Теоретическая часть. Характеристика объекта и технические показатели электроприемников и зданий участка «Кайен» рудника «Купол»	8
1.1 Общая характеристика организации и географо-экономическая характеристика района	8
1.2 Общая характеристика участка «Кайен». Состав электропотребителей	10
2 Аналитическая часть. Особенности электроснабжения автономных объектов ...	14
2.1 Анализ состояния вопроса использования возобновляемых источников энергии	14
2.1.1 Место нетрадиционных источников в удовлетворении энергетических потребностей человека	14
2.1.2 Мировое потребление энергоресурсов и освоение нетрадиционных возобновляемых источников энергии	16
2.2 Перспективы развития гелио- и ветроэнергетики	19
2.2.1 Общая характеристика солнечного излучения	19
2.2.2 Развитие гелиоэнергетики	20
2.2.3 Развитие ветроэнергетики	22
2.3 Стратегическое значение возобновляемой энергетики в России	24
2.4 Оценка потенциала солнечной и ветровой энергии Чукотского автономного округа	30
3 Практическая часть. Проектирование схемы электроснабжения участка «Кайен» рудника «Купол»	32
3.1 Светотехнический расчет электрического освещения	32
3.2 Электротехнический расчет электрического освещения	38
3.3 Расчет электрических нагрузок	40
3.3.1 Расчет электрических нагрузок отдельных электроприемников (первый уровень)	40
3.3.2 Расчет электрических нагрузок силовых пунктов (второй уровень)	43
3.3.3 Расчет нагрузки ГРЩ	50
3.3.4 Выбор кабельной линии от дизельных генераторов и марки ДГ	51
3.3.5 Выбор ГРЩ и вводного автомата	52
3.4 Выбор коммутационно-защитных аппаратов	53
3.5 Выбор распределительных щитков	59
3.6 Выбор сечений кабельных линий	59
3.7 Расчет токов короткого замыкания и проверка основного оборудования сети ..	64
3.7.1 Расчет токов трехфазного короткого замыкания	64
3.7.2 Расчет токов однофазного короткого замыкания	66
3.7.3 Проверка оборудования	68
3.8 Проект ветроустановки для питания автономного объекта с резервированием от дизельных генераторов	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	82

ВВЕДЕНИЕ

Задача удовлетворения потребностей населения, промышленности и сельского хозяйства в электрической и тепловой энергии, особенно в регионах, удалённых от централизованных энергосетей, а также вопросы устойчивого развития России и снижение негативного воздействия энергетики на окружающую среду, приводят к необходимости развития возобновляемой энергетики. Альтернативой традиционной энергетике на Дальнем Востоке и в Сибири может быть солнечная или ветроэнергетика в связи с высокими темпами ее развития на мировом уровне.

Особенно остро эта проблема стоит проблема энергоснабжения различных объектов в отдаленных территориях. Темпы развития энергосетей в большинстве регионов РФ отстают от темпов загородного строительства и сооружения отдаленных объектов, в том числе для разведки территорий. При этом экономический кризис лишь уменьшил остроту данной проблемы. Одним из методов решения проблемы перегруженности сетей является распределённая генерация энергии. Генераторы на базе возобновляемых источников энергии являются экологически чистыми, по сравнению, например, с дизельными электростанциями, и, следовательно, одновременно решается задача перехода на энергоисточники, которые не наносят вред среде обитания.

Объект проектирования – рудник «Купол» (Чукотский АО).

Предмет проектирования – участок «Кайен» рудника «Купол» как автономный объект.

Целью ВКР является разработка проекта схемы электроснабжения отдаленного на большое расстояние автономного объекта.

Задачами бакалаврской работы являются:

- дать общую характеристику организации и характеристику участка «Кайен», в том числе состав его электропотребителей;
- произвести анализ состояния вопроса использования возобновляемых источников энергии и перспективы развития гелио- и ветроэнергетики;
- оценить потенциал солнечной и ветровой энергии Чукотского автономного округа;
- представить актуальную методику расчета электрической силовой и осветительной нагрузки объекта проектирования;
- выполнить светотехнический и электротехнический расчеты системы освещения автономного объекта;
- разбить электроприемники на группы и произвести расчет нагрузок силовых пунктов;
- на основании спроектированной конфигурации и расчетных нагрузок выбрать коммутационно-защитную аппаратуру, проводники (электропроводку), силовые и осветительные щиты;
- проверить по отключающей способности и по чувствительности коммутационно-защитные аппараты, на основании расчета токов однофазного и трехфазного короткого замыкания;
- спроектировать ветроустановку для питания автономного объекта.

1 Теоретическая часть. Характеристика объекта и технические показатели электроприемников и зданий участка «Кайен» рудника «Купол»

1.1 Общая характеристика организации и географо-экономическая характеристика района

Месторождение Купол, открытое в 1995 году, является одним из крупнейших по запасам золота и серебра в России. Рудник Купол находится в Анадырском районе Чукотского автономного округа. Месторождение расположено в 400 км северо-западнее города Анадырь. На момент начала 2019 года, балансовые ресурсы месторождения составляли более 50 тонн золота.



Рисунок 1.1 – Расположения месторождения и рудника «Купол» в Чукотском автономном округе

Общество с ограниченной ответственностью золото-добывающая компания «Купол» действует с конца 2002 года. Зарегистрировано в реестре субъектов малого и среднего предпринимательства с 01.08.2016 как малое предприятие.

Основной вид деятельности: 07.29.41 - Добыча руд и песков драгоценных металлов (золота, серебра и металлов платиновой группы)

Дополнительные виды деятельности по ОКВЭД:

32.12.5 Производство ювелирных изделий, медалей из драгоценных металлов и драгоценных камней;

49.41.1 Перевозка грузов специализированными автотранспортными средствами;

49.41.2 Перевозка грузов неспециализированными автотранспортными средствами;

52.24 Транспортная обработка грузов;

52.29 Деятельность вспомогательная прочая, связанная с перевозками;

71.12.3 Работы геолого-разведочные, геофизические и геохимические в области изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы;

73.20.1 Исследование конъюнктуры рынка.

За последние пять лет добыча золота на месторождении постепенно снижалась. Снижение производственного показателя объясняется добычей руды с низким содержанием золота. Ранее золотодобывающая компания планировала завершить отработку запасов на Куполе в 2022 году. Но в результате проведения новых геологоразведочных работ, план добычи золота на месторождении был продлен золотодобытчиком до конца 2023 года.

Район работ на руднике «Купол» расположен в пределах Анадырского плоскогорья, представляющего собой слаборасчлененное низкогорье. Абсолютные отметки колеблются от 300 до 700 метров, относительные превышения над днищами речных долин составляют 200 - 300 метров. Преобладают горы с пологими, зачастую задернованными склонами и плоскими вершинами. Максимальные абсолютные отметки (до 900 м) на площади работ наблюдаются в западной и юго-западной ее части, где относительные превышения достигают 500 метров.

Все водотоки дренирующие район принадлежат бассейну р. Анадырь. Долины рек имеют корытообразную форму с небольшим продольным уклоном. Гидрогеологический режим водотоков не постоянен и находится в тесной зависимости от количества атмосферных осадков и времени года. Обнаженность удовлетворительная, коренные выходы встречаются редко.

Территория находится в зоне арктической тундры и характеризуется суровым климатом с коротким прохладным летом и долгой зимой (7-8 месяцев). Климат района резко континентальный, характеризуется среднегодовой температурой воздуха - 9-11⁰С. Минимальные температуры отмечаются в декабре-январе (42-43⁰С), средние зимние-(21-25⁰С), максимальные - в июле (30-31⁰С), средние летние -(9-10⁰С). Среднегодовое количество осадков, выпадающих в районе, составляет 160-345 мм. Максимальная высота снежного покрова в среднем достигает 40 см. Район расположен в зоне развития сплошной многолетней мерзлоты, максимальное оттаивание грунтов приходится на август и достигает 0,5-0,7 м на южных склонах гор. Реки вскрываются в конце мая, половодье продолжается до середины июня. Склоны гор и водоразделы покрыты растительностью арктической тундры, преобладают мхи и лишайники. В долинах рек встречаются кустарниковые заросли карликовой березы, ивы, ольхи и тальника. Возможность использования леса в ка-

честве стройматериалов, или дров исключается. Возможность сплава отсутствует.

Животный мир территории типичен для горно-тундровых ландшафтов Северо-Востока. Его наибольшее видовое разнообразие и максимальная насыщенность наблюдается в долинах крупных рек. Животный мир достаточно разнообразен. В районе водятся лоси, северные олени, бурые медведи, волки, лисы, песцы и рассомахи, зайцы, горностаи. Из птиц водятся куропатки, полярные совы, гнездятся журавли, утки, шилохвостики, пуночки, кулики и другие.

В экономическом отношении район не освоен и используется для традиционных промыслов коренного населения: оленеводства и охоты. Населенные пункты отсутствуют. Постоянная дорожная сеть отсутствует. Большинство речных долин доступно для передвижения гусеничного, а на отдельных отрезках и колесного вездеходного транспорта, как в летнее, так и в зимнее время. База предприятия расположена в г. Певеке. Город Певек является районным центром Чаунского района, расстояние от Певека до участка (базы) отряда авиатранспортом - 360 км, наземным - 720 км. В Певеке находится крупный морской арктический порт и аэропорт, принимающий любые типы самолетов. Период морской навигации - с июня по ноябрь. На участках горных и буровых работ условия транспортировки грузов очень сложные из-за крутых склонов, что требует создания подъездных дорог. Ближайший населенный пункт (пос. Марково) находится к юго-западу от границы изучаемой площади на расстоянии 215 км.

1.2 Общая характеристика участка «Кайен». Состав электропотребителей

Участок «Кайен» представляет собой в большей степени совокупность административно-бытовых и общественных зданий, в основном для осуществления разведки полезных ископаемых геологами, чем промышленный объект с определенным технологическим процессом.

Перед тем как спроектировать систему электроснабжения автономного объекта, необходимо идентифицировать все помещения, электроприемники в них (учитывая проектное месторасположение согласно санитарным, техническим и другим нормам). Для этого, для рассматриваемого объекта, представляющего из себя совокупность зданий преимущественно административно-бытового назначения, представим в нижеследующих таблицах 1.1 и 1.2 данные по геометрии помещений, а также по электроприемникам (бытовая техника, оргтехника, вентиляция и т.д.). На рисунке 1.2, в соответствии с нумерацией, представленной в таблице 1.1, указаны все задействованные электроприемники. Все электроприемники рассчитаны на напряжение 220 В.

В качестве исходных данных выпишем из документа СП 52.13330.2016 нормы освещенности помещений в соответствии с их видом и назначением (таблица 1.1). Высота помещений в зданиях составляет 2,7 м.

Для уменьшения разветвленности сети электроснабжения совокупно-

сти зданий участка «Кайен» рудника «Купол» целесообразно объединить, схожие по типу и режиму работы различное оборудование. Достаточно мощное электрооборудование, рассчитанное на фазное или линейное напряжение, по проекту отсутствует. Для удобства расчета, как вариант, можно объединить по территориальному принципу однотипное оборудование с одинаковыми коэффициентами мощности. Однако, т.к. помещения небольшие и для каждого из них нужно ставить индивидуальные щитки для запитывания электроприемников, то целесообразно группы освещения, розеточные группы и группы силового оборудования комбинировать в одном таком щитке.

Таблица 1.1 – Помещения совокупности зданий участка «Кайен» рудника «Купол» (геометрические данные и данные по нормативной освещенности в люксах)

№	Наименование	Е, лк	Площадь, м ²	А	В
1	2	3	4	5	6
1	Помещение ДГУ	75	28,2	6,0	4,7
2	Бойлерная	75	26,79	5,7	4,7
3	Помещение бытовое (санузлы, душевые, постирочная)	200	26,79	5,7	4,7
4	Кухня	200	10,78	4,9	2,2
5	Столовая	300	48,02	9,8	4,9
6	Кабинет медперсонала	300	13,8	6,0	2,3
7	Помещение руководящего состава (кабинет)	300	13,8	6,0	2,3
8	Холодный склад	75	13,8	6,0	2,3
9	Рабочее помещение геологов (коршак 1)	400	83,04	17,3	4,8
10	Рабочее помещение геологов (коршак 2)	400	105,6	22	4,8
11	Склад запчастей	75	13,8	6,0	2,3
12	Склад инструмента и запчастей	75	13,8	6,0	2,3
13	Холодный склад	75	30	6,0	5,0
14	Помещение для распила керна	200	13,8	6,0	2,3
15	Подсобное помещение	100	13,8	6,0	2,3
16	Гараж	100	26,25	7,5	3,5
17	Жилое помещение на 4 места (палатка)	200	21	6,0	3,5
18	Жилое помещение на 4 места (палатка)	200	21	6,0	3,5
19	Жилое помещение на 4 места (палатка)	200	21	6,0	3,5
20	Жилое помещение на 4 места (палатка)	200	21	6,0	3,5
21	Жилое помещение на 8 мест (палатка)	200	44,62	9,7	4,6
22	Жилое помещение на 4 места (палатка)	200	21	6,0	3,5
23	Жилое помещение на 4 места (палатка)	200	21	6,0	3,5
24	Жилое помещение на 4 места (палатка)	200	13,8	6,0	2,3
25	Жилое помещение на 4 места (балка)	200	13,8	6,0	2,3
26	Жилое помещение на 4 места (балка)	200	13,8	6,0	2,3
27	Жилое помещение на 4 места (балка)	200	13,8	6,0	2,3
28	Сварочный и слесарный цех	200	26,25	7,5	3,5
29	Склад неотапливаемый и неэлектрифицированный	-	-	-	-
30	Склад неотапливаемый и неэлектрифицированный	-	-	-	-
31	Склад неотапливаемый и неэлектрифицированный	-	-	-	-
32	Склад неотапливаемый и неэлектрифицированный	-	-	-	-

Таблица 1.2 – Основные технические показатели электроприемников

№ по плану	Оборудование	Мощность, кВт	cosφ
1	2	4	5
1	Водонагреватель ЭВН-1	6,00	0,95
2	Водонагреватель ЭВН-2	6,00	0,95
3	Насос закачной	0,23	0,85
4	Насос циркуляционный №1	0,5	0,85
5	Насос циркуляционный №2	0,5	0,85
6	Кабель греющий	0,32	0,95
7	Вентилятор охлаждения	2,0	0,85
8	Обогреватель помещения	1,0	1,0
9	Обогреватель помещения	1,0	1,0
10	Обогреватель помещения	1,0	1,0
11	Тепловая завеса	3,0	0,95
12	Кабель греющий	0,64	0,95
13	Машина стиральная	2,2	0,8
14	Машина сушильная	2,2	0,8
15	Тепловая завеса	1,5	0,95
16	Вентилятор вытяжной	0,25	0,85
17	Тепловая завеса	1,5	0,95
18	Посудомоечная машина	2,2	0,8
19	Холодильник	0,3	0,65
20	Холодильник	0,3	0,65
21	Электроплита	2,5	0,95
22	Мармит	0,6	0,9
23	Обогреватель помещения	1,0	1,0
24	Обогреватель помещения	1,0	1,0
25	Обогреватель помещения	1,0	1,0
26	Обогреватель помещения	1,0	1,0
27	Обогреватель помещения	1,0	1,0
28	Кернорез	4,0	0,8
29	Насос	0,37	0,85
30	Обогреватель помещения	1,0	1,0
31	Обогреватель помещения	1,0	1,0
32	Обогреватель помещения	1,0	1,0
33	Обогреватель помещения	1,0	1,0
34	Обогреватель помещения	1,0	1,0
35	Обогреватель помещения	1,0	1,0
36	Обогреватель помещения	1,0	1,0
37	Обогреватель помещения	1,0	1,0
38	Обогреватель помещения	1,0	1,0
39	Обогреватель помещения	1,0	1,0
40	Обогреватель помещения	1,0	1,0
41	Обогреватель помещения	1,0	1,0
42	Обогреватель помещения	1,0	1,0
43	Обогреватель помещения	1,0	1,0
44	Обогреватель помещения	1,0	1,0
45	Обогреватель помещения	1,0	1,0
46	Обогреватель помещения	1,0	1,0
47	Обогреватель помещения	1,0	1,0
48	Обогреватель помещения	1,0	1,0
49	Обогреватель помещения	1,0	1,0

№ по плану	Оборудование	Мощность, кВт	cosφ
1	2	4	5
50	Обогреватель помещения	1,0	1,0
51	Обогреватель помещения	1,0	1,0
52	Обогреватель помещения	1,0	1,0
53	Обогреватель помещения	1,0	1,0
54	Обогреватель помещения	1,0	1,0
55	Обогреватель помещения	1,0	1,0
56	Обогреватель помещения	1,0	1,0
57	Обогреватель помещения	1,0	1,0
58	Обогреватель помещения	1,0	1,0
59	Обогреватель помещения	1,0	1,0
60	Обогреватель помещения	1,0	1,0
61	Обогреватель помещения	1,0	1,0
62	Обогреватель помещения	1,0	1,0
63	Обогреватель помещения	1,0	1,0
64	Обогреватель помещения	1,0	1,0
65	Обогреватель помещения	1,0	1,0
66	Обогреватель помещения	1,0	1,0
67	Обогреватель помещения	1,0	1,0
68	Обогреватель помещения	1,0	1,0
69	Обогреватель помещения	1,0	1,0
70	Обогреватель помещения	1,0	1,0
71	Обогреватель помещения	1,0	1,0
72	Обогреватель помещения	1,0	1,0
73	Обогреватель помещения	1,0	1,0
74	Обогреватель помещения	1,0	1,0
75	Обогреватель помещения	1,0	1,0
76	Обогреватель помещения	1,0	1,0
77	Обогреватель помещения	1,0	1,0
78	Обогреватель помещения	1,0	1,0
79	Обогреватель помещения	1,0	1,0
80	Обогреватель помещения	1,0	1,0
81	Обогреватель помещения	1,0	1,0
82	Обогреватель помещения	1,0	1,0
83	Насос скважинный	1,5	0,85
84	Сварочный пост	6,0	0,6

Розеточные группы будут учитываться согласно методике [54], т.е. отдельно от перечисленных выше силовых электроприемников. Розеточные группы обозначаются на плане отдельными схематическими обозначениями.

2 Аналитическая часть. Особенности электроснабжения автономных объектов

2.1 Анализ состояния вопроса использования возобновляемых источников энергии

2.1.1 Место нетрадиционных источников в удовлетворении энергетических потребностей человека

Как показывает мировой опыт, одним из путей развития распределенной генерации является использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Экономический потенциал ВИЭ велик и их доля в мировом энергопотреблении может составлять 10-12%. Практически во многих странах формируются и реализуются долгосрочные государственные программы по использованию ВИЭ.

ВИЭ – это те запасы, которые восполняются естественным образом, прежде всего за счет поступающего на поверхность Земли потока энергии солнечного излучения, и в обозримой перспективе являются практически неисчерпаемыми. Это, в первую очередь, сама солнечная энергия.

К серьезным недостаткам ВИЭ, ограничивающим их широкое практическое применение, относятся невысокая плотность энергетических потоков и их непостоянство во времени и, как следствие этого, необходимость значительных затрат на оборудование, обеспечивающее сбор, аккумулирование и преобразование энергии. Вместе с тем технологии использования различных ВИЭ активно развиваются во многих странах мира, многие из них достигли коммерческой зрелости и успешно конкурируют на рынке энергетических услуг.

К сожалению, по России надежная статистическая информация по использованию ВИЭ отсутствует. По экспертным оценкам, если не принимать во внимание крупную гидроэнергетику, вклад ВИЭ в энергобаланс страны сегодня практически незаметен. Тем не менее, соответствующие исследования и разработки, направленные на продвижение ВИЭ на рынок, в стране ведутся, и определенные успехи достигнуты.

Помимо всего этого, на сегодняшний день, в рамках проходящей в России «Программы в области энергосбережения и повышения энергоэффективности» особо актуален вопрос использования нетрадиционных источников электрической энергии с целью снижения потребления электроэнергии из сети и, как следствие, снижения затрат на её приобретение, в связи с ежегодным ростом тарифов на электроэнергию. В связи с этим актуальным является повышение эффективности использования возобновляемых источников энергии при энергообеспечении отдаленных объектов путем учета климатических условий и обоснования рациональной конструкции такой системы.

Экономический ресурс ВИЭ в мире в настоящее время оценивают в 20 млрд т у. т. в год, что в 2 раза превышает объем годовой добычи всех видов ископаемого топлива. Это обстоятельство указывает путь раз-

вития энергетики ближайшего будущего и уже сегодня человечество могло бы, полностью обеспечить свои потребности в электроэнергии, только лишь, за счет возобновляемых источников [1].

К нетрадиционным и ВИЭ относят: энергию Солнца, ветра, тепла Земли, энергию морей и океана, биомассу, новые виды жидкого и газообразного топлива, представленные синтетической нефтью на основе угля, органической составляющей горючих сланцев и битуминозных пород (дополнительные углеводородные ресурсы), а также некоторые виды топливных спиртов и водород [2].

Указанные энергоносители в процессе технологических превращений различной глубины и сложности позволяют получать продукцию, свойства которой сопоставимы с продукцией, получаемой за счет природного газа, угля, нефти и продуктов их переработки и тем самым могут обеспечить экономию традиционного энергетического сырья [3].

Главное преимущество этих энергоресурсов состоит в том, что большинство из них являются местным видом топлива, а районы наибольшей концентрации их сырьевой базы, как правило, испытывают определенные трудности в формировании своего топливно-энергетического баланса (ТЭБ). Хозяйственное освоение их будет не только способствовать оптимизации структуры ТЭБ этих районов, но и снижению напряженности транспортных грузопотоков.

Многие из нетрадиционных источников энергии являются сложными энергоресурсами, компоненты которых позволяют получать и нетопливную продукцию, широко применяемую в химии, строительной индустрии, сельском хозяйстве, металлургии и т. д. Например, термальные воды, горючие сланцы и битуминозные породы содержат в промышленных концентрациях литий, ванадий, никель, рубидий, серу и другие элементы, принципиальная возможность извлечения которых доказана. Минеральная составляющая горючих сланцев и битуминозных пород является исходным сырьем при производстве изделий для дорожной и строительной индустрии. Рациональная утилизация различных видов отходов (биомасса) позволит получать высококачественные удобрения. Ресурсы этих видов энергии велики [4].

Основное преимущество ВИЭ – неисчерпаемость и экологическая чистота. Их использование не изменяет энергетический баланс планеты. Эти качества и послужили причиной бурного развития возобновляемой энергетики за рубежом и весьма оптимистических прогнозов их развития в ближайшем десятилетии. Возобновляемые источники энергии играют значительную роль в решении трех глобальных проблем, стоящих перед человечеством: энергетики, экологии, продовольствия. По этим проблемам, т.е. показателям энергетики, экологии и продовольствия, наиболее перспективными видами ресурсов и установок являются ветроустановки, солнечные фотоэлектрические и тепловые установки, а также малые и микроГЭС и в последнее время – волновая энергетика (одно из направлений альтернативной гидроэнергетики, использующей энергию морских и океанических волн и те-

чений) [1, 5].

С экономической точки зрения не все известные технологии использования ВИЭ эффективны, особенно в России. Т.е. их экономический потенциал хоть и огромен, но далеко не во всех странах власти повышают долю использования ВИЭ по сравнению с традиционными источниками. Дело в том, что, несмотря даже на возникающие кризисы в экономике Европы, быстрый рост производства электроэнергии на базе ВИЭ все же обеспечивается и с каждым годом преумножается [6, 7].

