

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»

**ПРОЕКТ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ  
ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ**

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по  
отраслям)  
профилю подготовки «Энергетика»  
специализации «Энергохозяйство предприятий, организаций, учреждений  
и энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР: 141

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»

Институт инженерно-педагогического образования

Кафедра электрооборудования и энергоснабжения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующая кафедрой ЭС

\_\_\_\_\_ А.О. Прокубовская

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

### **ПРОЕКТ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ**

Идентификационный код ВКР: 141

Исполнитель:

студент(ка) группы ЭС-402

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Е.М. Дерябина

Руководитель:

ст. преподаватель кафедры ЭС

\_\_\_\_\_  
(подпись)

И.М. Морозова

Нормоконтролер:

ст. преподаватель кафедры ЭС

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Т.В. Лискова

Екатеринбург 2017

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 50 страницах, содержит 6 рисунков, 7 таблиц, 26 источников литературы, а также приложения на 3 страницах.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ, ТЕРРИТОРИЯ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ.

Дерябина Е. М. Проект системы электроснабжения территории опережающего развития: Выпускная квалификационная работа / Е.М. Дерябина; Рос. гос. проф.- пед. ун-т. Ин-т инж. проф.-пед. образования. Каф. электрооборудования и энергоснабжения. – Екатеринбург, 2017. – 50 стр.

Краткая характеристика ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Проект системы электроснабжения территории опережающего развития». В работе рассмотрена система электроснабжения территории опережающего развития на основании типового таунхауса.

2. Цель работы: спроектировать рациональную систему электроснабжения территории опережающего развития «Надеждинская».

3. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы написана актуальность использования всех видов энергий для территории опережающего развития, сделан расчет электроснабжения территории опережающего развития на основании расчета электроснабжения типового таунхауса, произведен выбор числа и мощности трансформаторов ГПП с учетом возобновляемых источников.

4. Решение проблемы заключается в установке преобразователей альтернативных источников энергии, необходимых для потребителей электрической энергии.

<b>Содержание</b>	
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИЙ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ.....	6
1.1 Основные виды возобновляемых источников энергии.....	6
1.2 Обоснование темы .....	8
1.3 Краткая характеристика .....	8
2 система электроснабжения жилого комплекса.....	10
2.1 Электроснабжение типового таунхауса .....	10
2.1.1 Расчет электрических нагрузок таунхауса .....	10
2.1.2 Выбор схемы силовой сети .....	12
2.1.3 Расчет и выбор питающих кабелей .....	14
2.1.4 Расчет и выбор коммутационной аппаратуры .....	17
2.1.5 Расчет защитного заземления .....	22
2.1.6 Расчет молниезащиты.....	27
2.2 Солнечная энергия.....	29
2.3 Ветровая энергия.....	32
2.4 Выбор трансформаторов .....	35
3 РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА «АЛЬЭН EURO» 20 КВ(EV - 20).....	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	47

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире люди используют для электроснабжения невозобновляемые источники энергии. С каждым годом из-за большой добычи ресурсов их остается все меньше для следующего поколения. В связи с этим люди стали создавать альтернативы источникам энергии. Возобновляемые источники энергии — энергия будущего. На современном этапе развития энергетики этот вид энергии используется не в полном объеме. На сегодняшний день существует несколько видов возобновляемой энергии: солнечная, геотермальная, ветровая, приливов и отливов.

У возобновляемых источников энергии существуют множество преимуществ. Во-первых, они неисчерпаемы, т.е. ими можно пользоваться бесконечно. Во-вторых, с установкой преобразователей возобновляемых источников энергии можно получить экономию от расходов на электроэнергию. На сегодняшний день тема возобновляемых источников энергии актуальна, в связи с этим выпускная квалификационная работа выполнена с учетом установки преобразователей возобновляемых источников энергии.

Объектом исследования является жилой комплекс, включающий в себя 250 таунхаусов в которых 3 этажа, один из которых цокольный.

Предметом исследования являются система электроснабжения территории опережающего развития «Наеждинская».

Цель — спроектировать рациональную систему электроснабжения территории опережающего развития «Наеждинская».