Указанные способы получения различных видов энергии, в частности, таких основных, как электрическая и тепловая энергия, перерастут в скором будущем из разряда дополнительных (вспомогательных) ресурсов в разряд основных. Судя по мировой обстановке и стремлению уменьшить негативные выбросы предприятий в городах, в особенности, в странах Запада, можно утверждать, что через 10-30 лет традиционные ресурсы, во-первых, исчерпаются значительно, а, во-вторых, просто потеряют свою актуальность на фоне решения обострившихся экологических проблем общества.

2.1.2 Мировое потребление энергоресурсов и освоение нетрадиционных возобновляемых источников энергии

Потребление энергии во всем мире непрерывно растет, что объясняется ростом населения, происходящим процессом индустриализации, вызывающим повышение расхода материалов на душу населения, увеличение энергозатрат на работу транспорта и добычу природных ископаемых, на повышение плодородия почв и пр. Одновременно в мире растет обеспокоенность социальными и экологическими последствиями наращивания мощностей тепловых электростанций, работающих на органическом топливе, и атомных электростанций. Человечеству не грозит энергетический кризис, связанный с истощением запасов нефти, газа, угля, если оно освоит технологии использования возобновляемой энергии. В этом случае будут также частично решены проблемы загрязнения среды обитания выбросами углеводородных электростанций и транспорта, а также увеличения продолжительности и качества жизни [7].

Атомная энергетика сегодня уже не считается, как ранее, дешевой, чистой и надежной альтернативой традиционным нефтяным и угольным ТЭС. Лишь немногие страны (Япония, Франция) продолжают наращивать потенциал АЭС. При эксплуатации АЭС не полностью решены вопросы захоронения радиоактивных отходов, всевозрастающего количества отслужившего загрязненного оборудования, и, главное, не исключена опасность возникновения крупных аварий с непредсказуемыми последствиями.

Доказано, что более половины объема энергии, получаемой при сжигании топлива, теряется в процессах преобразования и потребления. В связи с этим поставлен вопрос о совершенствовании эффективности потребления энергоресурсов, и в первую очередь электроэнергии.

Второй вопрос - дальнейшее развитие техники и технологии возобнов-

ляемых источников энергии. В общем случае к возобновляемым источникам энергии относятся практически неисчерпаемые источники [5, 7], способные восстанавливать свой энергетический потенциал в т. ч. некоторые традиционные источники энергии, например, водные потоки и геотермальное тепло.

По прогнозам ученых, возобновляемые источники энергии составили и составят в мировом энергопотреблении, млн. т у. т [2]:

1980 г.	2000 г.	2020 г.
10 (0,1 %)	до 500 (1,4-1,9 %)	1150-1450 (5,6-5,8 %)

Энергия солнечного излучения, падающего на поверхность Земли, в 20 тыс. раз превосходит современное потребление энергии. Энергия ветра составляет 1,7-1,8% солнечной энергии. До высоты 150 м количество ветровой энергии составляет $4,2-4,5 \cdot 10^{18}$ Дж или примерно $1,2 \cdot 10^{12}$ кВт.ч. Поэтому теоретически можно за счет ветровой энергии покрывать 5-10% общего потребления электроэнергии [8].

Ныне источники возобновляемой энергии покрывают до 10% европейского энергопотребления, а в 2020 г. ожидается его повышение до 25%. Так, стратегия развития США предусматривает к 2025 году выработку 25% электроэнергии за счет альтернативных источников, в Австрии порядка 28% в настоящее время дают ВИЭ, Китай к 2020 году планирует повысить долю ВИЭ до 15%, Особенно впечатляют успехи стран северной Европы, например, Норвегии, которая в то же время является одним из крупных в мире нефтяных производителей. Альтернативная энергия в стране вырабатывается в основном с применением ветра, геотермальных источников и воды. А Дания в очень ветреные дни может обеспечить свою потребность в электроэнергии на 140% только за счет ветровых установок. Излишки датчане продают соседям — в Германию, Швецию и Норвегию. В Исландии почти всю электроэнергию также получают из возобновляемых источников – гидротермальных источников. Швеция уже вырабатывает из возобновляемых источников почти две трети электроэнергии, потребляемой в стране. Не отстают и страны Нового Света. Для особой наглядности можно привести в пример такую развивающуюся латиноамериканскую страну, как Уругвай. Этой небольшой латиноамериканской стране за последние 10 лет удалось возвести столько объектов ВИЭ, что она смогла обеспечить свои потребности в энергии на 95,4%. В результате были снижены затраты на выработку электроэнергии и объем вреда, наносимый природе [9]. Швейцария, в свою очередь, преобладают комбинированные солнечно-ветровые установки с солнечными модулями высокой производительности для энергообеспечения жилых домов. В Японии, как известно, новые разработки в области получения различных видов энергии, составляют будущее высоких технологий этой страны, где стремятся, прежде всего, обеспечить максимальное сближение источников генерации энергии с помощью ВИЭ и потребителями. Австралийские компании, занимающиеся в области ВИЭ, по оценкам своих экспертов, заявляют об 1/6 потребляемой энергии, производимой от ВИЭ. Крупнейшие фотоэлектрические установки находятся в Германии, Португалии, Италии, США и Канаде [5]. В этих и других странах построены системы экономиче-

ского стимулирования в отношении развития ВИЭ.

Однако, несмотря на бурное развитие использования ВИЭ, эти источники в некоторых странах не могут составить конкуренцию массе других известных энергоносителей по причине больших сроков окупаемости и себестоимости единицы выработанной энергии по сравнению с такими же показателями для традиционных источников. Например, в целом, но в зависимости от определенных климатических и других условий, в настоящее время пока еще дешевле вырабатывать энергию с помощью ГЭС, чем, например, с помощью геотермальных станций, а оборудование ФЭС как источников энергии остается по стоимости на высоком уровне [10].

Таким образом, можно сказать, что освоение альтернативных источников энергии и многократное опережение темпов развития ВИЭ-энергетики темпов экономического роста наблюдается в тех странах, где ограничены запасы органического топлива и не развивается ядерная энергетика [11].

Хозяйственное использование солнечной, ветровой и других возобновляемых видов энергии определяется уровнем развития инженерно-технических средств улавливания, преобразования и аккумулирования энергии, надежностью и сроками службы установки, их стоимостью.

Так, солнечная энергия широко используется для обогрева и охлаждения зданий, горячего водоснабжения, и др. Основным элементом установок для подобного использования солнечной энергии являются различной конструкции коллекторы солнечной энергии, которые могут быть изготовлены из различных материалов, вплоть до полимеров [6, 12, 13].

С учетом социальных и экологических факторов, стоимость электроэнергии ТЭС и АЭС увеличивается. Наблюдается тенденция увеличения стоимости электроэнергии от традиционных источников энергии и уменьшения от возобновляемых источников энергии.

Для широкого использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии необходима помощь государства. Во многих промышленно развитых странах созданы специальные комиссии, занимающиеся этим вопросом, разработаны и выполняются национальные программы. Но иногда, например, и в Европе, на исполнительном уровне несколько тормозятся такие программы в плане принятия новых. Т.е. такую программу могут принять заблаговременно и потом не пересматривать несколько лет [14].

Но, несмотря на все преимущества нетрадиционных возобновляемых источников энергии, как наиболее чистых технологий, как указывалось, им все же присущи некоторые недостатки. Нетрадиционные источники энергии оказывают следующее влияние на окружающую среду [15, 16]:

- биомасса – использование почвы при создании энергетических плантаций, загрязнение воздуха при сжигании биомассы, загрязнение воды при переработке;
- ветроэнергетические установки - перегрузка территории технологическими установками, проблема безопасности ветроустановок, изменение ландшафта, шум, изменение ветровой обстановки и т.д.;
- солнечные установки - изменение гидрометеорологической ситуа-

ции, отчуждение территории для крупных установок.

Вместе с тем, существенным недостатком большинства ВИЭ является малая удельная плотность энергии, приходящейся на единицу воспринимающей площади или объема соответствующего устройства. Вторым недостатком, присущим большинству ВИЭ, является непостоянство поступающей энергии во времени, неманевренность. Оба перечисленные недостатка приводят к удорожанию энергии, получаемой от ВИЭ, что существенно влияет на сегодняшнее отношение к ним [17].

Однако перспективность широкого применения ветровой и, в особенности, солнечной энергии в паромышленности и быту обусловлена территориальной рассредоточенностью потребителей, относительно небольшой требуемой мощностью многих типов технологического оборудования, достаточном количеством объектов с автономным энергоснабжением [18].

2.2 Перспективы развития гелио- и ветроэнергетики

2.2.1 Общая характеристика солнечного излучения

Солнце является главным первоисточником нетрадиционной энергетики. солнечная энергия излучается в пространство благодаря термоядерной реакции, которая протекает внутри звезды. на землю падает поток энергии, равный $1,7 \cdot 10^{14}$ кВт. основной величиной, характеризующей этот вид энергии, является солнечная постоянная, т. е. плотность потока излучения, падающего на площадку, перпендикулярную этому излучению и расположенную над атмосферой. ее численное значение составляет около 1353 Вт/м^2 . проходя через атмосферу, солнечное излучение ослабляется, частично пронизывает атмосферу прямыми лучами и достигает земной поверхности в виде прямого и рассеянного излучения на уровне земли солнечная постоянная не превышает 1000 Вт/м^2 . Прямое и рассеянное излучение ведут себя по-разному, прямыми лучами можно управлять, применяя соответствующие оптические системы, рассеянное излучение не поддается концентрации и управлению [19].

Солнечное излучение, достигающее земной поверхности, неоднородно по своему составу и его можно разделить на три диапазона: ультрафиолетовый, видимое излучение и инфракрасный диапазон. каждый участок спектра вносит свою долю излучения: ультрафиолетовый – 7 %, видимый – 47 %, инфракрасный – 46 %. Облученность рассматриваемой площадки зависит от географической широты, времени года, суток, наличия облаков и загрязнений в атмосфере, от угла наклона к горизонту [20].

Солнечное излучение состоит из прямого и рассеянного (диффузного) излучения. Последнее возникает от солнечного света, который рассеивается через облака, за счет испарения и др. и попадает на поверхность земли по различным направлениям. некоторые солнечные системы (гелиоустановки) используют прямое излучение (яркое солнце), в большинстве случаев можно использовать как прямое, так и диффузное излучение [6].

Преимуществам солнечной энергии обычно противопоставляется малая (ограниченная) плотность энергии. Действительно, при полном солнечном излучении солнечная мощность составляет около 1 000 Вт на м², однако среднегодовая составляет только 100 Вт/м². Исходя из этого гелиоустановки требуют больших площадей. Это, однако, не является препятствием для широкого использования гелиотехники. Так, в Германии, к примеру, в распоряжение солнечных систем предоставлены около 3 500 км² поверхностей крыш, из них около 800 км² пригодны для гелиоустановок. Другие площади, которые могут быть использованы для размещения установок, – это фасады и технические стройки (мосты, шумопоглощающие стены) [21].

Следует отметить, что солнце является основным поставщиком энергии на нашей планете. год за годом оно поставляет с высокой надежностью солнечное излучение, превышающее нынешнее мировое потребление энергии в 7 тыс. раз: 70 % этого излучения приходится на океаны [19]. Так, например, в Сахаре ежегодно на квадрат 200 км на 200 км приходится столько энергии, сколько в настоящее время используется во всем мире. Если бы солнечное излучение в Сахаре использовалось на 10 %, то на площадь приблизительно 700 км на 700 км можно было бы производить нынешнюю мировую потребность в энергии [17].

Годовой поток солнечного излучения на территории России изменяется в широких пределах. Так, на 1 м² горизонтальной поверхности на северных островах и северо-восточной оконечности Сибири за год поступает всего 550 - 830 кВт·ч, на большей части европейской территории и Сибири – 830 - 1100 кВт·ч, в южных районах Поволжья, Сибири и Дальнего Востока – 1100 - 1380 кВт·ч, в Закавказье – 1400 - 1600 кВт·ч. [22].

Таким образом, при использовании высокоэффективных методов преобразования энергии Солнце может обеспечивать бурно растущие потребности в ней практически бесконечно.

2.2.2 Развитие гелиоэнергетики

Как известно, имеется три основных направления использования солнечной энергии: прямое преобразование солнечной энергии в электроэнергию, преобразование солнечной энергии в тепло и преобразование солнечной энергии в электрическую по термодинамическому циклу (солнечные термодинамические станции). Наибольшее распространение в мире получили первые два направления, поэтому остановимся только на них.

На сегодняшний день суммарная установленная мощность фотоэлектрических преобразователей в мире достигла 500 МВт и с каждым годом увеличивается. Фотоэлектрические установки имеют широкий спектр применения: от индивидуальных бытовых установок до крупных сетевых электростанций. За последние 50 лет произошло значительное снижение удельной стоимости фотоэлектрических модулей.

Во многих странах мира намечаются и проводятся грандиозные правительственные программы стимулирования развития фотоэнергетики, однако

особые усилия в этой области прилагают в Японии, США и Германии [11].

В России, несмотря на имеющийся в этой области научно-технический и промышленный потенциал, фотоэлектрические установки не имеют сколь-нибудь ощутимого распространения. Суммарная установленная мощность фотоэлектрических систем в нашей стране составляет около 0,5 МВт. Тем не менее, работы по развитию данной отрасли энергетики ведутся [23].

Несомненно, фотоэнергетика получит дальнейшее развитие, как в мире, так и в России во многом благодаря следующим своим качествам:

фотоэлектричество является экологически чистым источником энергии;

сырьевая база фотоэнергетики (кремний) практически неисчерпаема, содержание кремния в земной коре превышает запасы урана в 100 тысяч раз;

фотоэлектрические преобразователи обладают высокими эксплуатационными качествами: долговечность (25-30 лет), высокая надежность из-за отсутствия вращающихся частей и полная автоматизация.

Наибольшее распространение в мире получило преобразование солнечной энергии в тепло невысокого потенциала, достаточного, однако, для горячего водоснабжения и отопления. Это объясняется тем, что КПД преобразования солнечной энергии в тепло выше, чем КПД преобразования солнечной энергии в электричество. Кроме того, преобразование солнечной энергии в тепло реализуется с помощью простых, а, следовательно, и относительно дешевых технических устройств [5, 6].

В России действуют системы солнечного теплоснабжения с площадью солнечных коллекторов более 0,1 млн. м² [23]. Наиболее широко солнечная энергия используется в Краснодарском крае.

Объем производства солнечных коллекторов в нашей стране составляет порядка 10-20 тыс. м в год. Их выпуском занимаются Ковровский механический завод (г. Ковров, Владимирская область) и фирма «Радуга-Ц» (г. Жуковский, Московская область). Отдельные партии изготавливает НПО «Машиностроение» (г. Реутов, Московская область) [24].

Анализ удельной стоимости производимых в настоящее время солнечных коллекторов показывает, что для зарубежных изделий она находится в пределах 290...500 долл./м, а отечественных - 100...200 долл./м [25]. Столь высокая стоимость коллекторов объясняется тем, что для их изготовления используют металлы, в том числе и цветные.

Опыт эксплуатации солнечных водонагревательных установок в климатических условиях России показывает, что их наиболее целесообразно применять для горячего водоснабжения. Удельная теплопроизводительность при этом достаточно высока и составляет 500 - 750 кВт·ч на 1 м² солнечного коллектора [6].

Наиболее перспективными СВН являются вакуумные коллекторы с тепловыми трубками. Солнечный коллектор с встроенным теплоаккумулятором на вакуумированных трубках применяется в системах горячего водоснабжения.

Применение вакуумированных трубок позволяет также собирать не

только прямую солнечную радиацию, но и отраженную (диффузную). У таких коллекторов не снижается КПД при низких температурах и ветре.

Что же касается применения активных систем солнечного отопления, то в климатических условиях России они в целом не эффективны (за исключением некоторых районов) вследствие малой удельной теплопроизводительности.

В России в первую очередь получают развитие системы солнечного теплоснабжения, в силу простоты своей конструкции и низкой, по сравнению с фотоэлектрическими преобразователями, удельной стоимости.

Анализ зарубежного и отечественного опыта использования гелиоустановок для энергоснабжения различных потребителей показывает, что за счет солнечной энергии в зависимости от географического местоположения можно экономить от 30 до 70 % традиционных энергоресурсов [3].

Опыт эксплуатации показал возможность использования гелиоустановки для горячего водоснабжения сезонных потребителей. Солнечная установка с мая по сентябрь обеспечивала горячей водой технологические нужды совместно с теплогенератором, работающим на жидком топливе. В среднем в течение дня за счет солнечной энергии в июле обеспечено около 80 % необходимой тепловой энергии, в августе - 60 %. Вода нагревалась до температуры 35...50 °С; экономия топлива в среднем составила 100 кг у.т./м² в год.

2.2.3 Развитие ветроэнергетики

Установленная мощность ветроэнергетических установок (ВЭУ) и ветроэнергетических станций (ВЭС) в мире за последние 15 лет возросла более чем в 20 раз. В настоящее время в мире наметились тенденции к увеличению единичной мощности ветроагрегатов с одновременным совершенствованием их конструкции. Единичная мощность ВЭУ достигла 1-2 МВт, испытываются ВЭУ мощностью 3 и 4 МВт. Благодаря созданию таких ВЭУ удалось снизить их удельную стоимость в 2-4 раза [4].

Ветроэнергетика является сегодня мировым лидером по масштабам применения по сравнению с использованием других видов ВИЭ. Это объясняется почти повсеместной распространенностью энергии воздушного потока.

На фоне отмеченных выше успехов в мировой ветроэнергетике в России это направление развито слабо (только в некоторых регионах). Опыт применения системных ВЭС практически отсутствует, а современных автономных ВЭУ - ограничен. В разных регионах страны эксплуатируются до десяти отечественных ВЭУ мощностью 250 кВт и несколько более мощных ВЭУ зарубежного изготовления [26].

Тем не менее, на территории России существует большое количество районов, где возможно широкомасштабное использование групп ВЭУ. Среди них Курильские острова, Сахалин, Дальний Восток, Север России, нижнее течение Волги, Дона, Лены. Прогнозируемая потребность России в ветроагрегатах оценивается в 60...70 тысяч, в т. ч. более 90 % мощностью до 10 кВт.

Производством ВЭУ в России занимаются более 10 различных предприятий и фирм: ГУП МКБ «Радуга», АО «Тушинский машзавод», НПК «Ветропарк», НИЦ «Виндэк», ООО «ГРЦ-Вертикаль» (г. Миасс, Челябинская обл.) и др. Данные предприятия выпускают ВЭУ мощностью от 0,1 до 1000 кВт [26]. Техничко-экономические показатели эксплуатирующихся отечественных ВЭУ вполне соответствуют ТЭП лучших зарубежных ВЭУ.

Наиболее широкое применение для выработки электроэнергии получили аксиальные (горизонтально-осевые) ВЭУ, у которых лопастное колесо с лопатками аэродинамического профиля имеет горизонтальную ось вращения. Работа вертикально-осевых ВЭУ, в отличие от горизонтально-осевых, не зависит от направления ветра, и поэтому удельная выработка энергии аналогичными по мощности конструкциями у ВЭУ в 2–2,5 раза больше. Такие ортогональные ВЭУ не являются генераторами инфразвука и шума [26]. Кроме того, в перспективе уже доказана целесообразность применения комбинированных ВЭУ, использующих два указанных вида ВЭУ в одной установке, для автономного энергоснабжения различных объектов. Продолжая идею комбинирования ВЭУ можно утверждать, что с точки зрения регионального энергобаланса наиболее перспективным представляется совместное использование различных ресурсов с целью сглаживания пиковых всплесков и простоев в производстве энергии. Грамотный и системный подход к комплексным установкам на основе ВЭУ поможет значительно снизить затраты на их эксплуатацию и в разы увеличить их эффективность. Главное в данном случае – индивидуальный выбор места установки. Он необходим для определения наиболее продуктивных источников энергии с учетом затрат на производство, аккумуляцию и транспортировку энергии [27].

Одним из перспективных направлений использования ветровой энергии является применение ветроагрегатов для целей теплоснабжения. Использование ВЭУ в составе тепловых установок целесообразно на небольших хозяйствах, так как для этих целей пригодны установки малой и средней мощности, создание которых не представляет особых сложностей для промышленности и в быту. При этом они могут комплектоваться обширной номенклатурой стандартных электротепловых установок, тепловентиляторов и теплогенераторов. В частности, из тепловых технических средств, использующих энергию ветра, в промышленном секторе и быту преобладают резистивные устройства. Это трубчатые электрические нагреватели (ТЭНы), устанавливаемые в емкостях с водой (электрические бойлеры), или нагревательные провода, закладываемые в почву, в обогреваемые полы и др. [28].

Таким образом, ветровая энергия может быть успешно использована во всех отраслях производства и в быту [29]. Причем наиболее эффективное применение ВЭУ находят при производстве тепловой энергии для отопления и горячего водоснабжения различных помещений, жилых и общественных зданий. Экономия традиционных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) может при этом достигать 40-60 %.

2.3 Стратегическое значение возобновляемой энергетики в России

В ТЭК страны формируется более четверти валового внутреннего продукта, практически 30% бюджета страны, более 2/3 доходов от экспорта и четверть общего объёма инвестиций. От того, как работают энергетики, напрямую зависит положение в других отраслях – и состояние окружающей среды, и здоровье людей, цифры в платёжках за жилищно-коммунальные услуги и цены на автозаправках. Поэтому понятно, что этот вопрос касается практически всего населения нашей страны.

В последнее время к факторам, связанным с проблемами в ТЭК страны, добавилось замедление внутреннего экономического роста, увеличение себестоимости добычи и затрат на транспортировку. Важно правильно оценить и те изменения, которые происходят в мировой энергетике. Не замечать их нельзя, невозможно просто, тем более что всем известно, что в мире обычно раз в 50–60 лет происходит энергетическая революция и появляется новый вид «топлива», который в конечном счёте приводит к новым эффектам.

Программной целью новой энергетической стратегии ЭС-2030 [29] и формируемой в ней энергетической политики является развитие и поддержание энергетического сектора страны в состоянии, способном удовлетворить потребности растущей экономики России в энергоресурсах при полном выполнении обязательств России по международным контрактам.

Энергетическая стратегия ЭС-2030 исходит из того, что сформированная в ней энергетическая политика должна обеспечить достижение как конечных стратегических ее целей, которые остаются неизменными на весь период действия ЭС-2030, так и текущих целей различных временных этапов, которые составляют дерево целей, обеспечивающее решение конечных стратегических задач.

Другими словами, в основу новой энергетической стратегии положено гибкое прогнозирование, предполагающее новое видение системы целей ЭС-2030. В новой стратегии вместо традиционной жесткой и статичной иерархии целей предлагается дерево целей, основанное на принципе эволюционного развития целей стратегии, которое может корректироваться в ходе реализации Энергетической стратегии.

Главной целью энергетической политики остается эффективное использование масштабного природного и производственного энергетического потенциала России для развития экономики страны и повышения качества жизни ее населения. Это подразумевает не только надежность и экономичность поставок топливно-энергетических ресурсов всем потребителям, но и обеспечение финансовой поддержки экономики страны на пути ее инвестиционного и инновационного обновления [30].

Реализация поставленной цели возможна через решение следующих программных задач энергетической политики:

- приоритетное обеспечение энергетической безопасности и экономически обоснованного внутреннего спроса на энергоресурсы;
- наращивание энергетического потенциала и поддержание устойчиво-

го развития экономики страны за счет экспорта топливно-энергетических ресурсов;

– обеспечение инновационного развития экономики и энергетики с последующим радикальным снижением доли энергетического сектора в структуре воспроизводства экономического потенциала страны.

Одним из главных приоритетов энергетической политики на рассматриваемый период до 2030 года выступает обеспечение инновационного развития экономики и энергетики, включая развитие альтернативных источников энергии и энергосберегающих технологий, с последующим радикальным снижением доли энергетического сектора в структуре воспроизводства экономического потенциала страны.

В рамках линии развития и постепенного внедрения инновационных технологий выделяются три этапа, сроки которых были представлены достаточно условно и могут быть скорректированы в процессе реализации ЭС-2030 [29]:

- 1 этап (2006-2010 гг.) – ресурсно-инвестиционное развитие;
- 2 этап (2011-2020 гг.) – инвестиционно-инновационное обновление;
- 3 этап (2021-2030 гг.) – инновационное развитие.

Как видим, наша экономика остаётся весьма расточительной, и энергоёмкость валового внутреннего продукта всё ещё в разы выше, чем в основных развитых и развивающихся государствах. Этой темой нужно заниматься постоянно. Нельзя сказать, что ничего не сделано в этом направлении за последние 5–7 лет, но, тем не менее, проблема остаётся существенной. Т.е. переход к третьему этапу утвержденной стратегии развития, который уже вот-вот состоится, на этом горизонте малозаметен. О своевременности подготовки к использованию замещающих инновационных энергоресурсов и источников энергии по мере исчерпания традиционных ископаемых энергоресурсов в России говорить пока не приходится.

Обеспечение инновационного развития энергетического сектора экономики страны приобретает все большее значение по мере расширения временного горизонта разработки энергетической стратегии до 2030 года. Существует еще и более новый проект энергетической стратегии РФ на период до 2035 года (редакция от 01.02.2017), основные положения которой опираются на тот потенциал, который накоплен в энергетической сфере за предыдущие годы. Научно-техническая и инновационная политика государства в энергетике будет направлена на стимулирование научно-технического прогресса в традиционных секторах ТЭК и на поддержку новых инновационных энергетических направлений, таких как использование нетрадиционных энергоресурсов и других новых источников энергии. Государственная политика в инновационной энергетической сфере будет учитывать, что в дальнейшей перспективе энергетические потребности общества не смогут быть сбалансированы без использования указанных и других новых источников энергии и энергоносителей.

Сохраняя свою важную роль в повышении экономической и энергетической эффективности, а также экологической безопасности в тра-

традиционных секторах ТЭК, научно-технический прогресс приобретает важнейшее значение как фактор освоения новых источников энергии (газогидраты, топливные элементы, ВИЭ) и новых технологий их использования (атомная энергетика на быстрых нейтронах с замкнутым ядерным циклом, термоядерные технологии). Выполненные перспективные балансовые оценки показывают, что уже на уровне 2030 года для удовлетворения возможного спроса на энергоресурсы инновационные источники энергии должны составлять порядка 4...5% от суммарного внутреннего и экспортного энергетического спроса в России.

Для ускорения научно-технического прогресса, как в традиционных секторах энергетической сферы экономики, так и в инновационных энергетических направлениях необходима государственная поддержка. В традиционных отраслях топливно-энергетического комплекса она должна осуществляться путем стимулирования разработки и внедрения новых технологий за счет льготного кредитования и налогообложения (проведение геологоразведочных работ, добыча, переработка и транспорт нефти, газа, угля, производство и транспорт энергии). В фундаментальной энергетической науке и создании принципиально нового энергетического потенциала и источников энергии наряду со стимулирующими мерами, целесообразно использовать прямую финансовую поддержку за счет средств бюджетов всех уровней. Необходима также государственная поддержка международного инновационного сотрудничества и участия российских научно-исследовательских и производственных структур в крупных международных энергетических проектах.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 28.05.2013 № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» [31] с 2013 года проводятся конкурсные отборы инвестиционных проектов по строительству генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии (отборы проектов по возобновляемым источникам энергии, далее – ОПВ). ОПВ проводится на 4 года вперед отдельно для каждого вида генерирующих объектов, функционирующих на основе использования разных видов ВИЭ: фотоэлектрического преобразования энергии солнца, энергии ветра и энергии потоков воды, за исключением случаев использования такой энергии на гидроаккумулирующих электростанциях. Целевые показатели величин объемов ввода объектов ВИЭ и предельные величины капитальных затрат, используемые в целях проведения ОПВ, определены распоряжением Правительства РФ от 8.01.2009 № 1-р [32]. По результатам ОПВ заключаются договоры о предоставлении мощности (ДПМ) квалифицированных генерирующих объектов, функционирующих на основе использования ВИЭ, цена в которых определяется исходя из капитальных затрат на строительство объекта ВИЭ, с учетом степени локализации такого объекта и размером прибыли с оптового рынка электрической энергии (мощности) по истечении срока окупаемости и до окончания срока службы. Период поставки мощности по договорам о предоставлении мощно-

сти квалифицированных генерирующих объектов, функционирующих на основе использования ВИЭ, на оптовый рынок заканчивается по истечении 15 календарных лет с указанной в договоре даты начала поставки мощности.

По итогам ОПВ, проведенных в 2013-2014 гг., отобрано 76 объектов, суммарный объем установленной мощности которых составляет 1081 МВт. Поставка мощности на оптовом рынке первого объекта, введенного в рамках ДПМ ВИЭ, началась 1 апреля 2015 года [33].

Возвращаясь к прямым проблемам в области развития и внедрения ВИЭ, надо сказать, что еще в 2006 г. 45 стран в мире создали у себя систему поддержки возобновляемой энергетики. В 2018 г. таких стран стало более 170, это, практически весь мир. У нас в РФ не было системы государственной поддержки в 2006 г. В настоящее время, как было показано, она есть. Но РФ на этом фоне выглядит очень скромно. Стоит отметить, что ни один из заводов по переработке мусора не включен в систему такой поддержки. В Америке – 7% доля мусора, перерабатываемая в электроэнергию, а в Швеции – 50%.

Основа для выработки новейшей энергетической стратегии – сетевой паритет. Поскольку стратегически уже всем очевидно, что возобновляемая энергетика снижается по цене, а тепловая энергетика по цене растет, эта точка неизбежна. Мало того, ряд стран уже ее прошли. В РФ она будет пройдена позже по известным причинам, но она тоже будет пройдена [34].

В России потенциал природный российский по солнцу очень значительный, который далеко не исчерпывается только одними южными регионами. У нас в стране выше Берлина не только Краснодар или южные регионы, но и Челябинск, Бурятия, Алтай, Саратов и т.д. Берлин, как и вся Германия, – мировой лидер по солнечной энергетике. По ветропотенциалу РФ – страна номер один на земном шаре.

Доля возобновляемой энергетики в общем энергобалансе России не превышает сегодня 0,2%, в то время как аналогичный показатель в Германии — 36%. И это вполне объяснимо: наша страна обладает крупнейшими запасами дешевых углеводородов в мире. Поэтому, казалось бы, в таком случае России развивать собственную солнечную и ветрогенерацию не очень нужно. Но России нужен полноценный технологический кластер возобновляемых источников энергии. Для формирования такого нового кластера ВИЭ в России два сегмента – энергетический и промышленный – должны были появиться на рынке одновременно.

Сейчас в России действует программа поддержки ВИЭ, одна из задач которой – увеличить долю вырабатываемой «зеленой» электроэнергии. К 2024 г. если не 5,4 тыс., то уж 5 тыс. МВт новой генерации в РФ будет построено. Под 700 млрд руб. инвестиционный спрос создан проектом развития ВИЭ в России, но это больше относится пока только к оптовому рынку электроэнергии, а не к розничному и, тем более, не к изолированным системам. Т.е. крупнейшие отечественные и международные инвесторы проявили интерес к участию в развитии новой отрасли, и они вступили в конкурентную борьбу за право построить электростанции ВИЭ. Завершившиеся недавно

конкурсные отборы (ОПВ) определили почти всех участников этой программы [35]. На этом фоне экономика РФ должна будет постепенно частично диверсифицироваться и ее ТЭК в частности. Ведь для формирования отрасли ВИЭ развитие энергетики на их же основе подразумевает обслуживание и производство оборудования для возобновляемой энергетики как своего рода высокотехнологичной продукции.

Устойчивое развитие технологического кластера невозможно без наличия всех четырех основных компонентов – не только генерации и производства оборудования, но и образования и прикладной науки. Т.е. руководство передовых энергетических корпораций предлагает простую категорию кластеров, которые включают в себя генерацию, производство, НИОКР и образование. В РФ нужен целостный, самопроизводимый, сбалансированный кластер с экспортным потенциалом к 2035 г. По мнению А. Каланова и А. Чубайса, чтобы сохранить производство и НИОКР, необходимо получить ДПМ на второй период в 2025-35 гг. в размере 10 ГВт [34, 35], иначе страна будет заикливаться на простых технологиях, и деградировать вместе с ее развитой традиционной электроэнергетикой и вместе с тем высокой долей антропогенных выбросов парниковых газов от сжигаемого ископаемого топлива.

Кроме технологических и экономических рычагов развития ВИЭ, стратегическое значение возобновляемой энергетики в России имеет и социальные преимущества, что увеличивает процент занятых в экономике государства, качество и уровень жизни людей в стране, наряду с появлением и развитием, так называемого цифрового производства и нанотехнологий.

Важно отметить, что технологии возобновляемой энергетики способны улучшить качество жизни и работы людей в отдаленных районах. Эти технологии являются наиболее эффективным, а часто и единственным средством электрификации отдаленных объектов наряду, например, с генераторами, работающими на жидком топливе. Помимо освещения, электричество дает возможность пользоваться электрическими бытовыми приборами (что позволяет сократить временные затраты на реализацию бытовых нужд) и средствами коммуникации (радио, телевидение, телефон, интернет), дает возможность использовать современное медицинское оборудование, позволяет улучшить водоснабжение и повысить эффективность производства.

Таким образом, в России большой потенциал для использования ВИЭ, но на сегодняшнее время он очень мало используется из-за целого ряда преград и проблем.

Среди ВИЭ одной из наиболее перспективных является энергия солнца и ветра, современные фотоэлектрические элементы и солнцедонагреватели просты в эксплуатации, обладают большим сроком службы, и не требуют особого ухода.

Производство фотоэлектрических элементов процесс технически сложный и дорогостоящий, но благодаря множеству вариаций по использованию материалов для их создания и различных конструкций, рыночная стоимость также изменяется в широких пределах. Кроме того, по тенденции увеличения объёма производства фотоэлектрических элементов прослежи-

вающейся в течение последних 15 лет их рыночная стоимость неуклонно снижается.

Отечественный и мировой опыт эксплуатации комбинированных гелио-ветроэнергетических установок в быту и промышленном секторе свидетельствует о том, что совместное использование солнечной и ветровой энергии позволяет повысить надежность энергоснабжения потребителя по сравнению с отдельным использованием этих энергоисточников.

Использование ВИЭ для производства энергии способствует развитию собственной базы высокотехнологичного машиностроения и созданию новых рабочих мест в регионах России. Увеличение использования технологий возобновляемой энергетики в России могло бы способствовать снижению безработицы, улучшению условий жизни, прекращению оттока населения из отдаленной местности, северных и восточных районов страны. Развитие возобновляемой энергетики приводит к снижению уровня деградации окружающей среды и улучшению состояния здоровья и благополучия населения.

Необходимость преодоления отставания в масштабном освоении возобновляемых источников энергии является политической задачей и диктуется стремлением России поддерживать статус мировой державы, играть важную роль в решении мировых энергетических проблем.

Основой для всей зарождающейся сейчас возобновляемой энергетики является сложная, серьезная, основательная система поддержки, построенная в стране. Конкурентный характер заявок на ДПМ – фундаментальное преимущество созданной в РФ системы господдержки. Речь идет о десятках постановлений, распоряжений Правительства, большом количестве документов Минпрома, Минэнерго и т.д., которые были приняты и создали всю систему поддержки.

Экономические затраты непосредственно на оборудование какого-либо объекта ВИЭ напрямую зависят от энергоэффективности здания в целом. Применение энергии ВИЭ при энергообеспечении жилых зданий в России оказывается эффективным и перспективным при условии грамотного энергоэффективного подхода к проектированию зданий, дальнейшего развития инженерных технологий и поиска решений, удешевляющих первичную стоимость элементов систем ВИЭ.

Исследование факторов, влияющих на использование возможностей альтернативной энергетики в обеспечении удаленных потребителей, в том числе на основе систематизации и количественной оценки, является полезным для принятия инвестиционных решений.

Учитывая повышение затрат на использование традиционных источников и систем получения электроэнергии и тепла, перед технологиями ВИЭ в обозримом будущем открываются положительные перспективы.

2.4 Оценка потенциала солнечной и ветровой энергии Чукотского автономного округа

Как показали исследования последних лет, солнечную и ветровую энергетику в Чукотском автономном округе развивать перспективно, в отличие от ГЭС и малых ГЭС, которые, казалось бы, можно сооружать, т.к. Чукотский полуостров со всех сторон омывается различными морями. К недостаткам сооружения ГЭС на Чукотке можно отнести: непредсказуемые гидрогеологические условия с возможной оттайкой вечной мерзлоты в потенциальных местах сооружения плотин; вероятное губительное воздействие на хрупкую экосистему в районе строительства, уничтожение ягельников – кормовой базы домашних оленей, а также очень высокую стоимость строительства [36]. Так не был реализован проект гидроэлектростанции на Чукотке, в среднем течении реки Амгуэма [37]. Руслу многих рек, которые могли бы быть использованы для сооружения на них малых ГЭС, почти всегда промерзают до дна при повсеместном образовании наледей. Поэтому главные усилия в последнее время сосредотачивают в направлении развития солнечной и ветровой энергетики в Чукотском автономном округе.

Многие населенные пункты в Чукотском автономном округе удалены от сетей централизованного электроснабжения, поэтому возникают сложности с обеспечением их электроэнергией. Так, например, на территории Чукотского автономного округа находится много изолированных населенных пунктов, электроснабжение которых осуществляется от дизельных электростанций (В регионе функционирует 43 дизельных электростанции (ДЭС) с суммарным количеством агрегатов более 160 шт. общей установленной мощностью 55,5 МВт). Из-за сурового климата и удаленности объектов электроснабжения доставка топлива затруднена, что, в свою очередь, сказывается на ценах на электроэнергию. Кроме того, в связи с бурным развитием проектов по добыче полезных ископаемых, требуется ввод новых мощностей на территории Чукотского автономного округа, создание новых электростанций как на традиционном топливе, так и на возобновляемых источниках энергии [38].

Исследования в области применения солнечной энергии показали, что Чукотский автономный округ является экономически обоснованным донором электрической энергии (потенциал солнечной энергии оценивается в 4,5 ГВт.ч в год). Но еще большим потенциалом обладают ветровые энергоресурсы региона (1,5 трлн кВт.ч в год). Первые маломощные ветроэлектростанции (ВЭС) были построены на территории Чукотском АО еще до Великой отечественной войны. Характерной особенностью является то, что ветровые энергоресурсы региона отличаются высокой стабильностью. На большей части территории Чукотки средняя годовая скорость ветра составляет 4-6 м/с. На Юго-восточном побережье Чукотки средняя годовая скорость ветра достигает 6-9 м/с. Это самые высокие среднегодовые скорости ветра в России [39].

В настоящее время действует ветро-дизельная электростанция на Мысе Обсервации Анадырского района установленной мощностью 3 МВт. Она со-

стоит из 10 ветроагрегатов отечественного производства (для северных условий) единичной мощностью 250 кВт каждый и одного дизель-генератора мощностью 500 кВт. Ежегодная выработка электроэнергии составляет от 2,5 до 3,0 млн кВт.ч. За более чем 10-летний опыт эксплуатации станции была подтверждена работоспособность ветроагрегатов при скоростях ветра от 4,8 до 30 м/с и температурах наружного воздуха до -42 °С при параллельной работе ВЭС (70% мощности) и ДЭС (30% мощности). Такая параллельная работа ВЭС и ДЭС позволяет оптимизировать режимы их работы, обеспечивая сокращение потребления дизельного топлива на 30-80%, повышая жизненный цикл дизель-генераторов в 2-3 раза [39].

Анадырская ВЭС стала пилотным проектом альтернативной энергетики Чукотки. Первый опыт признан удачным, и власти региона планируют расширить географию применения альтернативных источников энергии в общем энергобалансе региона. В Чукотском АО планируется продолжить строительство ветровых установок по всему Восточному побережью в почти двух десятках населенных пунктов.

Представляется, что перспективно будет использовать автономные гибридные энергоустановки, т.е. как правило, это солнечные панели или ветроэнергетическая установка с резервированием от дизельной электростанции (когда нет или не хватает энергии солнца или ветра – включается ДЭС). Ввиду более высокого ветрового энергопотенциала в регионе, представляется, что наиболее перспективным решением будет сочетание ДЭС и ВЭС. Это и другие подобные решения позволят снабдить энергией труднодоступные районы, повысить надежность энергоснабжения, а также сэкономят на приобретении и доставке дизельного топлива. В нынешних условиях, когда по всей стране стоимость топлива возросла, экономия средств даст возможность зафиксировать тарифы на электроэнергию в округе, и цены на электроэнергию не повысятся [38, 40].

На сегодняшний день на территории Чукотского АО имеются единичные случаи использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) при достаточно высоком потенциале ВИЭ в целом по региону. Поэтому дальнейшая реализация проектов использования ВИЭ в обозримом будущем должна внести определенные коррективы в топливно-энергетический баланс региона.

3 Практическая часть. Проектирование схемы электроснабжения участка «Кайен» рудника «Купол»

3.1 Светотехнический расчет электрического освещения

Светотехнический расчет системы освещения совокупности зданий участка «Кайен» рудника «Купол», произведем методом коэффициента использования светового потока [43, 46, 63].

Основная формула определения количества светильников в помещении:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta}, \quad (3.1)$$

где E_{\min} – минимальная нормированная освещенность, Лк;

k – коэффициент запаса;

S – освещаемая площадь, м^2 ;

Z – коэффициент неравномерности освещения;

n – число светильников;

η – коэффициент использования.

Индекс помещения определяется по следующему выражению:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (3.2)$$

где A , B , h – длина, ширина и расчетная высота (высота подвеса светильника над рабочей поверхностью) помещения, м.

Ввиду отсутствия помещений, к которым применяются особые требования по освещению, эвакуационное освещение выполняется с использованием табло «Выход». Рекомендации по проектированию систем освещения взяты из СП 256.1325800.2016 [54] и СП 52.13330.2016 [55], с учетом ГОСТ Р 55710-2013 [41].

Светильники светодиодные (LED) обладают следующими основными преимуществами:

– высокая энергоэффективность (высокий класс энергосбережения), т.е. низкое потребление энергии;

– большой срок службы (до 50000 ч);

– широкий диапазон световых потоков и цветовых температур.

Предлагается к установке в помещениях светодиодные светильники типа LED LuminArte LLFW36W02 (рисунок 3.1) со степенью защиты IP-54. Мощность данного светильника составляет 36 Вт, а световой поток 3000 лм. Для санузлов и технических помещений, согласно степени их защиты, допустимо также применять светильники данного типа [65].



Рисунок 3.1 – Светильник LED LuminArte LLFW36W02

Исходные данные для расчета освещения представлены в таблице 1.1. Произведем светотехнический расчет системы рабочего освещения, который сведем в таблицу 3.1. Размещение выбранных светильников показано на плане совокупности зданий участка «Кайен» рудника «Купол», на рисунке 3.2.

Для определения мощности освещения необходимо рассчитать активную и реактивную нагрузки, а также полную суммарную мощность освещения (таблица 3.2) по следующим формулам.

Мощность освещения:

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв}}^2 + Q_{\text{осв}}^2}, \quad (3.3)$$

где активная мощность:

$$P_{\text{осв}} = N P_{\text{ном}} K_c K_{\text{пра}}, \quad (3.4)$$

где N – количество ламп; $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность светильника, кВт;
 K_c – коэффициент спроса, принимается 1,0 [43]; $K_{\text{пра}}$ – коэффициент пускорегулирующей аппаратуры, для светодиодных ламп $K_{\text{пра(СЛ)}} = 1,0$;
реактивная нагрузка осветительной сети:

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.5)$$

где коэффициент мощности: для светодиодных ламп $\cos \varphi_{\text{СЛ}} = 0,96$.

В таблицу 3.2 для вычисления мощности подставляем окончательное количество светильников ($N_{\text{факт}}$) из таблицы 3.1.