В процессе разработки выпускной квалификационной работы необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать возобновляемые источники энергии;

- произвести расчет электрических нагрузок на вводе. Рассчитать и выбрать питающие кабели. Сделать расчет характеристик и выбор коммутационной аппаратуры;
- произвести расчет электроэнергии, подаваемой с возобновляемых источников энергии;
- произвести выбор устанавливаемых трансформаторов для подачи электроэнергии от возобновляемых источников энергии и от питающей подстанции;

Темой ВКР является электроснабжение жилого квартала на территории опережающего развития «Надеждинская». Относится к области энергетики, электроснабжение жилых зданий. Проблемой данной области является низкий уровень потребления энергии возобновляемых источников энергии.

Решение проблемы заключается в установке преобразователей альтернативных источников энергии, необходимых для потребителей электрической энергии. Целью выпускной квалификационной работы называют разработку проекта по электроснабжению жилого квартала. Квартал находится на территории опережающего развития «Надеждинская» в 32 км от Владивостока и включает в себя 250 жилых таунхаусов из 4 квартир по 2 этажа с цокольным этажом.

Выпускная квалификационная работа рассчитана для одного типового таунхауса, т.к. остальные могут быть рассчитаны по аналогичному принципу. Таунхаус относится к третьей категории надежности, потому что допускает перерыв в электроснабжении на время необходимое для произведения ремонта (замены) электрооборудования, но не должно превышать больше 1 суток.

# **1 АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИЙ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ**

Территории опережающего развития в экономических и социальных аспектах устремлены в будущее. Они ведут постоянный мониторинг важнейших объектов инфраструктуры – систем связи, водоснабжения, энергоснабжения в целях оптимального распределения ресурсов и обеспечения безопасности. Они постоянно наращивают число предоставляемых населению услуг, обеспечивая устойчивую среду, которая способствует благополучию и сохранению здоровья горожан. Основу этих услуг составляет инфраструктура информационно-коммуникационных технологий. Органической составляющей является умный дом.

С целью повышения энергоэффективности и снижения объемов потребляемой энергии общество прибегает к потреблению возобновляемых источников энергии.

Современные технологии позволяют использовать имеющиеся альтернативные энергетические ресурсы, как в масштабе целой планеты, так и в пределах энергосети квартиры или частного дома.

## **1.1 Основные виды возобновляемых источников энергии**

На современном этапе развития энергетики существуют следующие виды возобновляемых источников энергии:

### **3. Солнечная энергия.**

Солнечная энергетика один из источников получения электроэнергии не традиционным способом, поэтому относится к альтернативным источникам энергии. Солнечная энергетика использует солнечное излучение и преобразовывает его в электричество или в другие виды энергии. Солнечная энергия является не только экологически чистым источником энергии, т.к. при преобразовании солнечной энергии не выделяется вредных побочных

продуктов, но еще энергия солнца самовосстанавливающийся источник альтернативной энергии.

#### 4. Ветряная энергия.

Топливо или источник энергии у ветряной станции – возобновляемое. Это ветер, который не нужно где-либо добывать и транспортировать на место расположения станции. Поэтому финансовый эффект от работы ветрогенераторов максимальный. Транспортировать электрическую энергию приходится только до источника потребления. Практика показывает, что потребитель практически всегда находится рядом, поэтому не приходится тратить большие деньги на строительство коммуникаций. Кроме того, не происходит потерь энергии во время транспортировки, а они иногда приносят очень серьезные убытки компании-собственнику.

Вблизи от ветряной электростанции не надо выстраивать «мертвую» зону, как около других станций. Все земли можно использовать в сельскохозяйственных целях, ведь ветрогенераторы никак не вредят окружающей среде.

Сознательное использование возобновляемых природой альтернативных источников энергии становится популярным, но, как и прежде, преобладают экономические приоритеты. Но в условиях загородного дома или на даче использование источников альтернативного электричества и тепла может оказаться единственным экономически выгодным вариантом получения энергии, если проведение, подключение и установка линий энергоснабжения окажется слишком дорогой затеей.

Энергию приливов и отливов в ВКР рассчитывать нет необходимости, так как территориально город находится у двух заливов, а на заливах, как правило, нет достаточной мощности волны.