Таблица 3.1 – Расчет количества светильников в помещениях зданий участка «Кайен»

№ помещ	Наименование	Ен, лк	A	B	h	i	F, м2	Кзап	Z	η, о.е.	Ф, Лм	N	Число светильников в ряду	Число рядов	Нфакт, шт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Помещение ДГУ	75	6	4,7	2,70	0,98	28,2	1,25	1	0,46	3000	2	2	1	2
2	Бойлерная	75	5,7	4,7	2,70	0,95	26,79	1,25	1	0,44	3000	2	2	1	8
3	Помещение бытовое (санузлы, душевые, постирочная)	200	5,7	4,7	2,70	0,95	26,79	1,25	1	0,44	3000	6	3	2	6
4	Кухня	200	4,9	2,2	2,70	0,56	10,78	1,25	1	0,23	3000	4	4	1	4
5	Столовая	300	9,8	4,9	2,70	1,21	48,02	1,25	1	0,54	3000	12	4	3	12
6	Кабинет медперсонала	300	6	2,3	2,70	0,62	13,8	1,25	1	0,26	3000	6	3	2	6
7	Помещение руководящего состава (кабинет)	300	6	2,3	2,70	0,62	13,8	1,25	1	0,26	3000	6	3	2	6
8	Холодный склад	75	6	2,3	2,70	0,62	13,8	1,25	1	0,26	3000	2	2	1	2
9	Рабочее помещение геологов (коршак 1)	400	17,3	4,8	2,70	1,39	83,04	1,25	1	0,60	3000	24	12	2	24
10	Рабочее помещение геологов (коршак 2)	400	22	4,8	2,70	1,46	105,6	1,25	1	0,62	3000	30	15	2	30
11	Склад запчастей	75	6	2,3	2,70	0,62	13,8	1,25	1	0,26	3000	1	1	1	1
12	Склад инструмента и запчастей	75	6	2,3	2,70	0,62	13,8	1,25	1	0,26	3000	1	1	1	1
13	Холодный склад	75	6	5	2,70	1,01	30	1,25	1	0,46	3000	2	2	1	2
14	Помещение для распила керна	200	6	2,3	2,70	0,62	13,8	1,25	1	0,26	3000	4	4	1	4
15	Подсобное помещение	100	6	2,3	2,70	0,62	13,8	1,25	1	0,26	3000	2	2	1	2
16	Гараж	100	7,5	3,5	2,70	0,88	26,25	1,25	1	0,42	3000	3	3	1	3
17	Жилое помещение на 4 места (палатка)	200	6	3,5	2,70	0,82	21	1,25	1	0,40	3000	4	2	2	4
18	Жилое помещение на 4 места (палатка)	200	6	3,5	2,70	0,82	21	1,25	1	0,40	3000	4	2	2	4

№ помещ	Наименование	Ен, лк	A	B	h	i	F, м2	Кзап	Z	η, о.е.	Ф, Лм	N	Число светильников в ряду	Число рядов	Нфакт, шт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
19	Жилое помещение на 4 места (палатка)	200	6	3,5	2,70	0,82	21	1,25	1	0,40	3000	4	2	2	4
20	Жилое помещение на 4 места (палатка)	200	6	3,5	2,70	0,82	21	1,25	1	0,40	3000	4	2	2	4
21	Жилое помещение на 8 мест (палатка)	200	9,7	4,6	2,70	1,16	44,62	1,25	1	0,49	3000	8	4	2	8
22	Жилое помещение на 4 места (палатка)	200	6	3,5	2,70	0,82	21	1,25	1	0,40	3000	4	2	2	4
23	Жилое помещение на 4 места (палатка)	200	6	3,5	2,70	0,82	21	1,25	1	0,40	3000	4	2	2	4
24	Жилое помещение на 4 места (палатка)	200	6	2,3	2,70	0,62	13,8	1,25	1	0,26	3000	4	2	2	4
25	Жилое помещение на 4 места (балка)	200	6	2,3	2,70	0,62	13,8	1,25	1	0,26	3000	4	2	2	4
26	Жилое помещение на 4 места (балка)	200	6	2,3	2,70	0,62	13,8	1,25	1	0,26	3000	4	2	2	4
27	Жилое помещение на 4 места (балка)	200	6	2,3	2,70	0,62	13,8	1,25	1	0,26	3000	4	2	2	4
28	Сварочный и слесарный цех	200	7,5	3,5	2,70	0,88	26,25	1,25	1	0,42	3000	6	3	2	6

Таблица 3.2 – Мощность освещения в помещениях зданий участка «Кайен»

Номер по плану	Наименование помещения	N	$P_{ном},$ кВт	K_c	$K_{ПРА}$	$P_{осв},$ кВт	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$Q_{осв},$ кВт	$S_{осв},$ кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Помещение ДГУ	2	0,036	0,6	1	0,043	0,96	0,29	0,012	0,04
2	Бойлерная	8	0,036	0,6	1	0,173	0,96	0,29	0,05	0,18
3	Помещение бытовое (санузлы, душевые, постирочная)	6	0,036	1	1	0,216	0,96	0,29	0,063	0,23
4	Кухня	4	0,036	1	1	0,144	0,96	0,29	0,042	0,15
5	Столовая	12	0,036	1	1	0,432	0,96	0,29	0,125	0,45
6	Кабинет медперсонала	6	0,036	1	1	0,216	0,96	0,29	0,063	0,23
7	Помещение руководящего состава (кабинет)	6	0,036	1	1	0,216	0,96	0,29	0,063	0,23
8	Холодный склад	2	0,036	0,6	1	0,043	0,96	0,29	0,012	0,04
9	Рабочее помещение геологов (коршак 1)	24	0,036	1	1	0,864	0,96	0,29	0,251	0,9
10	Рабочее помещение геологов (коршак 2)	30	0,036	1	1	1,08	0,96	0,29	0,313	1,12
11	Склад запчастей	1	0,036	0,6	1	0,022	0,96	0,29	0,006	0,02
12	Склад инструмента и запчастей	1	0,036	0,6	1	0,022	0,96	0,29	0,006	0,02
13	Холодный склад	2	0,036	0,6	1	0,043	0,96	0,29	0,012	0,04
14	Помещение для распила керна	4	0,036	1	1	0,144	0,96	0,29	0,042	0,15
15	Подсобное помещение	2	0,036	1	1	0,072	0,96	0,29	0,021	0,08
16	Гараж	3	0,036	0,6	1	0,065	0,96	0,29	0,019	0,07
17	Жилое помещение на 4 места (палатка)	4	0,036	1	1	0,144	0,96	0,29	0,042	0,15
18	Жилое помещение на 4 места (палатка)	4	0,036	1	1	0,144	0,96	0,29	0,042	0,15
19	Жилое помещение на 4 места (палатка)	4	0,036	1	1	0,144	0,96	0,29	0,042	0,15
20	Жилое помещение на 4 места (палатка)	4	0,036	1	1	0,144	0,96	0,29	0,042	0,15
21	Жилое помещение на 8 мест (палатка)	8	0,036	1	1	0,288	0,96	0,29	0,084	0,3
22	Жилое помещение на 4 места (палатка)	4	0,036	1	1	0,144	0,96	0,29	0,042	0,15
23	Жилое помещение на 4 места (палатка)	4	0,036	1	1	0,144	0,96	0,29	0,042	0,15
24	Жилое помещение на 4 места (палатка)	4	0,036	1	1	0,144	0,96	0,29	0,042	0,15
25	Жилое помещение на 4 места (балка)	4	0,036	1	1	0,144	0,96	0,29	0,042	0,15
26	Жилое помещение на 4 места (балка)	4	0,036	1	1	0,144	0,96	0,29	0,042	0,15
27	Жилое помещение на 4 места (балка)	4	0,036	1	1	0,144	0,96	0,29	0,042	0,15
28	Сварочный и слесарный цех	6	0,036	1	1	0,216	0,96	0,29	0,063	0,23
ИТОГО						5,696			1,655	5,93

3.2 Электротехнический расчет электрического освещения

Электротехнический расчет системы освещения совокупности зданий участка «Кайен» рудника «Купол» необходимо произвести для того, чтобы выбрать осветительный щиток, кабель его питающие и кабели отходящих от щитка групп. Как указывалось, освещение и силовая нагрузка питаются от одних и тех же распределительных щитков (РЩ).

Потери напряжения на каждом участке рассчитываются по формуле:

$$\Delta U = \frac{M}{K_c \cdot S}, \quad (3.5)$$

где M – момент нагрузки;

K_c – коэффициент, зависящий от конфигурации сети и материала проводника, для трехфазной сети с медными проводами $K_c = 72$, а для однофазной сети с медными проводами $K_c = 12$ [60];

S – сечение проводника.

В данном пункте необходимо определить только сечения проводов групповых линий, т.к. сети освещения питаются от тех же щитков РЩ, что и силовая нагрузка.

Распределение разводки осветительной сети по фазам осуществляется по такому принципу, что каждая из линий со светильниками может находиться на какой-то одной фазе из трех.

Расчетный ток группы:

$$I_{p.гр} = \frac{P_{осв.гр}}{U_{ном} \cdot \cos \phi}. \quad (3.6)$$

Максимальный момент нагрузки для одной фазы находится по формуле:

$$M_p = P_{св} \cdot N_{св,р} \cdot \left(l_1 + \frac{l_2}{2} \right), \quad (3.7)$$

где $N_{св,р}$ - число светильников в одном ряду;

$P_{св}$ - мощность одного светильника;

L_1 - длина участка линии от осветительного щитка до первого светильника;

L_2 - длина участка линии от осветительного щитка до последнего светильника.

В таблице 3.3 на основании приведенной методики произведем расчет моментов, а также произведем распределение групп освещения по фазам, добиваясь равномерности распределения соответственно по фазам А, В и С, стремясь к равенству моментов фаз.

Обозначение групп освещения введем по следующему принципу: гр.О1.1 означает, что это первая группа освещения распределительного щита РЩ-1 и так далее.

Таблица 3.3 – Расчет моментов нагрузки для групповых линий освещения

Линия	L1, м	L2, м	N, шт	Рсв, кВт	M, кВт*м	Kс	S, мм2	дU, %	Ргр, кВт	Iгр, А
гр. О1.1	6	15	6	0,036	2,92	12	1,5	0,16	0,216	1,03
гр. О1.2	4	9	4	0,036	1,22	12	1,5	0,07	0,144	0,69
гр. О1.3	9	28	12	0,036	9,94	12	1,5	0,55	0,432	2,07
гр. О2.1	4	12	6	0,036	2,16	12	1,5	0,12	0,216	1,03
гр. О3.1	5	12	6	0,036	2,38	12	1,5	0,13	0,216	1,03
гр. О3.2	28	3	2	0,036	2,12	12	1,5	0,12	0,072	0,34
гр. О3.3	4	21	12	0,036	6,26	12	1,5	0,35	0,432	2,07
гр. О3.4	6	21	12	0,036	7,13	12	1,5	0,40	0,432	2,07
гр. О4.1	4	26	15	0,036	9,18	12	1,5	0,51	0,54	2,58
гр. О4.2	6	26	15	0,036	10,26	12	1,5	0,57	0,54	2,58
гр. О5.1	4	16	4	0,036	1,73	12	1,5	0,10	0,144	0,69
гр. О5.2	8	8	4	0,036	1,73	12	1,5	0,10	0,144	0,69
гр. О6.1	5	14	5	0,036	2,16	12	1,5	0,12	0,18	0,86
гр. О7.1	3	8	4	0,036	1,01	12	1,5	0,06	0,144	0,69
гр. О8.1	3	8	4	0,036	1,01	12	1,5	0,06	0,144	0,69
гр. О9.1	3	8	4	0,036	1,01	12	1,5	0,06	0,144	0,69
гр. О10.1	3	8	4	0,036	1,01	12	1,5	0,06	0,144	0,69
гр. О11.1	4	18	8	0,036	3,74	12	1,5	0,21	0,288	1,38
гр. О12.1	3	8	4	0,036	1,01	12	1,5	0,06	0,144	0,69
гр. О13.1	3	8	4	0,036	1,01	12	1,5	0,06	0,144	0,69
гр. О14.1	3	8	4	0,036	1,01	12	1,5	0,06	0,144	0,69
гр. О15.1	3	8	4	0,036	1,01	12	1,5	0,06	0,144	0,69
гр. О16.1	3	8	4	0,036	1,01	12	1,5	0,06	0,144	0,69
гр. О17.1	3	8	4	0,036	1,01	12	1,5	0,06	0,144	0,69
гр. О18.1	5	12	6	0,036	2,38	12	1,5	0,13	0,216	1,03
гр. О20.1	11	4	2	0,036	0,94	12	1,5	0,05	0,072	0,34
гр. О20.2	5	4	2	0,036	0,50	12	1,5	0,03	0,072	0,34

Каждая отходящая линия от соответствующего РЩ по приведенным выше соображениям питается кабелем типоразмера 12 AWG сечения 3x2,5, расчетные токи не превышают 3 А.

3.3 Расчет электрических нагрузок

3.3.1 Расчет электрических нагрузок отдельных электроприемников (первый уровень)

Для того, чтобы узнать величину расчетного тока каждого электроприемника, создаваемого на первом уровне, необходимо определить полную мощность электроприемника через известную номинальную мощность электроприемника. Пусковым током обладают только электроприемники, которые представлены двигательной нагрузкой. Рабочие токи и номинальные мощности заносятся в качестве данных однолинейную схему электроснабжения.

Произведем расчет для циркуляционного насоса (№4) в качестве примера:

$$P = 0,5 \text{ кВт}; \cos\varphi = 0,85; U = 220 \text{ В}; K_{\text{п}} = 5 \text{ (кратность пускового тока)}.$$

Полная мощность циркуляционного насоса:

$$S = P / \cos\varphi, \text{ кВА.} \tag{3.8}$$
$$S = 0,5 / 0,8 = 0,59 \text{ кВА.}$$

Рабочий ток циркуляционного насоса (однофазный электроприемник):

$$I_{\text{р}} = S / U, \text{ А.} \tag{3.9}$$
$$I_{\text{р}} = 0,59 / 220 \cdot 10^3 = 2,67 \text{ А.}$$

Пусковой ток вентиляционной системы:

$$I_{\text{п}} = I_{\text{р}} \cdot K_{\text{п}}, \text{ А,} \tag{3.10}$$
$$I_{\text{п}} = 2,67 \cdot 5 = 13,35 \text{ А.}$$

Расчеты для других отдельных ЭП аналогичны и показаны в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Расчет электрических нагрузок отдельных электроприемников (первый уровень)

№	Наименование ЭП	$P_{ном}$, кВт	$\cos\phi$	$\tan\phi$	$P_{р1}$, кВт	$Q_{р1}$, кВар	$S_{р1}$, кВА	I_p , А	Ипуск, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Водонагреватель ЭВН-1	6	0,95	0,33	6	1,98	6,32	28,71	28,71
2	Водонагреватель ЭВН-2	6	0,95	0,33	6	1,98	6,32	28,71	28,71
3	Насос закачной	0,23	0,85	0,62	0,23	0,14	0,27	1,23	6,15
4	Насос циркуляционный №1	0,5	0,85	0,62	0,5	0,31	0,59	2,67	13,35
5	Насос циркуляционный №2	0,5	0,85	0,62	0,5	0,31	0,59	2,67	13,35
6	Кабель греющий	0,32	0,95	0,33	0,32	0,11	0,34	1,53	1,53
7	Вентилятор охлаждения	2	0,85	0,62	2	1,24	2,35	10,7	53,5
8	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
9	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
10	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
11	Тепловая завеса	3	0,95	0,33	3	0,99	3,16	14,35	43,05
12	Кабель греющий	0,64	0,95	0,33	0,64	0,21	0,67	3,06	3,06
13	Машина стиральная	2,2	0,8	0,75	2,2	1,65	2,75	12,5	62,5
14	Машина сушильная	2,2	0,8	0,75	2,2	1,65	2,75	12,5	62,5
15	Тепловая завеса	1,5	0,95	0,33	1,5	0,5	1,58	7,18	21,54
16	Вентилятор вытяжной	0,25	0,85	0,62	0,25	0,16	0,3	1,34	6,7
17	Тепловая завеса	1,5	0,95	0,33	1,5	0,5	1,58	7,18	21,54
18	Посудомоечная машина	2,2	0,8	0,75	2,2	1,65	2,75	12,5	62,5
19	Холодильник	0,3	0,65	1,17	0,3	0,35	0,46	2,1	10,5
20	Холодильник	0,3	0,65	1,17	0,3	0,35	0,46	2,1	10,5
21	Электроплита	2,5	0,95	0,33	2,5	0,83	2,63	11,96	11,96
22	Мармит	0,6	0,9	0,48	0,6	0,29	0,67	3,03	3,03
23	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
24	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
25	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
26	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
27	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
28	Кернорез	4	0,8	0,75	4	3	5	22,73	113,65
29	Насос	0,37	0,85	0,62	0,37	0,23	0,44	1,98	9,9
30	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
31	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
32	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
33	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
34	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
35	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
36	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
37	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
38	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
39	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
40	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55

№	Наименование ЭП	$R_{ном}$, кВт	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_{р1}$, кВт	$Q_{р1}$, кВар	$S_{р1}$, кВА	I_p , А	Ипуск, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
41	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
42	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
43	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
44	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
45	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
46	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
47	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
48	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
49	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
50	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
51	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
52	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
53	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
54	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
55	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
56	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
57	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
58	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
59	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
60	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
61	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
62	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
63	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
64	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
65	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
66	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
67	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
68	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
69	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
70	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
71	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
72	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
73	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
74	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
75	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
76	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
77	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
78	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
79	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
80	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
81	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
82	Обогреватель помещения	1	1	0	1	0	1	4,55	4,55
83	Насос скважинный	1,5	0,85	0,62	1,5	0,93	1,76	8,02	40,1
84	Сварочный пост	6	0,6	1,33	6	7,98	9,98	45,45	45,45

3.3.2 Расчет электрических нагрузок силовых пунктов (второй уровень)

Для уменьшения разветвленности сети электроснабжения совокупности зданий участка «Кайен» рудника «Купол», целесообразно объединить в группы, схожее по типу и режиму работы оборудование.

План силовых сетей совокупности зданий участка «Кайен» рудника «Купол» представлены на рисунке 3.3.

Расчет мощности электроприемников на силовом щите осуществляется по методу коэффициента спроса [54]:

$$P_{рас} = K_c \cdot P_{\Sigma_{уст.}} \text{ В,} \quad (3.11)$$

где K_c определяется по [54, табл.7.9].

РЩ-1:

Группа С1.1: розеточная группа (4 розетки);

Группа С1.2: ЭП №16;

Группа С1.3: ЭП №№19,20;

Группа С1.4: ЭП №№23-27;

Группа С1.5: ЭП №22;

Группа С1.6: розеточная группа (5 розеток).

Группа С1.7: ЭП №21;

Группа С1.8: ЭП №18;

Группа С1.9: ЭП №17;

РЩ-2:

Группа С2.1: розеточная группа (4 розетки);

Группа С2.2: ЭП №15.

РЩ-3:

Группа С3.1: розеточная группа (8 розеток);

Группа С3.2: ЭП №53;

Группа С3.3: ЭП №№33-36;

Группа С3.4: ЭП №№37-40;

Группа С3.5: розеточная группа (10 розеток).

РЩ-4:

Группа С4.1: ЭП №№41-44;

Группа С4.2: ЭП №№45-48;

Группа С4.3: ЭП №№49-52;

Группа С4.4: ЭП №54;

Группа С4.5: розеточная группа (12 розеток).

РЩ-5:

Группа С5.1: ЭП №28;

Группа С5.2: розеточная группа (12 розеток);

Группа С5.3: ЭП №29;

Группа С5.4: ЭП №№30,31,32.

РЩ-6:

Группа С6.1: ЭП №№80,81,82;

Группа С6.2: розеточная группа (6 розеток).

РЩ-7:

Группа С7.1: ЭП №№55,56;

Группа С7.2: розеточная группа (4 розетки).

РЩ-8:

Группа С8.1: ЭП №№57,58;

Группа С8.2: розеточная группа (4 розетки).

РЩ-9:

Группа С9.1: ЭП №№59,60;

Группа С9.2: розеточная группа (4 розетки).

РЩ-10:

Группа С10.1: ЭП №№61,62;

Группа С10.2: розеточная группа (4 розетки).

РЩ-11:

Группа С11.1: ЭП №№75-79;

Группа С11.2: розеточная группа (8 розеток).

РЩ-12:

Группа С12.1: ЭП №№63,64;

Группа С12.2: розеточная группа (4 розетки).

РЩ-13:

Группа С13.1: ЭП №№65,66;

Группа С13.2: розеточная группа (4 розетки).

РЩ-14:

Группа С14.1: ЭП №№67,68;

Группа С14.2: розеточная группа (4 розетки).

РЩ-15:

Группа С15.1: ЭП №№69,70;

Группа С15.2: розеточная группа (4 розетки).

РЩ-16:

Группа С16.1: ЭП №№71,72;

Группа С16.2: розеточная группа (4 розетки).

РЩ-17:

Группа С17.1: ЭП №№73,74;

Группа С17.2: розеточная группа (4 розетки).

РЩ-18:

Группа С18.1: розеточная группа (4 розетки).

Группа С18.2: ЭП №83;

Группа С18.3: ЭП №84;

Группа С18.4: розеточная группа (8 розеток).

РЩ-19:

Группа С19.1: розеточная группа (8 розеток).

РЩ-20:

Группа С20.1: ЭП №1;

Группа С20.2: ЭП №2;

Группа С20.3: ЭП №3;

Группа С20.4: ЭП №№4,5;

Группа С20.5: ЭП №6;

Группа С20.6: ЭП №7;

Группа С20.7: ЭП №№8,9,10;

Группа С20.8: ЭП №11;

Группа С20.9: ЭП №12;

Группа С20.10: ЭП №13;

Группа С20.11: ЭП №14;

Группа С20.12: розеточная группа (4 розетки).

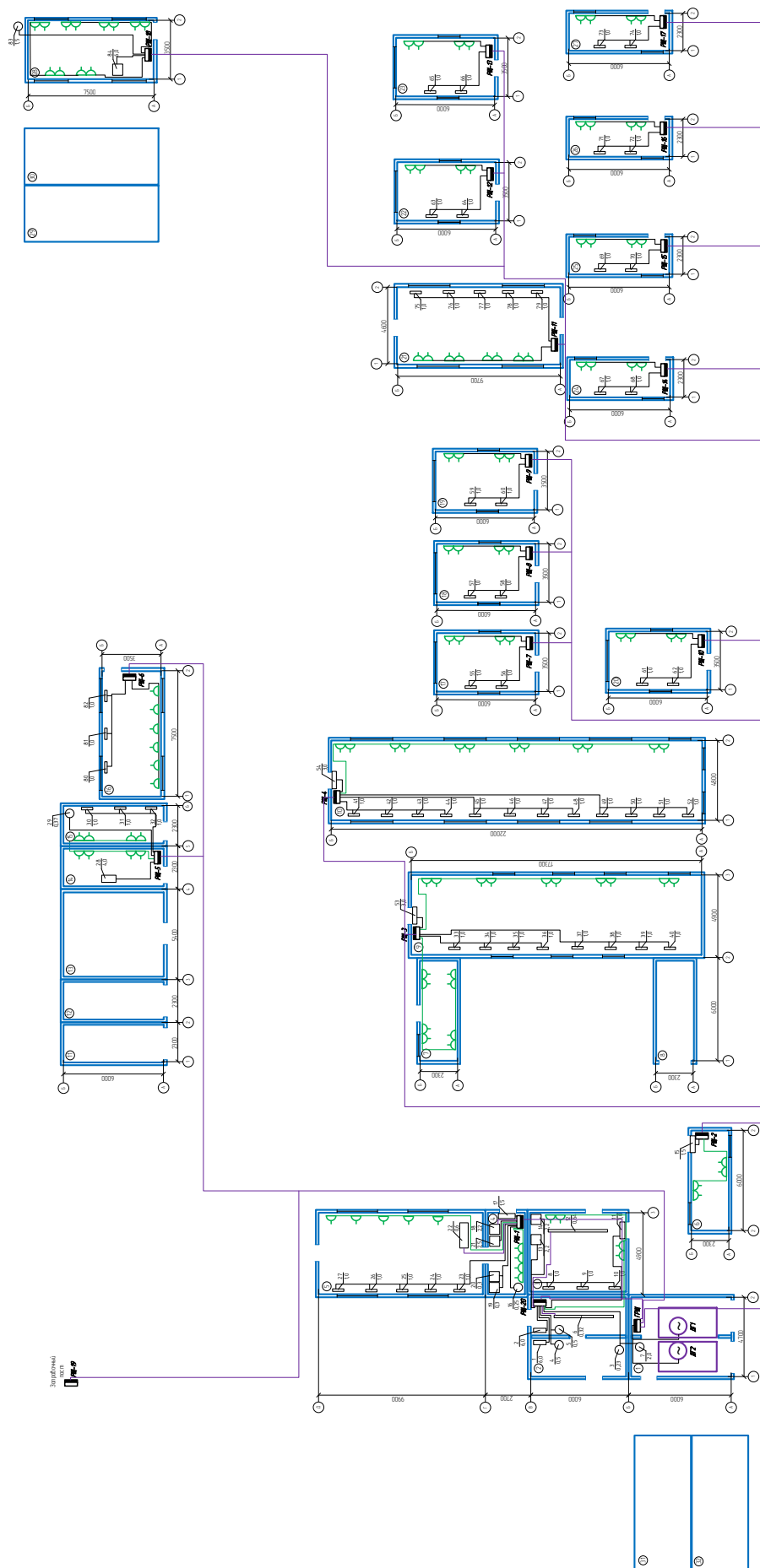


Рисунок 3.3 – План силовых сетей совокупности зданий участка «Кайен» рудника «Купол»

Например, для группы С20.7 расчеты будут выглядеть следующим образом:

$$\text{ЭП №8-10: } P = 1,0 \text{ кВт; } \cos\varphi = 1,0; U = 220 \text{ В.}$$

Определим суммарную мощность электроприёмников:

$$P_{\text{сумм}} = \Sigma P_{8-10} \quad (3.12)$$

$$P_{\text{сумм}} = 3 \cdot 1,0 = 3 \text{ кВт.}$$

$$K_c = 0,9.$$

Определим расчетную мощность:

$$P_{\text{рас}} = 0,9 \cdot 3 = 2,7 \text{ кВт.}$$

Определим полную мощность и ток по формулам (3.9) и (3.10):

$$S_p = 9,1 / 0,7 = 13 \text{ кВА;}$$

$$I_p = 13 \cdot 10^3 / 220 = 59,09 \text{ А.}$$

Для других групп РЩ расчеты проводим по аналогии, в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Расчет электрических нагрузок силовых пунктов (второй уровень)

№ линии РЩ	№ ЭП или наименование	Количество ЭП п, шт	P, кВт	cosφ	K _c	P _{расч.,кВт}	Срасч, кВА	I _p , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
РЩ-1								
Группа С1.1	роз. группа	4	0,06		1	0,24	0,27	1,23
Группа С1.2	16	1	0,25	0,85				
	Всего	1	0,25		1	0,25	0,29	1,34
Группа С1.3	19	1	0,3	0,65				
	20	1	0,3	0,65				
	Всего	2	0,6		1	0,6	0,92	4,18
Группа С1.4	23	1	1	1				
	24	1	1	1				
	25	1	1	1				
	26	1	1	1				
	27	1	1	1				
	Всего	5	5		0,8	4	4	18,18
Группа С1.5	22	1	0,6	0,9				
	Всего	1	0,6		1	0,6	0,67	3,03
Группа С1.6	роз. группа	5	0,06		1	0,3	0,33	1,5
Группа С1.7	21	1	2,5	0,95				
	Всего	1	2,5		1	2,5	2,63	11,96
Группа С1.8	18	1	2,2	0,8				
	Всего	1	2,2		1	2,2	2,75	12,5
Группа С1.9	17	1	1,5	0,95				
	Всего	1	1,5		1	1,5	1,58	7,18
РЩ-2								
Группа С2.1	роз. группа	4	0,06		1	0,24	0,27	1,23

№ линии РЩ	№ ЭП или наименование	Количество ЭП п, шт	P, кВт	cosφ	K _C	P _{РАСЧ.,кВт}	Срасч, кВА	I _p , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Группа С2.2	15	1	1,5	0,95				
	Всего	1	1,5		1	1,5	1,58	7,18
РЩ-3								
Группа С3.1	роз. группа	4	0,06		1	0,24	0,27	1,23
Группа С3.2	53	1	1	1				
	Всего	1	1		1	1	1	4,55
Группа С3.3	33	1	1	1				
	34	1	1	1				
	35	1	1	1				
	36	1	1	1				
	Всего	4	4		0,85	3,4	3,4	15,45
Группа С3.4	37	1	1	1				
	38	1	1	1				
	39	1	1	1				
	40	1	1	1				
	Всего	4	4		0,85	3,4	3,4	15,45
Группа С3.5	роз. группа	4	0,06		1	0,24	0,27	1,23
РЩ-4								
Группа С4.1	41	1	1	1				
	42	1	1	1				
	43	1	1	1				
	44	1	1	1				
	Всего	4	4		0,85	3,4	3,4	15,45
Группа С4.2	45	1	1	1				
	46	1	1	1				
	47	1	1	1				
	48	1	1	1				
	Всего	4	4		0,85	3,4	3,4	15,45
Группа С4.3	49	1	1	1				
	50	1	1	1				
	51	1	1	1				
	52	1	1	1				
	Всего	4	4		0,85	3,4	3,4	15,45
Группа С4.4	54	1	1	1				
	Всего	1	1		1	1	1	4,55
Группа С4.5	роз. группа	12	0,06		1	0,72	0,8	3,64
РЩ-5								
Группа С5.1	28	1	4	0,8				
	Всего	1	4		1	4	5	22,73
Группа С5.2	роз. группа	12	0,06		1	0,72	0,8	3,64
Группа С5.3	28	1	4	0,8				
	Всего	1	4		1	4	5	22,73
Группа С5.4	30	1	1	1				
	31	1	1	1				
	32	1	1	1				
	Всего	3	3		0,9	2,7	2,7	12,27
РЩ-6								
Группа С6.1	80	1	1	1				
	81	1	1	1				
	82	1	1	1				
	Всего	3	3		0,9	2,7	2,7	12,27
Группа С6.2	роз. группа	6	0,06		1	0,36	0,4	1,82
РЩ-7								
Группа С7.1	55	1	1	1				
	56	1	1	1				
	Всего	2	2		0,9	1,8	1,8	8,18
Группа С7.2	роз. группа	12	0,06		1	0,72	0,8	3,64

№ линии РЩ	№ ЭП или наименование	Количество ЭП п, шт	P, кВт	cosφ	K _C	P _{РАСЧ.,кВт}	Срасч, кВА	I _p , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
РЩ-8								
Группа С8.1	57	1	1	1				
	58	1	1	1				
	Всего	2	2		0,9	1,8	1,8	8,18
Группа С8.2	роз. группа	4	0,06		1	0,24	0,27	1,23
РЩ-9								
Группа С9.1	59	1	1	1				
	60	1	1	1				
	Всего	2	2		0,9	1,8	1,8	8,18
Группа С9.2	роз. группа	4	0,06		1	0,24	0,27	1,23
РЩ-10								
Группа С10.1	61	1	1	1				
	62	1	1	1				
	Всего	2	2		0,9	1,8	1,8	8,18
Группа С10.2	роз. группа	4	0,06		1	0,24	0,27	1,23
РЩ-11								
Группа С11.1	75	1	1	1				
	76	1	1	1				
	77	1	1	1				
	78	1	1	1				
	79	1	1	1				
	Всего	5	5		0,9	4,5	4,5	20,45
Группа С11.2	роз. группа	8	0,06		1	0,48	0,53	2,41
РЩ-12								
Группа С12.1	63	1	1	1				
	64	1	1	1				
	Всего	2	2		0,9	1,8	1,8	8,18
Группа С12.2	роз. группа	4	0,06		1	0,24	0,27	1,23
РЩ-13								
Группа С13.1	65	1	1	1				
	66	1	1	1				
	Всего	2	2		0,9	1,8	1,8	8,18
Группа С13.2	роз. группа	4	0,06		1	0,24	0,27	1,23
РЩ-14								
Группа С14.1	67	1	1	1				
	68	1	1	1				
	Всего	2	2		0,9	1,8	1,8	8,18
Группа С14.2	роз. группа	4	0,06		1	0,24	0,27	1,23
РЩ-15								
Группа С15.1	69	1	1	1				
	70	1	1	1				
	Всего	2	2		0,9	1,8	1,8	8,18
Группа С15.2	роз. группа	4	0,06		1	0,24	0,27	1,23
РЩ-16								
Группа С16.1	71	1	1	1				
	72	1	1	1				
	Всего	2	2		0,9	1,8	1,8	8,18
Группа С16.2	роз. группа	4	0,06		1	0,24	0,27	1,23
РЩ-17								
Группа С17.1	73	1	1	1				
	74	1	1	1				
	Всего	2	2		0,9	1,8	1,8	8,18
Группа С17.2	роз. группа	4	0,06		1	0,24	0,27	1,23
РЩ-18								
Группа С18.1	роз. группа	4	0,06		1	0,24	0,27	1,23
Группа С18.2	83	1	1,5	0,85				
	Всего	1	1,5		1	1,5	1,76	4,55

№ линии РЩ	№ ЭП или наименование	Количество ЭП n, шт	P, кВт	cosφ	K _C	P _{РАСЧ.,кВт}	Срасч, кВА	I _p , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Группа С18.3	84	1	6	0,6				
	Всего	1	6		1	6	10	4,55
Группа С18.4	роз. группа	8	0,06		1	0,48	0,53	2,41
РЩ-19								
Группа С19.1	роз. группа	8	0,06		1	0,48	0,53	2,41
РЩ-20								
Группа С20.1	1	1	6	0,95				
	Всего	1	6		1	6	6,32	28,71
Группа С20.2	2	1	6	0,95				
	Всего	1	6		1	6	6,32	28,71
Группа С20.3	3	1	0,23	0,85				
	Всего	1	0,23		1	0,23	0,27	1,23
Группа С20.4	4	1	0,5	0,85				
	5	1	0,5	0,85				
	Всего	2	1		0,9	0,9	1,06	4,82
Группа С20.5	6	1	0,32	0,95				
	Всего	1	0,32		1	0,32	0,34	1,53
Группа С20.6	7	1	2	0,85				
	Всего	1	2		1	2	2,35	10,7
Группа С20.7	8	1	1	1				
	9	1	1	1				
	10	1	1	1				
	Всего	3	3		0,9	2,7	2,7	12,27
Группа С20.8	11	1	3	0,95				
	Всего	1	3		1	3	3,16	14,35
Группа С20.9	12	1	0,64	0,95				
	Всего	1	0,64		1	0,64	0,67	3,06
Группа С20.10	13	1	2,2	0,8				
	Всего	1	2,2		1	2,2	2,75	12,5
Группа С20.11	14	1	2,2	0,8				
	Всего	1	2,2		1	2,2	2,75	12,5
Группа С20.12	роз. группа	4	0,06		1	0,24	0,27	1,23

3.3.3 Расчет нагрузки ГРЩ

Суммарная мощность зданий участка «Кайен»:

$$P_{\text{зданий}} = K \cdot (P_{\text{роз.}} + P_{\text{осв.}} + P_{\text{сил.обор.}}) \text{ кВт}, \quad (3.13)$$

где $P_{\text{роз.}}$ - мощности розеточных групп;
 $P_{\text{осв.}}$ - мощность осветительной нагрузки;
 $P_{\text{проч.}}$ - мощность силовой нагрузки.

Расчет осветительной нагрузки из таблицы 3.2:

$$P_{\text{освет.нагр.}} = P_{\text{освет.}} = 5,696 \text{ кВт}, \quad (3.14)$$

где $P_{\text{освет.}}$ – мощность осветительной нагрузки с учетом коэффициента спроса.

Расчет мощности розеточных групп:

$$P_{\text{роз.гр}} = P_{\text{уд.р}} \cdot n \cdot K_c = 0,06 \cdot 88 \cdot 0,4 = 2,112 \text{ кВт}, \quad (3.15)$$

где $P_{\text{уд.р}}$ – установленная мощность розетки, принимаемая 0,06 кВт;
 n – число розеток.

$K_c = 0,4$ – расчетный коэффициент спроса, [54, табл.7.7].

K прочему оборудованию относятся бытовые приборы и техника, вентиляторы, т.е. вся оставшаяся нагрузка:

$$P_{\text{сил.пр.обор.}} = P_{\text{пр.обор.}} \cdot K_c = 105,61 \cdot 0,5 = 52,805 \text{ кВт}, \quad (3.16)$$

где $P_{\text{пр.обор.}}$ – суммарная мощность прочих приборов.

Определяем электрическую нагрузку всей гостиницы:

$$P_{\text{здания}} = 1 \cdot (5,696 + 2,112 + 52,805) = 60,613 \text{ кВт},$$

где $K = 1$ – коэффициент, учитывающий несовпадение расчетных максимумов нагрузок [54, табл.7.11]. При доле освещения:

$$d_{\text{осв}} = 5,696 / (2,112 + 52,805) * 100 = 10,37 \% < 20\%, \text{ то } K = 1.$$

3.3.4 Выбор кабельной линии от дизельных генераторов и марки ДГ

Произведем выбор питающих кабельных линий.

Расчетный ток кабеля:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot n} \text{ А}, \quad (3.18)$$

где n – число линий; S_p – полная расчетная электрическая нагрузка, кВт;

$U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение линии, кВ.

Для питающей кабельной линии определяем расчетный ток:

$$I_p = \frac{60,613}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 1} = 92,1 \text{ А}.$$

Выбираем кабель для питания от дизельного генератора по расчетному току после аварийного режима типоразмера 1 AWG (соответствует сечению по европейским стандартам 4x35) с допустимым током $I_{\text{доп}} = 140 \text{ А}$ [62].

В качестве автономных источников питания выбираем один основной дизельный генератор Airman SDG150, 125 кВА, максимальная активная мощность 100 кВт и один резервный дизельный генератор JCB G115QS, 115 кВА, максимальная активная мощность 92 кВт.

3.3.5 Выбор ГРЩ и вводного автомата

ГРЩ выбирается по числу отходящих линий и номинальному току. Для совокупности зданий участка «Кайен», выбираем в качестве главного распределительного щита ГРЩ вводно-распределительный шкаф типа ВРУ-ИД-(160+160)-03-12 и вводной автомат типа ВА99-160-3Р-100 на номинальный ток 160 А, с уставкой на 125 А.

Ток срабатывания автоматического выключателя должен быть согласован с максимально допустимым длительным током линии при выполнении условия:

$$I_p \leq K_{с.н} \cdot I_{доп} , \quad (3.19)$$

где I_p - расчетный ток линии, А;

$I_{доп}$ - длительно допустимый ток проводника, А;

$K_{с.н}$ - прокладочный коэффициент на условия прокладки кабеля который равен 0,95 [47].

$$92,1 \leq 0,95 \cdot 140 \text{ А};$$

$$92,1 \leq 133 \text{ А}.$$

Соответствия выбранному защитному устройству:

$$K_{с.н} \cdot I_{доп} \geq K_{защ} \cdot I_з , \quad (3.20)$$

где $I_з$ - параметр защитного устройства, А;

$K_{защ}$ - коэффициент защиты который равен 1, представляющий собой отношения длительного тока для провода или кабеля к параметру защитного устройства [47]:

$$0,95 \cdot 140 \text{ А} \geq 1 \cdot 125 \text{ А}, \quad 133 \text{ А} \geq 125 \text{ А}.$$

3.4 Выбор коммутационно-защитных аппаратов

Выбор автоматических выключателей для защиты отдельных электроприемников производим по следующим условиям [52].

а) по номинальному напряжению

$$U_a \geq U_{\text{ном.сети}}, \quad (3.21)$$

где U_a - номинальное напряжение автомата, В.

б) по номинальному току (уставка теплового расцепителя):

$$I_{\text{расц}} \geq 1,25 \cdot I_p, \quad (3.22)$$

$$I_{\text{ном.а}} \geq 1,25 \cdot I_p, \quad (3.23)$$

где $I_{\text{ном.а}}$ - номинальный ток теплового расцепителя, А;

$I_{\text{ном.а}}$ - номинальный ток автомата, А.

в) по номинальному току электромагнитного расцепителя:

$$I_{\text{ном.то}} \geq 1,2 \cdot I_{\text{пуск}}, \quad (3.24)$$

где $I_{\text{ном.то}}$ – номинальный ток срабатывания токовой отсечки, А:

$$I_{\text{ном.то}} = K_o \cdot I_{\text{расц}}, \quad (3.25)$$

где кратность отсечки K_o .

Выбор вводных автоматов на РЩ сведем в таблицу 3.7.

Выбор автоматов защиты отходящих линий сведем в таблицу 3.8.

Таблица 3.7 – Выбор вводных автоматов на РЩ

Наименование	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{ном.а}, А$	Номинальный ток расцепителя $I_{н.расц}, А$	Пиковый ток $I_{пик}, А$	Расчетный ток отсечки, $1,2 \cdot I_{пик}, А$	K_o	$I_{ном.то}, А$	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл}, кА$
РЩ-1	61,1	67,21	100	80	213,85	256,62	5	500	ВА 88-35	7
РЩ-2	8,41	9,25	25	10	29,435	35,32	5	125	ВА 47-29	7
РЩ-3	37,91	41,7	100	50	132,685	159,22	5	500	ВА 47-29	7
РЩ-4	54,54	59,99	100	63	190,89	229,07	5	500	ВА 47-29	7
РЩ-5	61,37	67,51	100	80	214,795	257,75	5	500	ВА 88-35	7
РЩ-6	14,09	15,5	25	16	49,315	59,18	5	125	ВА 47-29	3
РЩ-7	11,82	13	25	16	41,37	49,64	5	125	ВА 47-29	3
РЩ-8	9,41	10,35	25	16	32,935	39,52	5	125	ВА 47-29	3
РЩ-9	9,41	10,35	25	16	32,935	39,52	5	125	ВА 47-29	3
РЩ-10	9,41	10,35	25	16	32,935	39,52	5	125	ВА 47-29	3
РЩ-11	22,86	25,15	100	40	80,01	96,01	5	500	ВА 47-29	7
РЩ-12	9,41	10,35	25	16	32,935	39,52	5	125	ВА 47-29	3
РЩ-13	9,41	10,35	25	16	32,935	39,52	5	125	ВА 47-29	3
РЩ-14	9,41	10,35	25	16	32,935	39,52	5	125	ВА 47-29	3
РЩ-15	9,41	10,35	25	16	32,935	39,52	5	125	ВА 47-29	3
РЩ-16	9,41	10,35	25	16	32,935	39,52	5	125	ВА 47-29	3
РЩ-17	9,41	10,35	25	16	32,935	39,52	5	125	ВА 47-29	3
РЩ-18	12,74	14,01	25	16	44,59	53,51	5	125	ВА 47-29	3
РЩ-19	2,41	2,65	25	16	8,435	10,12	5	125	ВА 47-29	3
РЩ-20	98,71	98,71	100	100	345,485	414,58	5	500	ВА 88-35	7

Таблица 3.8 – Выбор автоматов защиты групповых линий РЩ

Наименование	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{ном.а}, А$	Номинальный ток расцепителя $I_{н.расц}, А$	Пиковый ток $I_{пик}, А$	Расчетный ток отсечки, $1,2 \cdot I_{пик}, А$	K_o	$I_{ном.то}, А$	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл}, кА$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
РЩ-1										
С1.1	1,23	1,35	16	2	6,15	7,38	5	80	АД12	6
С1.2	1,34	1,47	16	2	6,7	8,04	5	80	АД12	6
С1.3	4,18	4,6	16	5	20,9	25,08	5	80	АД12	6
С1.4	18,18	20	25	20	90,9	109,08	5	125	АД12	6
С1.5	3,03	3,33	16	4	15,15	18,18	5	80	АД12	6
С1.6	1,5	1,65	16	2	7,5	9	5	80	АД12	6
С1.7	11,96	13,16	16	16	59,8	71,76	5	80	АД12	6
С1.8	12,5	13,75	16	16	62,5	75	5	80	АД12	6
С1.9	7,18	7,9	16	8	35,9	43,08	5	80	АД12	6
О1.1	1,03	1,13	16	2	5,15	6,18	5	80	АД12	6
О1.2	0,69	0,76	16	1,6	3,45	4,14	5	80	АД12	6
О1.3	2,07	2,28	16	4	10,35	12,42	5	80	АД12	6
РЩ-2										
С2.1	1,23	1,35	16	2	6,15	7,38	5	80	АД12	6
С2.2	7,18	7,9	16	8	35,9	43,08	5	80	АД12	6
О2.1	1,03	1,13	16	2	5,15	6,18	5	80	АД12	6
РЩ-3										
С3.1	1,23	1,35	16	2	6,15	7,38	5	80	АД12	6
С3.2	4,55	5,01	16	6,3	22,75	27,3	5	80	АД12	6
С3.3	15,45	17	25	20	77,25	92,7	5	125	АД12	6
С3.4	15,45	17	25	20	77,25	92,7	5	125	АД12	6
С3.5	1,23	1,35	16	2	6,15	7,38	5	80	АД12	6
О3.1	1,03	1,13	16	2	5,15	6,18	5	80	АД12	6
О3.2	0,34	0,37	16	1,6	1,7	2,04	5	80	АД12	6
О3.3	2,07	2,28	16	4	10,35	12,42	5	80	АД12	6
О3.4	2,07	2,28	16	4	10,35	12,42	5	80	АД12	6

Наименование	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{ном.а}, А$	Номинальный ток расцепителя $I_{н.расц}, А$	Пиковый ток $I_{пик}, А$	Расчетный ток отсечки, $1,2 \cdot I_{пик}, А$	K_o	$I_{ном.то}, А$	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл}, кА$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
РЩ-4										
C4.1	15,45	17	25	20	77,25	92,7	5	125	АД12	6
C4.2	15,45	17	25	20	77,25	92,7	5	125	АД12	6
C4.3	15,45	17	25	20	77,25	92,7	5	125	АД12	6
C4.4	4,55	5,01	16	6,3	22,75	27,3	5	80	АД12	6
C4.5	3,64	4	16	4	18,2	21,84	5	80	АД12	6
O4.1	2,58	2,84	16	4	12,9	15,48	5	80	АД12	6
O4.2	2,58	2,84	16	4	12,9	15,48	5	80	АД12	6
РЩ-5										
C5.1	22,73	25	25	25	113,65	136,38	5	125	АД12	6
C5.2	3,64	4	16	4	18,2	21,84	5	80	АД12	6
C5.3	22,73	25	25	25	113,65	136,38	5	125	АД12	6
C5.4	12,27	13,5	16	16	61,35	73,62	5	80	АД12	6
O5.1	0,69	0,76	16	1,6	3,45	4,14	5	80	АД12	6
O5.2	0,69	0,76	16	1,6	3,45	4,14	5	80	АД12	6
РЩ-6										
C6.1	12,27	13,5	16	16	61,35	73,62	5	80	АД12	6
C6.2	1,82	2	16	2	9,1	10,92	5	80	АД12	6
O6.1	0,86	0,95	16	1,6	4,3	5,16	5	80	АД12	6
РЩ-7										
C7.1	8,18	9	16	10	40,9	49,08	5	80	АД12	6
C7.2	3,64	4	16	4	18,2	21,84	5	80	АД12	6
O7.1	0,69	0,76	16	1,6	3,45	4,14	5	80	АД12	6
РЩ-8										
C8.1	8,18	9	16	10	40,9	49,08	5	80	АД12	6
C8.2	1,23	1,35	16	2	6,15	7,38	5	80	АД12	6
O8.1	0,69	0,76	16	1,6	3,45	4,14	5	80	АД12	6
РЩ-9										
C9.1	8,18	9	16	10	40,9	49,08	5	80	АД12	6

Наименование	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{ном.а}, А$	Номинальный ток расцепителя $I_{н.расц}, А$	Пиковый ток $I_{пик}, А$	Расчетный ток отсечки, $1,2 \cdot I_{пик}, А$	K_o	$I_{ном.то}, А$	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл}, кА$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
С9.2	1,23	1,35	16	2	6,15	7,38	5	80	АД12	6
О9.1	0,69	0,76	16	1,6	3,45	4,14	5	80	АД12	6
РЩ-10										
С10.1	8,18	9	16	10	40,9	49,08	5	80	АД12	6
С10.2	1,23	1,35	16	2	6,15	7,38	5	80	АД12	6
О10.1	0,69	0,76	16	1,6	3,45	4,14	5	80	АД12	6
РЩ-11										
С11.1	20,45	22,5	25	25	102,25	122,7	5	125	АД12	6
С11.2	2,41	2,65	16	4	12,05	14,46	5	80	АД12	6
О11.1	1,38	1,52	16	2	6,9	8,28	5	80	АД12	6
РЩ-12										
С12.1	8,18	9	16	10	40,9	49,08	5	80	АД12	6
С12.2	1,23	1,35	16	2	6,15	7,38	5	80	АД12	6
О12.1	0,69	0,76	16	1,6	3,45	4,14	5	80	АД12	6
РЩ-13										
С13.1	8,18	9	16	10	40,9	49,08	5	80	АД12	6
С13.2	1,23	1,35	16	2	6,15	7,38	5	80	АД12	6
О13.1	0,69	0,76	16	1,6	3,45	4,14	5	80	АД12	6
РЩ-14										
С14.1	8,18	9	16	10	40,9	49,08	5	80	АД12	6
С14.2	1,23	1,35	16	2	6,15	7,38	5	80	АД12	6
О14.1	0,69	0,76	16	1,6	3,45	4,14	5	80	АД12	6
РЩ-15										
С15.1	8,18	9	16	10	40,9	49,08	5	80	АД12	6
С15.2	1,23	1,35	16	2	6,15	7,38	5	80	АД12	6
О15.1	0,69	0,76	16	1,6	3,45	4,14	5	80	АД12	6
РЩ-16										
С16.1	8,18	9	16	10	40,9	49,08	5	80	АД12	6
С16.2	1,23	1,35	16	2	6,15	7,38	5	80	АД12	6

Наименование	Расчетный ток присоединения, А	Расчетный ток для выбора автомата, А	Номинальный ток автомата $I_{ном.а}, А$	Номинальный ток расцепителя $I_{н.расц}, А$	Пиковый ток $I_{пик}, А$	Расчетный ток отсечки, $1,2 \cdot I_{пик}, А$	K_o	$I_{ном.то}, А$	Тип автомата	Отключающая способность, $I_{откл}, кА$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
О16.1	0,69	0,76	16	1,6	3,45	4,14	5	80	АД12	6
РЩ-17										
С17.1	8,18	9	16	10	40,9	49,08	5	80	АД12	6
С17.2	1,23	1,35	16	2	6,15	7,38	5	80	АД12	6
О17.1	0,69	0,76	16	1,6	3,45	4,14	5	80	АД12	6
РЩ-18										
С18.1	1,23	1,35	16	2	6,15	7,38	5	80	АД12	6
С18.2	4,55	5,01	16	6,3	22,75	27,3	5	80	АД12	6
С18.3	4,55	5,01	16	6,3	22,75	27,3	5	80	АД12	6
С18.4	2,41	2,65	16	4	12,05	14,46	5	80	АД12	6
О18.1	1,38	1,52	16	2	6,9	8,28	5	80	АД12	6
РЩ-19										
С19.1	2,41	2,65	16	4	12,05	14,46	5	80	АД12	6
РЩ-20										
С20.1	28,71	31,58	40	40	143,55	172,26	5	200	АД12	6
С20.2	28,71	31,58	40	40	143,55	172,26	5	200	АД12	6
С20.3	1,23	1,35	16	2	6,15	7,38	5	80	АД12	6
С20.4	4,82	5,3	16	6,3	24,1	28,92	5	80	АД12	6
С20.5	1,53	1,68	16	2	7,65	9,18	5	80	АД12	6
С20.6	10,7	11,77	16	16	53,5	64,2	5	80	АД12	6
С20.7	12,27	13,5	16	16	61,35	73,62	5	80	АД12	6
С20.8	14,35	15,79	16	16	71,75	86,1	5	80	АД12	6
С20.9	3,06	3,37	16	4	15,3	18,36	5	80	АД12	6
С20.10	12,5	13,75	16	16	62,5	75	5	80	АД12	6
С20.11	12,5	13,75	16	16	62,5	75	5	80	АД12	6
С20.12	1,23	1,35	16	2	6,15	7,38	5	80	АД12	6
О20.1	0,34	0,37	16	1	1,7	2,04	5	80	АД12	6
О20.2	0,34	0,37	16	1	1,7	2,04	5	80	АД12	6

3.5 Выбор распределительных щитков

Распределительные силовые пункты (щиты) выбираем, исходя из количества присоединений и рабочего тока самого пункта (таблица 3.9) [55].