Геотермальные станции нет необходимости строить, так как территориально геотермальных источников на выбранном месте для строительства ГОРа не обнаружено.



## **1.2 Обоснование темы**

Территория опережающего социально-экономического развития - часть территории субъекта Российской Федерации, включая закрытое административно-территориальное образование, на которой в соответствии с решением Правительства Российской Федерации установлен особый правовой режим осуществления предпринимательской и иной деятельности в целях формирования благоприятных условий для привлечения инвестиций, обеспечения ускоренного социально-экономического развития и создания комфортных условий для обеспечения жизнедеятельности населения. Такой, в 2015 году была создана территория опережающего развития «Надеждинская».

ТОР «Надеждинская» предусматривает строительство абсолютно нового города, адаптированного на социально-экономическое развитие Дальнего Востока.

На территории опережающего развития предусмотрен ввод альтернативных источников энергии:

1) Солнечная энергия может использоваться, т.к. учитывая местоположение ТОР количество солнечных дней составляет около 190. Самая наибольшая часть солнечных дней приходится на ноябрь-март.

2) Ветряная энергия будет использоваться как альтернативный источник энергии, т.к. учитывая расположение ТОР средняя скорость ветра достигает 6 м/с.

Энергия приливов и отливов как возобновляемый источник энергии не корректна для использования на выбранной территории, так как находится по географическому положению вблизи двух заливов, и энергия, поступающая с заливов будет мала для обеспечения мощностью всего города.

## **1.3 Краткая характеристика**

В выпускной квалификационной работе разработан проект системы электроснабжения территории опережающего развития «Надеждинская». Ни для кого не секрет, что опережающее развитие характерно для строительства таунхаусов, ведь это оптимальное помещение для проживания среднестатистической семьи из 4 человек.

На территории опережающего развития «Надеждинская» предусмотрено строительство жилого комплекса для населения 10000 человек. Территория опережающего развития расположена в 32 км от города Владивосток. На отдельной предусмотренной территории расположены ветрогенераторы, которые обеспечивают энергией город.

В выпускной квалификационной работе представлен типовой таунхаус, так как жилой комплекс состоит из 250 таунхаусов. Трехэтажный таунхаус состоит из 4 подъездов, в каждом из которых по 1 квартире.

Крыша типового таунхауса является двускатной со слуховыми окнами. На крыше таунхауса на 200 м<sup>2</sup> располагаются солнечные батареи.

В таунхаусах предусмотрена установка крупных потребителей электроэнергии, таких как: электрическая печь, центральный кондиционер, посудомоечная машина, духовой шкаф, обогреватель, фен, микроволновая печь, плазменный телевизор, пылесос, электрический генератор, система отопления.

На территории опережающего развития «Надеждинская» предусмотрено строительство города для населения 10000 человек.

В выпускной квалификационной работе представлен расчет для одного типового таунхауса, так как для последующих можно провести аналогичный расчет. План дома представлен в приложении А.

## 2 СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА

Система электроснабжения жилого комплекса состоит из возобновляемых источников энергии, таких как ветрогенераторы, которые снабжают жилой комплекс наравне с линией электропередач. На каждом таунхаусе жилого комплекса располагаются фотоэлектрические солнечные батареи. Так как крыша двускатная, то солнечные батареи располагаются с каждой стороны крыши. Для каждого типового таунхауса подсоединяется 2 вида возобновляемых источников энергии.

### 2.1 Электроснабжение типового таунхауса

Электроснабжение данного дома относится к энергопотребителям третьей категории надежности электроснабжения, в связи с этим используются электроприемники на 1 ввод: 4 квартиры, наружное освещение, встроенные помещения.