Таблица 3.9 – Выбор РЩ

Наименование	Расчетный ток, А	Тип силового пункта	Допустимый ток, А	Количество присоединений
РЩ-1	61,1	ЩРН-24	100	24
РЩ-2	8,41	ЩРН-12	40	12
РЩ-3	37,91	ЩРН-12	40	12
РЩ-4	54,54	ЩРН-12	63	12
РЩ-5	61,37	ЩРН-12	63	12
РЩ-6	14,09	ЩРН-12	40	12
РЩ-7	11,82	ЩРН-12	40	12
РЩ-8	9,41	ЩРН-12	40	12
РЩ-9	9,41	ЩРН-12	40	12
РЩ-10	9,41	ЩРН-12	40	12
РЩ-11	22,86	ЩРН-12	40	12
РЩ-12	9,41	ЩРН-12	40	12
РЩ-13	9,41	ЩРН-12	40	12
РЩ-14	9,41	ЩРН-12	40	12
РЩ-15	9,41	ЩРН-12	40	12
РЩ-16	9,41	ЩРН-12	40	12
РЩ-17	9,41	ЩРН-12	40	12
РЩ-18	12,74	ЩРН-12	40	12
РЩ-19	2,41	ЩРН-12	40	12
РЩ-20	98,71	ЩРН-24	100	24

3.6 Выбор сечений кабельных линий

Для питания отдельных электроприемников и щитов применяем кабели марки AWG (силовой кабель американской маркировки с медными жилами с изолированной негорючей оболочкой) [54, 60].

Сечение кабеля выбирается по нагреву длительным расчетным током, тогда приведенный расчетный ток будет определяться по выражению:

$$I_{\text{расчп}} = \frac{I_p}{k_{\text{п}}}, \quad (3.26)$$

где I_p – расчетный ток проводника, А;

$k_{\text{п}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий условия прокладки проводов и кабелей (при нормальных условиях прокладки $k_{\text{п}} = 1$).

Затем по справочной литературе находится сечение проводника, удовлетворяющее условию:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{расчп}}, \quad (3.27)$$

Кроме того, согласно указаниям [62], проводники для линий к электроприемникам выбираются с учетом соответствия аппарату защиты

$$I_{\text{пр}} \geq I_{\text{р}}, \quad (3.28)$$

$$I_{\text{пр}} \geq K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{авт}}, \quad (3.29)$$

где $K_{\text{зщ}} = 1$ – поправочный коэффициент защиты;

$I_{\text{ном.а}}$ – параметр защитного автомата, А.

Выбор сечений пятижильных кабельных линий, питающих РЩ, сведем в таблицу 3.10.

Таблица 3.10 – Выбор сечений линий, питающих силовые щиты

№	$I_{\text{р}}, \text{А}$	$I_{\text{авт.расч.ном}}, \text{А}$	Марка кабеля (количество жил x сечение)	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$\Gamma_{\text{уд.кл}}, \text{Ом/км}$	$X_{\text{уд.кл}}, \text{Ом/км}$
1	2	3	4	5	6	7
РЩ-1	61,1	80	4 AWG (5x16)	85	1,94	0,0675
РЩ-2	8,41	10	10 AWG (5x4)	30	6,2	0,095
РЩ-3	37,91	50	6 AWG (5x10)	65	3,1	0,073
РЩ-4	54,54	63	4 AWG (5x16)	85	1,94	0,0675
РЩ-5	61,37	80	4 AWG (5x16)	85	1,94	0,0675
РЩ-6	14,09	16	10 AWG (5x4)	30	6,2	0,095
РЩ-7	11,82	16	10 AWG (5x4)	30	6,2	0,095
РЩ-8	9,41	16	10 AWG (5x4)	30	6,2	0,095
РЩ-9	9,41	16	10 AWG (5x4)	30	6,2	0,095
РЩ-10	9,41	16	10 AWG (5x4)	30	6,2	0,095
РЩ-11	22,86	40	8 AWG (5x6)	45	5,17	0,09
РЩ-12	9,41	16	10 AWG (5x4)	30	6,2	0,095
РЩ-13	9,41	16	10 AWG (5x4)	30	6,2	0,095
РЩ-14	9,41	16	10 AWG (5x4)	30	6,2	0,095
РЩ-15	9,41	16	10 AWG (5x4)	30	6,2	0,095
РЩ-16	9,41	16	10 AWG (5x4)	30	6,2	0,095
РЩ-17	9,41	16	10 AWG (5x4)	30	6,2	0,095
РЩ-18	12,74	16	10 AWG (5x4)	30	6,2	0,095
РЩ-19	2,41	16	10 AWG (5x4)	30	6,2	0,095
РЩ-20	98,71	100	3 AWG (5x25)	105	1,24	0,0662

Выбор сечений кабельных линий, отходящих от щитков до отдельных потребителей, сведем в таблицу 3.11, кабель применяется трехжильный.

Таблица 3.11 – Выбор сечений кабельных линий от щитков до отдельных групп потребителей

№	I_p, A	$I_{авт.расц.ном}, A$	Марка кабеля (количество жил x сечение)	$I_{доп}, A$
1	2	3	4	5
РЩ-1				
C1.1	1,23	2	12 AWG (3x2,5)	20
C1.2	1,34	2	12 AWG (3x2,5)	20
C1.3	4,18	5	12 AWG (3x2,5)	20
C1.4	18,18	20	10 AWG (3x2,5)	30
C1.5	3,03	4	12 AWG (3x2,5)	20
C1.6	1,5	2	12 AWG (3x2,5)	20
C1.7	11,96	16	12 AWG (3x2,5)	20
C1.8	12,5	16	12 AWG (3x2,5)	20
C1.9	7,18	8	12 AWG (3x2,5)	20
O1.1	1,03	2	12 AWG (3x2,5)	20
O1.2	0,69	1,6	12 AWG (3x2,5)	20
O1.3	2,07	4	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-2				
C2.1	1,23	2	12 AWG (3x2,5)	20
C2.2	7,18	8	12 AWG (3x2,5)	20
O2.1	1,03	2	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-3				
C3.1	1,23	2	12 AWG (3x2,5)	20
C3.2	4,55	6,3	12 AWG (3x2,5)	20
C3.3	15,45	20	10 AWG (3x2,5)	30
C3.4	15,45	20	10 AWG (3x2,5)	30
C3.5	1,23	2	12 AWG (3x2,5)	20
O3.1	1,03	2	12 AWG (3x2,5)	20
O3.2	0,34	1,6	12 AWG (3x2,5)	20
O3.3	2,07	4	12 AWG (3x2,5)	20
O3.4	2,07	4	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-4				
C4.1	15,45	20	10 AWG (3x2,5)	30
C4.2	15,45	20	10 AWG (3x2,5)	30
C4.3	15,45	20	10 AWG (3x2,5)	30
C4.4	4,55	6,3	12 AWG (3x2,5)	20
C4.5	3,64	4	12 AWG (3x2,5)	20
O4.1	2,58	4	12 AWG (3x2,5)	20
O4.2	2,58	4	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-5				
C5.1	22,73	25	10 AWG (3x2,5)	30
C5.2	3,64	4	12 AWG (3x2,5)	20
C5.3	22,73	25	10 AWG (3x2,5)	30
C5.4	12,27	16	12 AWG (3x2,5)	20
O5.1	0,69	1,6	12 AWG (3x2,5)	20

№	I _p , А	I _{авт.расц.ном} , А	Марка кабеля (количество жил x сечение)	I _{дон} , А
1	2	3	4	5
O5.2	0,69	1,6	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-6				
C6.1	12,27	16	12 AWG (3x2,5)	20
C6.2	1,82	2	12 AWG (3x2,5)	20
O6.1	0,86	1,6	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-7				
C7.1	8,18	10	12 AWG (3x2,5)	20
C7.2	3,64	4	12 AWG (3x2,5)	20
O7.1	0,69	1,6	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-8				
C8.1	8,18	10	12 AWG (3x2,5)	20
C8.2	1,23	2	12 AWG (3x2,5)	20
O8.1	0,69	1,6	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-9				
C9.1	8,18	10	12 AWG (3x2,5)	20
C9.2	1,23	2	12 AWG (3x2,5)	20
O9.1	0,69	1,6	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-10				
C10.1	8,18	10	12 AWG (3x2,5)	20
C10.2	1,23	2	12 AWG (3x2,5)	20
O10.1	0,69	1,6	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-11				
C11.1	20,45	25	10 AWG (3x2,5)	30
C11.2	2,41	4	12 AWG (3x2,5)	20
O11.1	1,38	2	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-12				
C12.1	8,18	10	12 AWG (3x2,5)	20
C12.2	1,23	2	12 AWG (3x2,5)	20
O12.1	0,69	1,6	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-13				
C13.1	8,18	10	12 AWG (3x2,5)	20
C13.2	1,23	2	12 AWG (3x2,5)	20
O13.1	0,69	1,6	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-14				
C14.1	8,18	10	12 AWG (3x2,5)	20
C14.2	1,23	2	12 AWG (3x2,5)	20
O14.1	0,69	1,6	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-15				
C15.1	8,18	10	12 AWG (3x2,5)	20
C15.2	1,23	2	12 AWG (3x2,5)	20
O15.1	0,69	1,6	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-16				
C16.1	8,18	10	12 AWG (3x2,5)	20
C16.2	1,23	2	12 AWG (3x2,5)	20

№	I _p , А	I _{авт.расц.ном} , А	Марка кабеля (количество жил x сечение)	I _{доп} , А
1	2	3	4	5
O16.1	0,69	1,6	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-17				
C17.1	8,18	10	12 AWG (3x2,5)	20
C17.2	1,23	2	12 AWG (3x2,5)	20
O17.1	0,69	1,6	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-18				
C18.1	1,23	2	12 AWG (3x2,5)	20
C18.2	4,55	6,3	12 AWG (3x2,5)	20
C18.3	4,55	6,3	12 AWG (3x2,5)	20
C18.4	2,41	4	12 AWG (3x2,5)	20
O18.1	1,38	2	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-19				
C19.1	2,41	4	12 AWG (3x2,5)	20
РЩ-20				
C20.1	28,71	40	8 AWG (3x6)	45
C20.2	28,71	40	8 AWG (3x6)	45
C20.3	1,23	2	12 AWG (3x2,5)	20
C20.4	4,82	6,3	12 AWG (3x2,5)	20
C20.5	1,53	2	12 AWG (3x2,5)	20
C20.6	10,7	16	12 AWG (3x2,5)	20
C20.7	12,27	16	12 AWG (3x2,5)	20
C20.8	14,35	16	12 AWG (3x2,5)	20
C20.9	3,06	4	12 AWG (3x2,5)	20
C20.10	12,5	16	12 AWG (3x2,5)	20
C20.11	12,5	16	12 AWG (3x2,5)	20
C20.12	1,23	2	12 AWG (3x2,5)	20
O20.1	0,34	1	12 AWG (3x2,5)	20
O20.2	0,34	1	12 AWG (3x2,5)	20

Внутренние электрические сети выполняются 3-х, 5-ти проводными с применением кабелей с медными жилами (тип кабеля указан выше).

Кабельные сети необходимо проложить в помещениях:

- в кабель-каналах;
- по строительным конструкциям - в ПВХ трубах.

Вне помещений кабели прокладываются в земле в траншее.

3.7 Расчет токов короткого замыкания и проверка основного оборудования сети

3.7.1 Расчет токов трехфазного короткого замыкания

Расчет токов КЗ ниже 1000 В ведем в именованных единицах. Учитываются все дополнительные сопротивления в соответствии с [52] (рисунок 3.4).

Расчет тока трехфазного КЗ для точки К1:

Для кабеля КЛ1 типоразмера 1 AWG 4x35 длиной $L_{кл} = 4$ м:

$$R_{л1} = R_{уд.кл} \cdot L_{кл}, \text{ мОм} \quad (3.30)$$

$$R_{л1} = 0,89 \cdot 4 = 3,56 \text{ мОм}$$

$$X_{л1} = X_{уд.кл} \cdot L_{кл}, \text{ мОм} \quad (3.31)$$

$$X_{л1} = 0,0637 \cdot 4 = 0,255 \text{ мОм.}$$

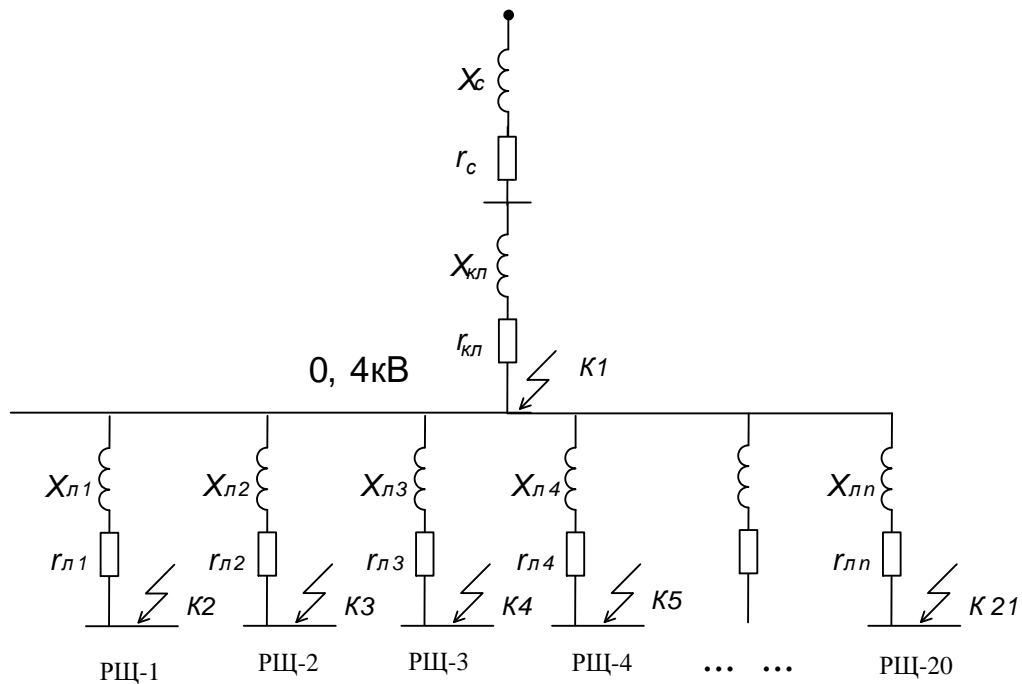


Рисунок 3.4 – Схема замещения тока трехфазного КЗ

В качестве сопротивления источника питания (системы) будут являться сопротивления основного дизельного генератора мощностью 125 кВА [52].

Таким образом, определяем сопротивления генератора по формулам [52]:

$$r_G = r'_{d*ном} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6; \quad (3.32)$$

$$x_{\Gamma} = x'_{d^{*ном}} \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6. \quad (3.33)$$

$$r_{\Gamma} = 0,004 \cdot \frac{0,4^2}{125} \cdot 10^6 = 5,12 \text{ мОм};$$

$$x_{\Gamma} = 0,02 \cdot \frac{0,4^2}{125} \cdot 10^6 = 25,6 \text{ мОм}.$$

$$R_c = r_{\Gamma} = 5,12 \text{ мОм};$$

$$X_c = x_{\Gamma} = 25,6 \text{ мОм}.$$

Рассчитаем результирующее сопротивление и ток КЗ в точке К1:

$$X_{\Sigma} = X_c + X_{Л1}, \quad (3.34)$$

$$X_{\Sigma} = 25,6 + 0,255 = 25,855 \text{ мОм}.$$

$$R_{\Sigma} = R_c + R_{Л1}, \quad (3.35)$$

$$R_{\Sigma} = 5,12 + 3,56 = 8,68 \text{ мОм}.$$

Ток трехфазного КЗ в точке К1:

$$I_{К-1} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + R_{\Sigma}^2}}, \quad (3.36)$$

$$I_{К-1} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{25,855^2 + 8,68^2}} = 8,468 \text{ кА}.$$

Аналогичные расчеты производим для других точек КЗ, результаты расчетов сведем в таблицу 3.12.

Таблица 3.12 – Трехфазный ток КЗ в характерных точках

точка КЗ	R _{сум} , МОм	X _{сум} , МОм	Руд.кл, МОм/м	Худ.кл, МОм/м	Лкл, м	R _{лі} , МОм	X _{лі} , МОм	R _{доб} , МОм	R _{сумм} , МОм	X _{сум} , МОм	Ik.з,кА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
К2	8,68	25,855	1,94	0,0675	14	27,160	0,945	20,000	55,840	26,800	3,729
К3	8,68	25,855	6,2	0,095	26	161,200	2,470	20,000	189,880	28,325	1,203
К4	8,68	25,855	3,1	0,073	44	136,400	3,212	20,000	165,080	29,067	1,378
К5	8,68	25,855	1,94	0,0675	57	110,580	3,848	20,000	139,260	29,703	1,622
К6	8,68	25,855	1,94	0,0675	105	203,700	7,088	20,000	232,380	32,943	0,984
К7	8,68	25,855	6,2	0,095	120	744,00	11,400	20,000	772,680	37,255	0,299
К8	8,68	25,855	6,2	0,095	43	266,60	4,085	20,000	295,280	29,940	0,778
К9	8,68	25,855	6,2	0,095	51	316,20	4,845	20,000	344,880	30,700	0,667
К10	8,68	25,855	6,2	0,095	59	365,80	5,605	20,000	394,480	31,460	0,584
К11	8,68	25,855	6,2	0,095	33	204,60	3,135	20,000	233,280	28,990	0,982
К12	8,68	25,855	5,17	0,09	62	320,540	5,580	20,000	349,220	31,435	0,659
К13	8,68	25,855	6,2	0,095	75	465,000	7,125	20,000	493,680	32,980	0,467
К14	8,68	25,855	6,2	0,095	84	520,800	7,980	20,000	549,480	33,835	0,420
К15	8,68	25,855	6,2	0,095	71	440,200	6,745	20,000	468,880	32,600	0,491
К16	8,68	25,855	6,2	0,095	78	483,600	7,410	20,000	512,280	33,265	0,450
К17	8,68	25,855	6,2	0,095	84	520,800	7,980	20,000	549,480	33,835	0,420
К18	8,68	25,855	6,2	0,095	90	558,000	8,550	20,000	586,680	34,405	0,393
К19	8,68	25,855	6,2	0,095	130	806,000	12,350	20,000	834,680	38,205	0,276
К20	8,68	25,855	6,2	0,095	110	682,000	10,450	20,000	710,680	36,305	0,325
К21	8,68	25,855	1,24	0,0662	12	14,880	0,794	20,000	43,560	26,649	4,523

3.7.2 Расчет токов однофазного короткого замыкания

Начальное действующее значение периодической составляющей тока однофазного короткого замыкания рассчитывается по формуле:

$$I_{п0}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{ср.Н}}{\sqrt{(2 \cdot R_{1\Sigma} + R_{0\Sigma})^2 + (2 \cdot X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}}, \text{ кА}, \quad (3.37)$$

где $R_{1\Sigma}$, $X_{1\Sigma}$ – результирующие активное и индуктивное сопротивления прямой последовательности, $R_{0\Sigma}$, $X_{0\Sigma}$ – результирующие активное и индуктивное сопротивления нулевой последовательности.

Сопротивление дуги в точке КЗ r_d принимается равным 30 МОм.

При отсутствии точных справочных данных об удельных величинах активных и индуктивных сопротивлений нулевой последовательности, возможно использование следующих формул [52]:

$$R_{0Л} = R_{\text{фазн}} + 3R_{\text{нул}} \quad (3.38)$$

$$X_{0Л} = X_{\text{фазн}} + 3X_{\text{нул}} \quad (3.39)$$

Сопротивления нулевой последовательности генератора мощностью 125 кВА [52]:

$$R_{0Т} = 46 \text{ мОм};$$

$$X_{0Т} = 138 \text{ мОм}.$$

Рассчитаем результирующее сопротивление и ток КЗ в точке К1:

$$X_{\Sigma 0С} = X_{0Т} + 3X_{Л1},$$

$$X_{\Sigma 0С} = 138 + 3 * 3,56 = 148,68 \text{ мОм}.$$

$$R_{\Sigma 0С} = R_{0Т} + 3R_{Л1},$$

$$R_{\Sigma 0С} = 46 + 3 * 0,255 = 46,765 \text{ мОм}.$$

$$I_{К1}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot 400}{\sqrt{(2 \cdot 8,68 + 46,765)^2 + (2 \cdot 25,855 + 148,68)^2}} = 3,293 \text{ кА}.$$

По аналогии с таблицей 3.12 составим таблице 3.13 для расчета токов однофазного КЗ.