#### 2.1.1 Расчет электрических нагрузок таунхауса

Расчет мощности квартир на вводе производится по формуле [13]

$$P_{\text{кв}} = N \cdot P_0, \quad (1)$$

где  $P_{\text{кв}}$  – мощность квартир, кВт;

$N$  – количество квартир, шт.;

$P_0$  – удельная расчетная электрическая нагрузка ([13] таблица 6.1), кВт/кв.;

$$P_{\text{кв}} = 4 \cdot 10 = 40 \text{ кВт.}$$

Расчет мощности наружного освещения производится по формуле Г.М. Кнорринг [7]

$$P_{\text{н.ос.}} = N \cdot P_{1л} \cdot \cos\varphi, \quad (2)$$

где  $P_{\text{н.ос.}}$  – мощность наружного освещения, кВт;

$N$  – количество светильников, шт;

$P_{1л}$  – мощность 1 лампы, Вт;

$\cos\varphi$  – коэффициент полезного действия (КПД);

$$P_{н.ос.} = 8 \cdot 150 \cdot 0,9 = 1080 \text{ Вт} = 1,08 \text{ кВт.}$$

Расчет мощности встроенных помещений цокольного этажа производится по формуле:

$$P_{в.п.} = P_0 \cdot S, \quad (3)$$

где  $P_{ц.}$  – мощность цокольного этажа, кВт;

$P_0$  – удельная плотность нагрузки, кВт/м<sup>2</sup>;

$S$  – площадь цокольного этажа, м<sup>2</sup>;

$$P_{ц.} = 10 \cdot 330,8 = 3308 \text{ Вт} = 3,3 \text{ кВт.}$$

Сюда входят: теплогенераторная (4 шт.), санузел (4 шт.), душ (4 шт.), сауна (4 шт.), гараж (4 шт.), комната отдыха (4 шт.), коридор (4 шт.), яма гаража (4 шт.), лестница (4 шт.)

Расчет мощности помещений 1 этажа производится по формуле

$$P_{1\text{эт.}} = P_0 \cdot S \quad (4)$$

где  $P_0$  – удельная плотность нагрузки, кВт/м<sup>2</sup>;

$S$  – площадь 1 этажа, м<sup>2</sup>;

$P_{1\text{эт.}}$  – мощность помещений 1 этажа, кВт/м<sup>2</sup>;

$$P_{1\text{эт.}} = 10 \cdot 345,2 = 3452 \text{ Вт} = 3,5 \text{ кВт}$$

Сюда входят: гараж (4 шт.), кухня-гостиная (4 шт.), тамбур (4 шт.), парадная (4 шт.), коридор (4 шт.), ванная (4 шт.).

Расчет мощности помещений 2 этажа производится по формуле:

$$P_{2\text{эт.}} = P_0 \cdot S \quad (5)$$

где  $P_{2\text{эт.}}$  – мощность помещений 2 этажа, кВт/м<sup>2</sup>;

$P_0$  – удельная плотность нагрузки, кВт/м<sup>2</sup>;

$S$  – площадь 2 этажа, м<sup>2</sup>;

$$P_{2\text{эт.}} = 10 \cdot 361,2 = 3612 \text{ Вт} = 3,6 \text{ кВт}$$

Сюда входят: спальня (12 шт.), гостиная (4 шт.), санузел (4 шт.), коридор (4 шт.), ванная (4 шт.).

Итого: на первый ввод таунхауса приходится нагрузка которая рассчитывается по формуле[13]

$$P_B = P_{KB} + P_{н.ос.} + P_{ц.} + P_{1\text{ эт.}} + P_{2\text{ эт.}} \quad (6)$$

где  $P_B$  – мощность на вводе, кВт;

$P_{KB}$  – мощность квартир, кВт;

$P_{н.ос.}$  – мощность наружного освещения, кВт;

$P_{ц.}$  – мощность цокольных помещений, кВт;

$P_{1\text{ эт.}}$  – мощность помещений 1 этажа, кВт;

$P_{2\text{ эт.}}$  – мощность помещений 2 этажа, кВт.

$$P_B = 40 + 1,08 + 3,3 + 3,5 + 3,6 = 52,2 \text{ кВт.}$$

### 2.1.2 Выбор схемы силовой сети

Выбор схемы электрического питания обуславливается требуемой стабильностью электроснабжения, территориальным расположением источников питания и электрических приемников, величиной нагрузки, особенностями технологического процесса и удобством эксплуатации.

Если питание вводного распределительного устройства выполнено от воздушной линии электропередачи, то в него необходимо установить устройства ограничения перенапряжения.