Таблица 3.13 – Однофазный ток КЗ в характерных точках

точка КЗ	R _{сумм} , мОм	X _{сумм} , мОм	R _{уд.кл.} , мОм/м	X _{уд.кл.} , мОм/м	Лкл, м	R _{лі} , мОм	X _{лі} , мОм	R _{дуг} , мОм	R _{сумм} , мОм	X _{сумм} , мОм	I _{к.з.} , кА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
К2	46,765	148,68	5,82	0,2025	14	81,480	2,835	30,000	158,245	151,515	1,054
К3	46,765	148,68	18,6	0,285	26	483,600	7,410	30,000	560,365	156,090	0,397
К4	46,765	148,68	9,3	0,219	44	409,200	9,636	30,000	485,965	158,316	0,452
К5	46,765	148,68	5,82	0,2025	57	331,740	11,543	30,000	408,505	160,223	0,526
К6	46,765	148,68	7,76	0,27	105	814,800	28,350	30,000	891,565	177,030	0,254
К7	46,765	148,68	24,8	0,38	120	2976,00	45,600	30,000	3052,765	194,280	0,075
К8	46,765	148,68	24,8	0,38	43	1066,40	16,340	30,000	1143,165	165,020	0,200
К9	46,765	148,68	24,8	0,38	51	1264,80	19,380	30,000	1341,565	168,060	0,171
К10	46,765	148,68	24,8	0,38	59	1463,20	22,420	30,000	1539,965	171,100	0,149
К11	46,765	148,68	24,8	0,38	33	818,40	12,540	30,000	895,165	161,220	0,254
К12	46,765	148,68	0,443	0,0612	62	27,466	3,794	30,000	104,231	152,474	1,250
К13	46,765	148,68	7,4	0,116	75	555,000	8,700	30,000	631,765	157,380	0,355
К14	46,765	148,68	6,2	0,095	84	520,800	7,980	30,000	597,565	156,660	0,374
К15	46,765	148,68	6,2	0,095	71	440,200	6,745	30,000	516,965	155,425	0,428
К16	46,765	148,68	6,2	0,095	78	483,600	7,410	30,000	560,365	156,090	0,397
К17	46,765	148,68	6,2	0,095	84	520,800	7,980	30,000	597,565	156,660	0,374
К18	46,765	148,68	6,2	0,095	90	558,000	8,550	30,000	634,765	157,230	0,353
К19	46,765	148,68	6,2	0,095	130	806,000	12,350	30,000	882,765	161,030	0,257
К20	46,765	148,68	6,2	0,095	110	682,000	10,450	30,000	758,765	159,130	0,298
К21	46,765	148,68	6,2	0,095	12	74,400	1,140	30,000	151,165	149,820	1,085

3.7.3 Проверка оборудования

Проверим выключатели, защищающие кабельные линии напряжением 0,4 кВ. Проверку будем проводить по току КЗ (таблица 3.14):

$$I_{к.з.} \leq I_{пр.откл.}, \quad (3.40)$$

где $I_{пр.откл.}$ – предельная отключающая способность.

Выбранные автоматические воздушные выключатели соответствуют условию проверки на отключающую способность.

Произведем проверку чувствительности автоматических выключателей на линиях к однофазным КЗ по условию чувствительности, что показано в таблице 3.15 [52]:

$$\frac{I_{кз}^{(1)}}{I_{рц.ном}} \geq 3. \quad (3.41)$$

Таблица 3.14 – Проверка автоматических выключателей на отключающую способность

Щит	Точка к.з.	Ik.з. ,кА	Тип выключателя	Предельная отключающая способность, кА
1	2	3	4	5
ГРЩ	К1	8,468	ВА 88-35	15
РЩ-1	К2	3,729	ВА 47-29	6
РЩ-2	К3	1,203	ВА 47-29	6
РЩ-3	К4	1,378	ВА 47-29	6
РЩ-4	К5	1,622	ВА 88-35	15
РЩ-5	К6	0,984	ВА 47-29	6
РЩ-6	К7	0,299	ВА 47-29	6
РЩ-7	К8	0,778	ВА 47-29	6
РЩ-8	К9	0,667	ВА 47-29	6
РЩ-9	К10	0,584	ВА 47-29	6
РЩ-10	К11	0,982	ВА 47-29	6
РЩ-11	К12	0,659	ВА 47-29	6
РЩ-12	К13	0,467	ВА 47-29	6
РЩ-13	К14	0,420	ВА 47-29	6
РЩ-14	К15	0,491	ВА 47-29	6
РЩ-15	К16	0,450	ВА 47-29	6
РЩ-16	К17	0,420	ВА 47-29	6
РЩ-17	К18	0,393	ВА 47-29	6
РЩ-18	К19	0,276	ВА 47-29	6
РЩ-19	К20	0,325	ВА 88-35	15
РЩ-20	К21	4,523	ВА 88-35	15

Таблица 3.15 – Проверка чувствительности автоматов к однофазным КЗ

Место установки автомата	Номер точки КЗ	Тип выключателя	$I_{\text{ном.расц.}}$, А	$I_{\text{кз}}^{(1)}$, кА	$I_{\text{кз}}^{(1)} / I_{\text{рц.ном}}$
1	2	3	4	5	6
ГРЩ	К1	ВА99-160-3Р-100	125	3,293	26,34
РЩ-1	К2	ВА 88-35	80	1,054	13,18
РЩ-2	К3	ВА 47-29	10	0,397	39,70
РЩ-3	К4	ВА 47-29	50	0,452	9,04
РЩ-4	К5	ВА 47-29	63	0,526	8,35
РЩ-5	К6	ВА 88-35	80	0,254	3,18
РЩ-6	К7	ВА 47-29	16	0,075	4,69
РЩ-7	К8	ВА 47-29	16	0,200	12,50
РЩ-8	К9	ВА 47-29	16	0,171	10,69
РЩ-9	К10	ВА 47-29	16	0,149	9,31
РЩ-10	К11	ВА 47-29	16	0,254	15,88
РЩ-11	К12	ВА 47-29	40	1,250	31,25
РЩ-12	К13	ВА 47-29	16	0,355	22,19
РЩ-13	К14	ВА 47-29	16	0,374	23,38
РЩ-14	К15	ВА 47-29	16	0,428	26,75
РЩ-15	К16	ВА 47-29	16	0,397	24,81
РЩ-16	К17	ВА 47-29	16	0,374	23,38
РЩ-17	К18	ВА 47-29	16	0,353	22,06
РЩ-18	К19	ВА 47-29	16	0,257	16,06
РЩ-19	К20	ВА 47-29	16	0,298	18,63
РЩ-20	К21	ВА 88-35	100	1,085	10,85

Все комбинированные автоматические воздушные выключатели проходят проверку на чувствительность.

3.8 Проект ветроустановки для питания автономного объекта с резервированием от дизельных генераторов

Расчет скорости ветра на различных высотах

В таблице 3.16 приведена скорость ветра в Чукотского АО (метеостанция «Анадырь»), причем среднегодовая скорость ветра составляет 5,3 м/с.

Таблица 3.16 – Скорость ветра в Чукотского АО (метеостанция «Анадырь»)

Градация скорости ветра по месяцам, %													
Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
0-1	5,8	5,7	7,8	9,7	9,8	10,3	11,0	11,6	9,5	9,8	10,6	6,7	9,1
2-3	18,5	18,4	25,3	27,7	32,3	32,0	33,1	32,8	28,0	27,5	23,4	19,8	26,6
4-5	26,2	27,0	27,8	28,2	31,9	31,3	33,1	30,9	28,9	25,9	25,8	26,4	28,6
6-7	22,2	22,7	19,6	18,8	16,9	17,3	15,7	16,4	19,2	19,0	19,8	22,1	19,1
8-9	13,7	14,1	12,0	10,0	6,7	6,4	5,5	6,3	8,6	11,6	11,3	13,2	9,9
10-11	9,1	7,6	4,9	3,9	1,8	2,1	1,5	1,4	4,3	4,6	6,9	8,3	4,7
12-13	2,9	3,4	2,0	1,2	0,4	0,5	0,1	0,6	0,9	1,3	1,7	2,6	1,5
14-15	1,1	0,8	0,5	0,4	0,1	0,1			0,4	0,2	0,4	0,6	0,4
16-17	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1				0,2	0,1	0,1	0,2	0,1
18-21	0,1	0,2										0,1	0,03
22-25													
26-30	0,08												0,007

Требуется определить параметры скорости ветра на высоте 50 м в районе Чукотского АО (метеостанция «Анадырь»).

Рассматриваемая местность относится к четвертой зоне. Для Чукотского АО известны параметры на уровне 10 м: $\bar{u}_{10} = 5,3$ м/с, $c_{u(10)} = 0,4$. Присваивая эти значения и пользуясь данными таблицы приложения 1 [53] (деленными на 100), определяем:

$$\bar{u}_{50} = \bar{u}_{10} \cdot \frac{\bar{u}_{50}}{\bar{u}_{10}} = 5,3 \cdot \frac{156}{100} = 8,268 \text{ м/с,}$$

$$c_{u(50)} = c_{u(10)} \cdot \frac{c_{u(50)}}{c_{u(10)}} = 0,4 \cdot \frac{73}{100} = 0,292.$$

Определим параметры скорости ветра на высоте 200 м в районе Чукотского АО (метеостанция «Анадырь»).

В качестве исходной информации берутся данные на уровне 200 м над землей. Рассматриваемый район относится к четвертой ветровой зоне. По данным метеостанции «Анадырь» определяем параметры на уровне 200 м. Используя данные справочника по Чукотскому АО, считаем, что и для района г. Анадырь $\bar{u}_{200} = 7,2$ м/с, $c_{u(200)} = 0,32$.

Тогда находим:

$$\bar{u}_{200} = \bar{u}_{200} \cdot \frac{\bar{u}_{50}}{\bar{u}_{200}} = 7,2 \cdot \frac{80}{100} = 5,76 \text{ м/с},$$

$$c_{u(200)} = c_{u(200)} \cdot \frac{c_{u(50)}}{c_{u(200)}} = 0,32 \cdot \frac{112}{100} = 0,358.$$

Расчет производительности и выработки ВЭУ

Мощность всего имеющегося ветрового потока можно определить как

$$N_n = \frac{1}{2} \rho \bar{u}_n^3 S,$$

где ρ - плотность среды (воздушной); \bar{u}_n^3 - среднее значение куба u_n , по Приложению 3 [53] путем интерполяции; S - площадь сечения ветрового потока.

Энергия ветра за интервал времени T , МВт·ч

$$\bar{Q}_n = \frac{1}{2} \rho \bar{u}_n^3 S T.$$

Резюмируя представленные формулы, можно получить формулу средней производительности ветроагрегата (\bar{A}) с номинальной мощностью N_e (кВт), начальной скоростью ветроколеса u_0 (м/с), скоростью регулирования $u_{ном}$ (м/с) и максимальной скоростью $u_{макс}$ (м/с):

$$\bar{A} = \frac{\bar{u}_{u_0-u_{ном}-u_{макс}}^3}{\bar{u}_{ном}^3} N_e T,$$

где $\bar{u}_{u_0-u_{ном}-u_{макс}}^3 = \bar{u}_n^3 \left[I(x_{ном}, m) - I(x_0, m) + \frac{u_{ном}^3}{\bar{u}_n^3} f(u_{макс} > u \geq u_{ном}) \right]$ - средний

куб скорости в диапазоне рабочих скоростей ($u_{макс} > u \geq u_0$);

$$I(x, m) = \frac{1}{\Gamma(m)} \int_0^x e^{-t} t^{m-1} dt \text{ - неполная гамма-функция;}$$

$$x = \left(\frac{u}{\beta} \right), m = \frac{3}{\gamma} + 1, \beta \text{ и } \gamma \text{ - параметры функции Вейбулла;}$$

$\Gamma(m)$ - полная гамма-функция;

$f(u_{макс} > u \geq u_0)$ - повторяемость диапазона номинального режима.

Рассчитаем указанный параметр \bar{A} для ВЭУ (CONDOR AIR WES 380/50-20) ($N_e = 20$ кВт, $u_0 = 2,5$ м/с, $u_{ном} = 9$ м/с, $u_{макс} = 20$ м/с), установленного на метеоплощадке ($\bar{u} = 5,3$ м/с, $c_u = 0,4$).

Выполним несколько необходимых шагов для определения нужных параметров:

1) с помощью таблицы приложения 3 [53] и параметров $\bar{u} = 5,3$ м/с, $c_u = 0,4$ определим интерполяцией средний куб скорости: $\bar{u}_n^3 = 221,5$ м³/с³;

2) с помощью таблицы приложения 4 [53] и параметров $u_{ном} / \bar{u} = 9 / 5,3 = 1,7$, $c_u = 0,4$, $u_0 / \bar{u} = 2,5 / 5,3 = 0,47$ определим значения:

$$I(x_{ном}, m) = I(1,7; 0,4) = 0,78; I(x_0, m) = I(0,47; 0,4) = 0,004;$$

3) с помощью таблицы приложения 5 [53] и $u_{ном} / \bar{u} = 1,7$, $c_u = 0,4$, найдем значение для формулы среднего куба:

$$\frac{u_{ном}}{u_n^3} f(u \geq u_{ном}) = 0,15.$$

4) находим значение средней производительности ветроагрегата:

$$\bar{A} = \frac{221,5(0,78 - 0,004 + 0,15)}{9^3} \cdot 20 \cdot 8760 = 49293,69 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Тогда среднесуточная выработка ВЭУ

$$\bar{A} = \frac{221,5(0,78 - 0,004 + 0,15)}{9^3} \cdot 20 \cdot 24 = 135,05 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Время работы и простоев ВЭУ

Суммарное время работы ветроагрегата (t_p) находится по формуле

$$\tau_p = \frac{f(u \geq u_0) \cdot 8760}{100} = \frac{90,8 \cdot 8760}{100} = 7954,08 \text{ ч},$$

где $f(u \geq u_0) = 90,8\%$ - вероятность превышения начальной скорости ВЭУ, %;
 T - период превышения за год, ч.

Значения $F(u \geq u_0)$ в зависимости от параметров $u_0 / \bar{u} = 0,47$ и $c_u = 0,4$ берем из таблицы приложения 6 [53].

Общая за год длительность простоев ветроустановки

$$t_n = T - t_p = 8760 - 7954,08 = 805,92 \text{ ч}.$$

Средняя непрерывная длительность периодов работы ($\bar{\tau}_p$) = 25,95 ч. ВЭУ берется по таблице приложения 7 [53]. Средняя непрерывная длительность простоев ВЭУ находится по формуле

$$\bar{\tau}_n = \bar{\tau}_p \frac{100 - f(u \geq u_0)}{f(u \geq u_0)} = 25,95 \cdot \frac{100 - 90,8}{90,8} = 2,63 \text{ ч}.$$

Расчет выработки ВЭУ по распределению Релея

Определим годовую выработку энергии ветра агрегата Condor Air 20кВт для района Чукотского АО (метеостанция «Анадырь») с $\bar{u} = 5,3$ м/с (на уровне 10 м от поверхности земли). Характеристики ветроустановки приведены в таблице 3.17.

Таблица 3.17 – Характеристики ветроустановки

Тип, марка	Номинальная мощность $N_{e(ном)}$ (кВт)	Диаметр ветрового колеса, D (м)	Высота ветрового колеса, H (м)	Расчетная скорость ветра, $u_{ном}$ (м/с)	Максимальная скорость ветра, $u_{макс}$ (м/с)
Condor Air 20кВт	20	11,5	12	9	20

1. Принимаем показатель степени $m = 0,42$, находим среднюю скорость ветра \bar{u} на оси ветроколеса [52]:

$$\bar{u} = \bar{u}_{10} \left(\frac{H}{10} \right)^m = 5,3 \left(\frac{12}{10} \right)^{0,42} = 5,72 \text{ м/с.}$$

2. Мощность ветроагрегата определяется формулой:

$$N_{e(ном)} = \frac{D^2 u_{ном}^3}{2080} \cdot \eta_0$$

где η_0 - общий КПД агрегата, выразим его из этой формулы:

$$\eta_0 = \frac{2080 N_{e(ном)}}{D^2 u_{ном}^3};$$

$$\eta_0 = \frac{2080 \cdot 20}{11,5^2 \cdot 9^3} = 0,43$$

3. По рисунку 3.5 определим значение удельной мощности установок для $u_{ном} = 9,0$ м/с и $\bar{u} = 5,3$ м/с.

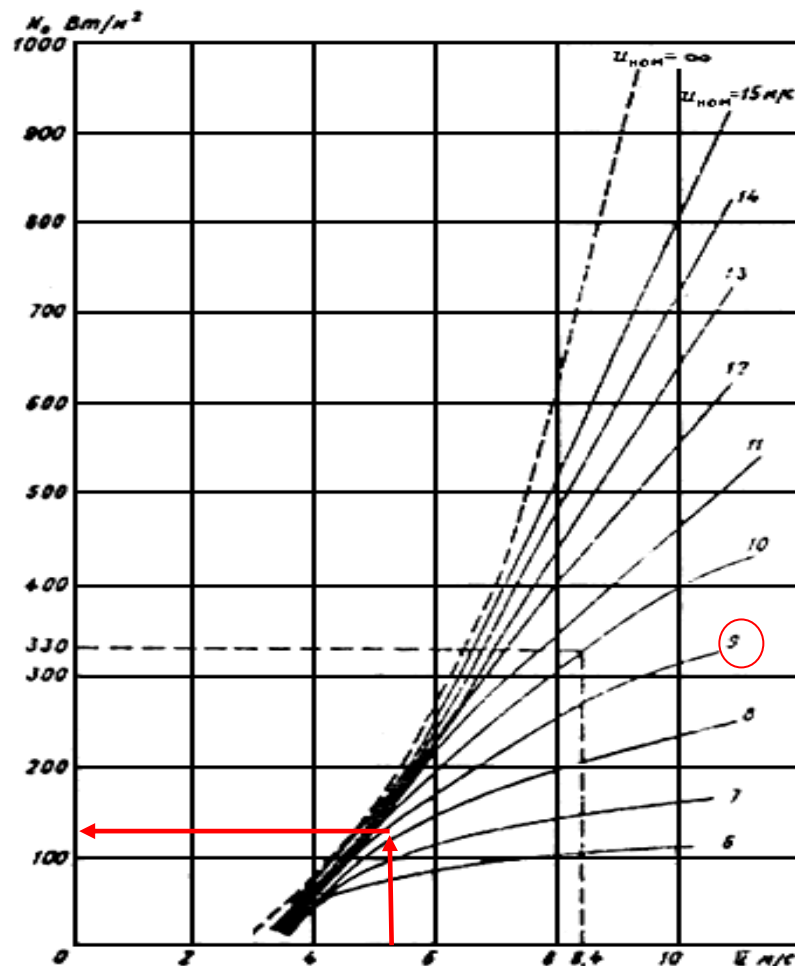


Рисунок 3.5 – Значения удельной мощности установок

Для Condor Air $N_e = 130 \text{ Вт/м}^2 = 0,13 \text{ кВт/м}^2$.

4. Ометаемая площадь поверхности ветроколеса:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 * 11,5^2}{4} = 103,82 \text{ м}^2.$$

5. Годовая выработка энергии:

$$W_z = 8760 N_e S \eta_0.$$

$$W_z = 8760 \cdot 0,13 \cdot 103,82 \cdot 0,43 = 50839 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Расчет выработки ВЭУ по данным наблюдений на метеорологических станциях

Рассчитаем месячную (за июнь) и годовую выработку энергии ветроагрегата Condor Air 20кВт для условий Чукотского АО.

Расчет производится по формуле

$$W = \sum_{u_i=u_0}^{u_i=u_{\max}} N_i T_i,$$

где N_i - мощность агрегата, развиваемая при скорости ветра u_i ; T_i - число часов работы агрегата.

Используя научно-прикладной справочник «Климат России», представим в таблице 3.18 градации скорости ветра, %.

Таблица 3.18 – Градации скорости ветра, %

Период	Градация скорости ветра, % при скорости ветра, м/с											
	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-21	22-25	26-30
Месяц	10,3	32,0	31,3	17,3	6,4	2,1	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Год	9,1	26,6	28,6	19,1	9,9	4,7	1,5	0,4	0,1	0,03	0,0	0,007

Мощность, развиваемая агрегатом Condor Air 20кВт (максимальная), для средних значений градаций скорости приводится в таблице 3.19.

Таблица 3.19 – Мощность, развиваемая агрегатом Condor Air 20кВт

Параметр	Скорость ветра, м/с				
	2,5	4,5	6,5	8,5	9,0
Мощность расчетная, кВт	2,9	4,2	11,8	18,6	20,0

Результаты расчетов для Condor Air 20кВт за июнь сведены в таблицу 3.20.

Таблица 3.20 – Результаты расчетов для Condor Air 20кВт за июнь

Середина градации скорости ветра, м/с	Развиваемая мощность, кВт	Повторяемость скорости	Число рабочих часов, ч	Выработка, кВт·ч
2,5	2,9	0,320	238,08	690,43
4,5	4,2	0,313	232,87	978,06
6,5	11,8	0,173	128,71	1518,80
≥ 9	20,0	0,021	15,62	312,48
Σ				3499,77

Результаты расчетов для Condor Air 20кВт за годовой промежуток времени сведены в таблицу 3.21.

Таблица 3.21 – Результаты расчетов для Condor Air 20кВт за годовой промежуток времени

Середина градации скорости ветра, м/с	Развиваемая мощность, кВт	Повторяемость скорости	Число рабочих часов, ч	Выработка, кВт·ч
2,5	2,9	0,266	2330,16	6757,46
4,5	4,2	0,286	2505,36	10522,51
6,5	11,8	0,191	1673,16	19743,29
≥ 9	20,0	0,047	411,72	8234,4
Σ				45257,66

Учет влияния степени открытости местности на выработку энергии

Определим значение максимальной выработки энергии ВЭУ Condor Air 20кВт при его использовании на месте, характеризующемся следующими признаками: рельеф достаточно ровный, местность открытая. Место, где преобладают максимальные скорости ветра, находится в 400 км к северо-западу от ближайшей метеостанции «Анадырь» Чукотского АО.

Со сторон: северной (С), северо-западной (СЗ), северо-восточной (СВ) – открытое побережье залива. Со сторон: западной (З) и восточной (В) нет элементов защищенности. Со сторон: юго-восточной (ЮВ), южной (Ю) и юго-западной (ЮЗ) присутствуют отдельные элементы защищенности.

Оценка открытости указанного места приводится в таблице 3.22.

Таблица 3.22 – Оценка открытости указанного места

Показатель	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Классификация по Милевскому	96	96	76	66	66	66	76	96
Масштаб класса открытости, М	16	16	10	7	7	7	10	16

Среднее значение масштаба класса открытости – $M = 11$.

Ближайшая станция «Анадырь» имеет следующую классификацию местоположения по Милевскому (таблица 3.23).

Таблица 3.23 – Классификация местоположения по Милевскому

Показатель	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Классификация по Милевскому	96	66	66	66	66	66	96	96
Масштаб класса открытости, М	16	7	7	7	7	7	16	16

Среднее значение масштаба класса открытости – $M = 10$.

Повторяемость различных градаций скорости ветра на метеостанции «Анадырь» за многолетний период следующая (таблица 3.24).

Таблица 3.24 – Повторяемость различных градаций скорости ветра

Градация скорости ветра, м/с	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15
Повторяемость скоростей ветра	0,091	0,266	0,286	0,191	0,099	0,047	0,015	0,004

Результаты расчета ожидаемой выработки энергии Condor Air 20кВт по данным метеостанции «Анадырь» приведены в таблице 3.25.