Из определения понятия ВРУ (ПУЭ, п.7.1.24), следует, что аппараты защиты (автоматы, предохранители, УЗО, дифференцирующие автоматы) должны быть установлены на всех вводных и отходящих линиях..

С помощью ВРУ, осуществляется снабжение электроэнергией домов, имеющих любую конфигурацию и количество этажей. Все необходимые расчетные параметры и технические требования к комплектации вводно-распределительных устройств определяются в проектной документации.

Все ВРУ изготавливаются в виде односторонней панели, размещаемой в закрытом виде, в защитном стальном ящике. В дальнейшем, на эту панель производится монтаж автоматических электроприборов контроля, учета и распределения электроэнергии. Конструкции вводно-распределительных устройств могут включать в себя одну, две и более панели. В некоторых случаях производится их сборка в секции. Для полной сборки ВРУ существует напольный или подвесной вариант.

Ввод основного питающего кабеля производится непосредственно на вводный автомат устройства. Номинальный ток рассчитывается заранее и отражается в проекте или техническом задании. Вводный автоматический выключатель защищает электрическую проводку во время нештатных ситуаций. С его помощью возможно преднамеренное отключение питания для проведения работ по техническому обслуживанию сети. В некоторых конструкциях ВРУ, вводный автомат может заменяться рубильником или специальным разъединителем.

За вводным автоматом производится установка разрядников. Здесь происходит соединение фазных проводов и защитной шины РЕ. Когда возникают импульсные перегрузки, происходит срабатывание разрядников, попадание фазного напряжения на шину РЕ и конечное срабатывание защиты ВРУ. Окончательное распределение электропитания, в соответствии с группами проводов, осуществляется с помощью защитных автоматов с различными номиналами. Каждая группа потребителей подключается к отдельному автоматическому выключателю. В качестве дополнительных защитных мер, при необходимости, устанавливаются УЗО. Установка распределительных автоматов должна обеспечивать равномерное распределение нагрузки между всеми фазами. При расчете автоматов для каждой фазы должен обязательно учитываться коэффициент спроса, определяющий вероятность максимальной загрузки электрических сетей.

### 2.1.3 Расчет и выбор питающих кабелей

Кабель ВВГнг-LS представляет собой провод с токопроводящими жилами из меди, изоляционным слоем и покрытием из ПВХ пластиката. Характеризуется негорючестью и низкой пожароопасностью. Основная функция кабеля – передача и распределение электроэнергии в немобильных устройствах при частотной характеристике сети 50 Гц и напряжении 660 В, 1 кВ или 6 кВ. Такое же предназначение у стандартного изделия ВВГ. Отличительной чертой нового провода является повышенная жаростойкость, что является преимуществом для взрывоопасных помещений. Пример кабеля представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Кабель марки ВВГнг

Расчет и выбор кабеля для ввода.

$$I_{\text{доп}} = \frac{1000 \cdot P_{\text{в}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot 0,98}, \quad (7)$$

где  $I_{\text{доп}}$  – допустимая токовая нагрузка, А;

$P_{\text{в}}$  – расчетная мощность на вводе, кВт;

$U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение, В;

$$I_{\text{доп}} = \frac{1000 \cdot 52,2}{1,73 \cdot 220 \cdot 0,98} = 140 \text{ А.}$$

Кабель выбирается из следующих условий:

- 1) кабель прокладывается в трубе;
- 2) должен иметь ПВХ изоляцию;
- 3) должен быть трехжильный.

Выбираем кабель СИП 3\*35 с ПВХ изоляцией, состоящий из трех жил  $S=30 \text{ мм}^2$ ,  $I_{\text{доп.к}} = 160 \text{ А}$ , выбирается 2 кабеля чтобы удовлетворить условию  $I_{\text{доп}} \geq I_{\text{доп.к}}$ .

Проверяем кабель на потерю напряжения по формуле

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot I \cdot R_{\text{л}} \cdot \cos \varphi}{U_{\text{ном}}}, \quad (8)$$

где  $\Delta U$  – потери напряжения в кабеле, %;

$I$  – допустимый ток кабеля, А;

$R_{\text{л}}$  – сопротивление кабельной линии, Ом;

$U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение, В;

$$\Delta U = \frac{1,73 \cdot 100 \cdot 175 \cdot 0,018 \cdot 0,98}{220} = 2,4 \%$$

Потеря напряжения на данном участке кабеля не будет превышать 2,4%, это допустимо, т.к. потеря по правилам не должна составлять больше 5%.

Расчет и выбор кабеля питающего квартиру.

Расчетная нагрузка квартир для домов с электроплитами принимается в интервале 8,8 – 11кВт. Допустимая токовая нагрузка рассчитывается по формуле А.А. Федоровой [15]

$$I_{\text{доп}} = \frac{1000 \cdot P_{\text{р.кв.}}}{U_{\text{ном}}}, \quad (9)$$

где  $I_{\text{доп}}$  – допустимая токовая нагрузка, А;

$P_{\text{р.кв.}}$  – нагрузка квартиры, кВт;

$U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение, В;

$$I_{\text{доп}} = \frac{1000 \cdot 10}{220} = 45,5 \text{ А.}$$

Кабель выбирается из следующих условий:



- 1) кабель прокладывается в трубе;
- 2) должен иметь негорючую ПВХ изоляцию;
- 3) должен быть медным;
- 4) должен быть трехжильный.

По этим условиям подходит кабель ВВГнгLS 3x10мм<sup>2</sup>, I<sub>доп</sub> = 50А.

Расчет и выбор кабеля групповых сетей.

Расчет и выбор кабеля групповой сети силовых электроприемников.

Для выбора кабеля групповой сети силовых электроприемников квартиры, мы должны знать нагрузку. Для примера возьмем в виде нагрузки электрическую печь Р<sub>э.п.</sub> = 2,5 кВт, теперь рассчитываем допустимую токовую нагрузку по формуле А.А.Федоровой[15]

$$I_{\text{доп.сил.}} = \frac{1000 \cdot P_{\text{э.п.}}}{U_{\text{ном}}}, \quad (10)$$

где  $I_{\text{доп}}$  – допустимая токовая нагрузка, А;

$P_{\text{э.п.}}$  – мощность электрической печи, кВт;

$U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение, В;

$$I_{\text{доп.сил.}} = \frac{1000 \cdot 2,5}{220} = 11,4 \text{ А.}$$

Кабель выбирается из следующих условий:

- 1) кабель прокладывается в трубе;
- 2) должен иметь негорючую ПВХ изоляцию;
- 3) должен быть медным;
- 4) должен быть трехжильный.

По этим условиям нам подходит кабель ВВГнгLS 3x1,5мм<sup>2</sup>, I<sub>доп</sub> = 19А.

Но мы выбираем кабель ВВГнгLS 3x2,5мм<sup>2</sup>, I<sub>доп</sub> = 28А. Так как в этой группе могут работать и другие электроприемники и их количество постоянно растет.

Расчет и выбор кабеля групповой осветительной сети.

Для выбора сечения кабеля групповой сети освещения квартиры, мы должны знать нагрузку. Для примера возьмем в виде нагрузки три люстры

$P_{л.общ.} = 1,5$  кВт, теперь рассчитываем допустимую токовую нагрузку по формуле А.А. Федорова [15]

$$I_{доп} = \frac{1000 \cdot P_{л.общ.}}{U_{ном}}, \quad (11)$$

где  $I_{доп}$  – допустимая токовая нагрузка, А;

$P_{л.общ.}$  – мощность ламп общая, кВт;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение, В;

$$I_{доп} = \frac{1000 \cdot 1,5}{220} = 7 \text{ А.}$$

Кабель выбирается из следующих условий:

- 1) кабель прокладывается в трубе;
- 2) должен иметь негорючую ПВХ изоляцию;
- 3) должен быть медным;
- 4) должен быть одножильный или трехжильный.

По этим условиям нам подходит кабель сечением  $1\text{мм}^2$ ,  $I_{доп} = 14\text{А}$ . но мы выбираем кабель ВВГнгLS  $3 \times 1,5\text{мм}^2$ ,  $I_{доп} = 19\text{А}$ , т.к. в этой группе могут работать люстры с большей мощностью, т.к. их выбирают сами жилы, тем самым обеспечим большую надежность всей групповой сети.