Таблица 3.25 – Результаты расчета ожидаемой выработки энергии

Градация скорости ветра, м/с	Середина градации, м/с	Развиваемая мощность, кВт	Повторяемость скорости	Число рабочих часов в году, ч	Выработка, кВт·ч
2-3	2,5	2,9	0,266	2330,16	6757,46
4-5	4,5	4,2	0,286	2505,36	10522,51
6-7	6,5	11,8	0,191	1673,16	19743,29
≥ 9	≥ 9	20	0,099	867,24	17344,8
Σ				7375,92	54368,06

Производим учет местных условий размещения, принимая во внимание зависимость энергетического коэффициента K_3 от масштаба класса открытости M . Для $M=9.6$ и $M=10$ и $u_p = 9$ м/с энергетические коэффициенты K_3 равны соответственно $K_{31} = 0.76$ и $K_{32} = 0.79$ (рисунок 3.6).

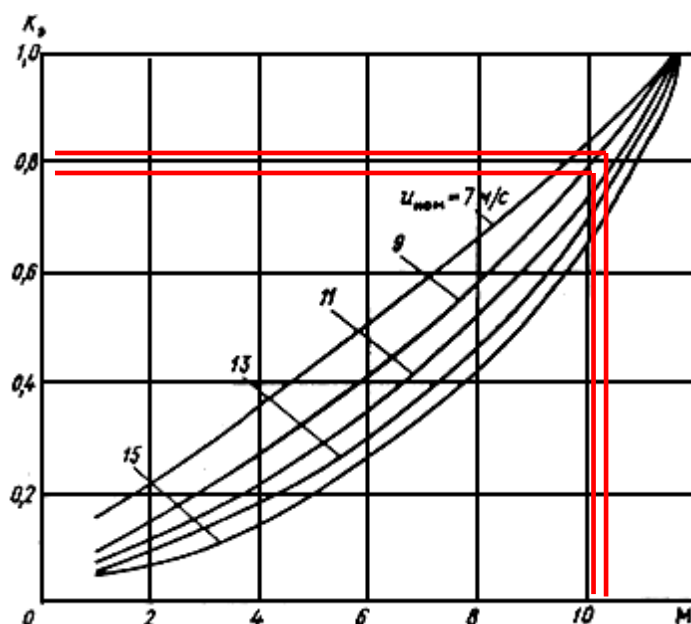


Рисунок 3.6 – Зависимость энергетического коэффициента K_3 от масштаба открытости M

Следовательно, расчетная выработка энергии ВЭУ в заданном месте будет отличаться на коэффициент:

$$\frac{K_{э2}}{K_{э1}} = \frac{0,77}{0,81} = 0,95$$

Определим ожидаемую выработку Condor Air 20кВт на новой площадке в соответствии с найденной величиной суммарной выработки из таблицы 3.25 выше:

$$W_2 = \frac{K_{э2}}{K_{э1}} \cdot W_1 = 0,95 \cdot 54368,06 = 51649,66 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Расчет расхода электроэнергии участком «Кайен»

Продолжительность осенне-зимнего периода в рассматриваемом районе расположения участка «Кайен» составляет 299 суток. Следовательно, 66 дней в году обогрев не используется.

Если положить, что осветительные установки в помещения участка «Кайен» работают 2250 ч. в год (двухсменный режим работы при наличии естественного освещения в помещениях), то получаем расход электроэнергии на освещение:

$$\mathcal{E}_{\text{осв}} = 2250 \cdot 5,696 = 12816 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год.}$$

Наибольшую нагрузку на сеть дает электрообогрев помещений в холодное время года (установленная мощность систем обогрева (обогревателей, тепловых завес и греющих кабелей составляет 64,96 кВт)). Установленная мощность прочего оборудования и приборов составляет 40,65 кВт. 60,613 кВт – это получившаяся расчетная мощность всей нагрузки на вводе ГРЩ, следовательно, при ее использовании в летний и зимний периоды получим следующий расход электроэнергии:

$$\mathcal{E}_{\text{л}} = 60,613 \cdot 66 \cdot 24 = 96011 \text{ кВт} \cdot \text{ч./год.}$$

$$\mathcal{E}_{\text{з}} = 60,613 \cdot 299 \cdot 24 = 434956 \text{ кВт} \cdot \text{ч./год.}$$

Сделаем вывод относительно целесообразности использования ВЭУ в заданном районе (участок «Кайен» рудника «Купол», Чукотский АО). Для покрытия зимней нагрузки необходимо:

$$N = 434956 / 51649,66 = 8,4 \approx 9 \text{ ветроагрегатов.}$$

Для покрытия летней нагрузки потребуется установить как минимум два ветроагрегата выбранной марки, т.е. часть агрегатов можно не использовать. В качестве резервных источников питания используются ДГ, выбран-

ные ранее. Переключение на резервный источник питания осуществляется посредством устройства автоматического включения резерва (АВР).

График изменения средней скорости ветра

Годовой график изменения средней скорости ветра $u_{ср}$ на высоте 10 м на метеостанции «Анадырь» в Чукотском АО строим по справочным данным научно-прикладного справочника «Климат России» (рисунок 3.7), представленным в таблице 3.26.

Таблица 3.26 – График изменения средней скорости ветра

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Средняя скорость ветра, м/с	6,6	6,3	5,8	5,2	4,7	4,6	4,2	4,1	4,8	5,5	5,8	6,2	5,3



Рисунок 3.7 – График изменения средней скорости ветра

Произведем описание агрегата Condor Air 20 кВт и габаритный чертеж ветроустановки.

В базовый комплект ВЭУ Condor Air 20 кВт (рисунок 3.8) входит:

- 1) Мачта.
- 2) Тросы мачты
- 3) Опорно-поворотный узел.
- 4) Генератор ветроустановки Condor Air 20 кВт.
- 5) Ротор.

- 6) Лопасти.
- 7) Метизы (монтажный комплект).
- 8) Блок управления – контроллер

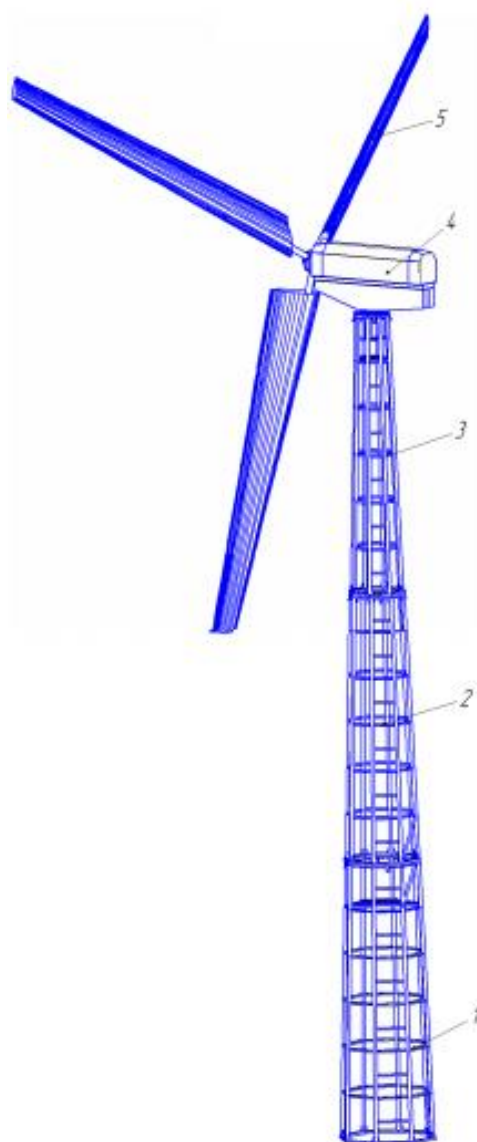


Рисунок 3.8 – Ветроустановка Condor Air 20 кВт с горизонтальной осью вращения:

- 1 – нижняя ступень мачты; 2 – средняя ступень мачты; 3 – верхняя ступень мачты;
- 4 – гондола; 5 – лопасти

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом бакалаврской работы является проект системы электрообеспечения участка «Кайен» рудника «Купол» (Чукотский автономный округ).

В теоретической части дана общая характеристика объекта проектирования и его электроприемников, произведена подготовка к светотехническому расчету электрического освещения: измерены длина и ширина помещений, их площадь, и установлена нормативная освещенность в люксах в соответствии с действующим сводом правил.

В аналитической части работы рассмотрены особенности электроснабжения автономных объектов произведен анализ состояния вопроса использования возобновляемых источников энергии, в том числе место нетрадиционных источников в удовлетворении энергетических потребностей человека и мировое потребление энергоресурсов, освоение нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Проанализированы перспективы развития геотермальной и ветроэнергетики, стратегическое значение возобновляемой энергетики для РФ, а также произведена оценка потенциала солнечной и ветровой энергии Чукотского АО.

На основании анализа существующих методов расчета электрических нагрузок жилых и общественных зданий выбран подходящий для участка «Кайен» рудника «Купол» метод расчета. Изучена актуальная методика расчета электрической нагрузки участка «Кайен» рудника «Купол».

В практической части произведен светотехнический и электротехнический расчеты системы освещения на основе применения светодиодных светильников. Для подготовки к основному практическому расчету электроприемники участка «Кайен» рудника «Купол» разбиты на группы (по типу и коэффициенту мощности) и произведен расчет нагрузок силовых пунктов и осветительных щитков.

На следующем этапе в практической части на основании спроектированной конфигурации и расчетных нагрузок выбрана коммутационно-защитная аппаратура, проводники (электропроводка), силовые и осветительные щиты. Проверены по отключающей способности и по чувствительности коммутационно-защитные аппараты, на основании расчета токов однофазного и трехфазного короткого замыкания.

Разработан проект ветроустановки для питания автономного объекта с резервированием от дизельных генераторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гуц Ю. В. Волновая энергетика – перспективный сектор возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс] / Ю. В. Гуц // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2 (41). 2016. 30-44. - Url: <http://www.iprbookshop.ru/63879.html>.– ЭБС «IPRbooks» (дата обращения: 01.06.2022).
2. Ляшков, В.И. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ляшков В.И., Кузьмин С.Н.– Электрон. текстовые данные.– Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. – 95 с. - Url: <http://www.iprbookshop.ru/63879.html>.– ЭБС «IPRbooks» (дата обращения: 01.06.2022).
3. Пермяков, Э.Н. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: состояние и перспективы освоения [Текст] / Э.Н. Пермяков// Энерг. стро-во, 2011, № 12.
4. Актуальные вопросы технических наук (П): международная заочная научная конференция (г. Пермь, февраль 2013 г.) / отв. ред.: Г. А. Каинова. – Пермь: Меркурий, 2013. – 107 с.
5. Горлов, А.Н. Перспективы использования возобновляемых источников энергии. Солнечная энергия / А.Н. Горлов, В.В. Невинчанный // Современные материалы, техника и технология. Материалы 2-й Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Горохов А.А. – Курск: Издательство: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2012. – С. 89-92.
6. Бастрон, А.В. Энергообеспечение потребителей с использованием возобновляемых источников энергии. Учебное пособие / А.В. Бастрон, С.К. Шерьязов; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2019. – 118 с.
7. Анализ возможностей и целевых показателей роста электрогенерации в России на базе ВИЭ до 2020 г.: The European Union's Tacis Programme for the Russian Federation. 2009. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.journal.esco.co.ua/2011_8/art186.pdf (дата обращения 01.06.2022).
8. Да Роза А. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. да Роза; пер. с англ. под редакцией ел. Малышенко, О.С. Попеля. - Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект»; М.: Издательский дом МЭИ; 2010. - 704 с. – URL: <http://www.vixri.ru/?p=9247> (дата обращения 01.06.2022).
9. Бисекеев Серикбай. 100% удовлетворение своих энергетических потребностей с помощью ВИЭ [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.bisekeev.com/business/> (дата обращения 01.06.2022).
10. Энергетика и инновации на перекрестках мировой политики. Сборник статей по итогам круглого стола «Энергетика и инновации: что ожидает мир в ближайшие десятилетия?», ИМЭМО РАН, июнь 2014 г. Мировое развитие. Вып. 13. / Отв. ред. Н.В. Тоганова, К.Р. Вода, Е.А. Сидорова. М.: ИМЭМО РАН, 2014. – 119 с.

11. Тарасов, А. П. Стимулирование освоения нетрадиционных возобновляемых источников энергии: мировые тенденции и Россия / А. П. Тарасов // Экономические науки, 2009. – №5. – С. 176-178.
12. Автономные системы электроснабжения [Электронный ресурс] // SolarHome. – URL: <http://www.solarhome.ru/ru/autonom/index.htm> (дата обращения 01.06.2022).
13. Бастрон, А.В. Горячее водоснабжение бытовых потребителей Красноярского края с использованием солнечной энергии / А.В. Бастрон, Н.Б. Михеева, Е.М. Судаев; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2016. – 132 с.
14. Алексашина, В. В. Экологические проблемы возобновляемых источников энергии / В. В. Алексашина // Промышленное и гражданское строительство. – М.: ООО "Издательство ПГС", 2014. – №2. – С. 63-66.
15. Шерьязов, С.К. Использование возобновляемых источников энергии: учебное пособие / С.К. Шерьязов, О.С. Пташкина – Гирина. – Челябинск: ЧГАА, 2013. – 280 с.
16. Шерьязов, С.К. Возобновляемые источники в системе энергоснабжения потребителей: Монография / С.К. Шерьязов; Челяб. гос. агроинж. ун-т. - Челябинск, 2008. – 302 с.
17. Цугленок Н. В. Рациональное сочетание традиционных и возобновляемых источников энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей: Монография. / Н. В. Цугленок, С. К. Шерьязов, А. В. Бастрон. - Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2012. - 322 с.
18. Цугленок, Н.В. Рациональное сочетание традиционных и возобновляемых источников энергии в системе энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей / Н.В. Цугленок, С.К. Шерьязов, А.В. Бастрон; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2012. – 360 с.
19. Солнечная энергетика: учеб. пособие для вузов / В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин; под ред. В.И. Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 276 с.
20. Ёе В. Исследование эффективности использования солнечной энергии для систем автономного энергоснабжения в Республике Союза Мьянма: диссертация... кандидата технических наук: 05.14.08 / Ёе Вин; Место защиты: Нац. исслед. ун-т МЭИ. – Москва, 2013. – 155 с.
21. Вольфберг, Д. Б. Современное состояние и перспективы развития энергетика мира [Текст] / Д. Б. Вольфберг. – М.: Теплоэнергетика. – №8. – 2009.
22. Вестник Краснодарского регионального отделения Русского географического общества: сборник Вып. 7 / отв. ред.: И. Г. Чайка, Ю. В. Ефремов. – Краснодар, 2013. – 399 с.
23. Афанасьева, М. В. Основные направления инновационного развития ТЭК за рубежом и в России / М. В. Афанасьева // Энергетическая политика. – 2014. – № 2. – С. 45-54.

24. Альтернативная энергетика и энергосбережение в регионах России: материалы научно-практического семинара, г. Астрахань, 14-16 апреля 2010 г. / Астраханский гос. ун-т, Акад. электротехнических наук Российской Федерации; сост. Л. Х. Зайнутдинова. – Астрахань: Астраханский ун-т, 2010. – 101 с.

25. Курбатов, Н. Е. Использование возобновляемых источников энергии в условиях Забайкалья: способы и устройства для преобразования энергии солнечного излучения [Текст] / Н.Е. Курбатов, Е.Н. Курбатов; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Забайкальский гос. ун-т» (ЗабГУ) Ч. - 3. Использование возобновляемых источников энергии в условиях Забайкалья: естественные среды в качестве аккумуляторов солнечной энергии. – Чита, 2012. – 154 с.

26. Шишкин, Н. Д. Комплексная оценка эффективности энергоустановок с использованием возобновляемых источников энергии / Н. Д. Шишкин // Вестник Астраханского государственного технического университета. – Астрахань: Издательство: Астраханский государственный технический университет. – 2014. – №2 (58). – С. 59-66.

27. Васильев, П.В. Оптимизация энергобаланса региона средствами возобновляемых источников энергии / П.В. Васильев, Р.Р. Назиров, Н.Б. Джазовский // Современные проблемы науки и образования. – Пенза: Издательский Дом "Академия Естествознания". – 2012. – №6. – С.142.

28. Аль-шариф А. Г. Перспективы использования солнечной энергии для отопления дома в России / А. Г. Аль-шариф // Молодой ученый. – 2014. – №6. – С. 127-131.

29. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (утв. Распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. № 1715-з) // Собрание законодательства РФ. 2009. № 48. Ст. 5836.

30. Энергетика России: взгляд в будущее (Обосновывающие материалы к Энергетической стратегии России на период до 2030 года) – М.:ИД «Энергия», 2010.

31. О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» (вместе с «Правилами определения цены на мощность генерирующих объектов, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии») [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ от 28.05.2013 № 449 (ред. от 10.11.2015) // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 01.06.2022).

32. Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2024 года [Электронный ресурс] : распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р (ред. от 05.05.2016) // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 01.06.2022).

33. Правовые основы энергетики [Текст] : учебное пособие / Н. В. Дулесова, А. Н. Туликов ; Сиб. федер. ун-т; ХТИ - филиал СФУ. – Абакан : ХТИ - филиал СФУ, 2017. – 118 с.
34. Возобновляемая энергетика в России — текущее состояние и перспективы [Электронный ресурс] : Российская энергетическая неделя 2018. – URL: <https://rusenergyweek.com/news/vozobnovljaemaja-energetika-v-rossii-tekushee-sostojanie-i-perspektivy/> (дата обращения: 01.06.2022).
35. Алишер Каланов: Пять гигаватт возобновляемой энергетики – только начало [Электронный ресурс] : Сноб. – URL: <https://snob.ru/entry/179025/> (дата обращения: 01.06.2022).
36. Энергетика Чукотского автономного округа. Википедия [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Энергетика_Чукотского_автономного_округа (дата обращения 01.06.2022).
37. Амгуэмская ГЭС. Википедия [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Амгуэмская_ГЭС (дата обращения 01.06.2022).
38. Оценка потенциала солнечной энергии Чукотского автономного округа. Киберленинка [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-potentsiala-solnechnoy-energii-chukotskogo-avtonomnogo-okruga> (дата обращения 01.06.2022).
39. Особенности энергоснабжения удаленных территорий на Востоке России на примере Чукотского автономного округа [Электронный ресурс]. – URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3435 (дата обращения 01.06.2022).
40. На Чукотке нацелены на солнечную энергетику [Электронный ресурс]. – URL: <https://minvr.gov.ru/press-center/news/na-chukotke-natseleny-na-solnechnuyu-energetiku-16542/> (дата обращения 01.06.2022).
41. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений ; дата введ. 01.07.2014. – М. : ООО "ВНИСИ", 2014. – 57 с.
42. Киреева, Э. А. Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике [Текст] : (с примерами расчетов) / Э. А. Киреева, С. Н. Шерстнев. - 3-е изд., стер. - Москва : КноРус, 2016. – 862 с.
43. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: Учебное пособие / Э.А. Киреева. - М.: КноРус, 2013. - 368 с.
44. Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование: Учебное пособие / Г.В. Коробов, В.В. Картавцев, Н.А. Черемисинова. - СПб.: Лань, 2011. - 192 с.
45. Козловская, В. Б. Электрическое освещение : справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – Минск : Техноперспектива, 2007. – 253 с.
46. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов: Учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.А. Конюхова. - М.: ИЦ Академия, 2013. – 320 с.

47. Кудрин, Б.И. Электроснабжение: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Б.И. Кудрин. - М.: ИЦ Академия, 2012. - 352 с.

48. Кнорринг, Г. М. Справочник для проектирования электрического освещения [Текст]. - 6-е изд., перераб. - Ленинград : Энергия. Ленингр. отделение, 1968. - 391 с. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200032239> (дата обращения 01.06.2022).

49. НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. М.: АООТ ОТК ЗВНИ ПКИ Тяжпромэлектропроект, 1994 (1-я редакция). – 78 с.

50. Пособие к «Указаниям по расчету электрических нагрузок». - М.: Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский институт Тяжпромэлектропроект, 1993 (2-я редакция). – 86 с.

51. Правила устройства электроустановок. - 7-е издание. - СПб.: Издательство ДЕАН, 2013. – 701 с.

52. РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования; дата введ. 23.03.1998. – М.: Издательство МЭИ, 2013. – 131 с.

53. Расчет ветроэнергетической установки: методические указания для выполнения курсовой работы по дисциплине «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» для студентов, обучающихся по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» профилю подготовки «Промышленная теплоэнергетика» для всех форм обучения/ сост. С.О. Захаренко; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК, ТИУ, 2018. – 41 с.

54. СП 256.1325800.2016 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий; дата введ. 01.01.2004. – М. : ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2011. – 65 с.

55. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*; дата введ. 08.05.2017. – М. : НИИСФ РААСН, 2016. – 116 с.

56. СП 76.13330.2016 Электротехнические устройства. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85.

57. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. т. 2. Электрооборудование / Под общ. ред. А. А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 602 с.

58. Справочник электрика / Под ред. Э. А. Киреевой и С. А. Цырука. – М. : Колос, 2007. – 464 с.

59. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение: Учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - М.: РадиоСофт, 2013. – 328 с.

60. Филатов, И.В. Электроснабжение осветительных установок: учебное пособие / И. В. Филатов, Е. В. Гурнина. Издательство московского государственного открытого университета. – М. 2009. – 321 с.

61. Хромченко, Г. Е. Проектирование кабельных сетей и проводок / Г. Е. Хромченко, П.И. Анастасиев, Е.З. Бранзбург, А.В. Коляда. - М.: Энергия, 2010. – 397 с.

62. Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). – 12-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2012. – 966 с.

63. Электротехнический справочник : в 4 т. Т. 4. Использование электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). – 11-е изд., стер. – М. : Издательство МЭИ, 2014. – 704 с.

64. Электротехнический справочник: в 3-х т. Т. 2. Электротехнические устройства/Под. общ. ред. Проф. МЭИ В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, Л. А. Жукова и др. – 8-е изд., испр. и доп. – М.: Энергоиздат, 2011. – 658 с.: ил.

65. Светильник LED LuminArte LLFW36W02 36Вт 3000лм 6500К матовый [Электронный ресурс]. – URL: <https://electromarket-im.ru/product/svetilnik-led-luminarte-llfw36w02-36vt-3000lm-6500k-matovyy-ip40-22x60x1190/?yclid=3176659269298999524> (дата обращения 01.06.2022).

66. Щиты ЩРН-12, -24 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.elektrokontakt.ru/catalog/shchity-osveshcheniya/shchit> (дата обращения 01.06.2022).

Бакалаврская работа выполнена мной самостоятельно. Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Отпечатано в 1 экземпляре.

Библиография 66 наименований.

« _____ » _____
(дата)

(подпись)

К. П. Сайков
(ФИО)

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А.В. Коловский
подпись инициалы, фамилия

« 27 » июль 2022 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

Электроснабжение участка «Кайен» рудника «Купол» (Чукотский автономный округ)
тема

Руководитель Е.В. Платонова доцент, к.т.н.
подпись, дата должность, ученая степень

Е. В. Платонова
инициалы, фамилия

Выпускник К.П. Сайков
подпись, дата

К. П. Сайков
инициалы, фамилия

Нормоконтролер И.А. Кызчкова
подпись, дата

И.А. Кызчкова
инициалы, фамилия

Абакан 2022