#### 2.1.4 Расчет и выбор коммутационной аппаратуры

Выбор защитной аппаратуры в щитке таунхауса.

Автоматический выключатель устанавливается перед счетчиком. Для выбора автоматического выключателя нам необходимо знать номинальный ток, расчет ведется по следующей формуле А.А.Федорова [15]

$$I_{ном} = \frac{P_{р.кв.}}{U_{ном}}, \quad (12)$$

где  $I_{ном}$  – номинальный ток, А;

$P_{р.кв.}$  – расчетная мощность квартир, Вт;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение, В;

$$I_{\text{ном}} = \frac{40000}{220} = 182 \text{ А.}$$

Выбор ведется из следующих условий  $I_{\text{авт.}} \geq I_{\text{ном}}$ . Выключатель автоматический трехполюсный ВА88-35 200А 35кА РЭ2000А (SVA30-3-0200). Из выбора, очевидно, что  $200\text{А} \geq 182\text{А}$ .

Выбор защитной аппаратуры в квартирном щитке.

Вводной автоматический выключатель в квартирном щитке берется того же номинала что и в этажном щитке. Данный автомат служит для защиты и для удобства самих жильцов, чтобы при необходимости обесточить всю квартиру.

Выбор автоматического выключателя для группы силовых электроприемников.

Автоматический выключатель устанавливается после дифференциального автомата.

Для выбора АВ нужно знать номинальный ток, расчёт ведётся по следующей формуле А.А.Федорова [15]

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{р.сил}}}{U_{\text{ном}}}, \quad (13)$$

где  $I_{\text{ном}}$  – номинальный ток, А;

$P_{\text{р.сил}}$  – мощность группы силовых электроприемников, Вт;

$U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение, В;

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{р.сил}}}{U_{\text{ном}}} = \frac{8150}{220} = 37 \text{ А.}$$

Выбор ведется из следующих условий  $I_{\text{авт.}} \geq I_{\text{ном}}$ .

Выбираем выключатель ВА57Ф35 340010 40А РЭ 630lm 400АС УХЛЗ КЭАЗ 109337.

Выбор автоматического выключателя для групповой осветительной сети.

Для выбора автоматического выключателя нам необходимо сделать расчет светотехнических показателей квартиры, а затем всего таунхауса.

В таунхаусах будет использоваться только светодиодное освещение, так как у него большой срок службы и электрическое потребление во много раз меньше чем у ламп накаливания.

Для определения светового потока необходимо воспользоваться формулой:

$$\Phi = E \cdot S, \quad (14)$$

где  $\Phi$  – световой поток, лк;

$E$  – освещенность, лм;

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>.

Чтобы рассчитать количество светодиодных ламп, необходимо воспользоваться таблицей 1, где указаны значения мощности и значения светового потока.

Таблица 1 – Мощность и величина светового потока светодиодной лампы

Мощность светодиодной лампы, Вт	Величина светового потока, лм
3-4	250-300
4-6	300-450
6-8	450-600
8-10	600-900
10-12	900-1100
12-15	1100-1500
18-20	1500-2000

Воспользуемся так же формулой для расчета количества ламп:

$$n = \frac{\Phi}{\Phi_{л}},$$

где  $n$  – количество ламп, шт

$\Phi$  – световой поток, лм

$\Phi_{л}$  – световой поток лампы, лм

Расчет номинальной мощности производится по формуле:

$$P_{н.о.} = P \cdot n,$$

где  $P_{н.о.}$  – номинальная мощность освещения, Вт,

$P$  – мощность ламп, Вт

Данные сводятся в таблицу 2.

Таблица 2 – Мощность освещения

Вид помещения	Площадь помещения, м <sup>2</sup>	Освещенность, лк	Световой поток, лм	Мощность ламп, Вт	Количество ламп, шт	Номинальная мощность освещения, Вт
Теплогенераторная	29,2	30	876	10	1	10
Санузел 1	4,5	75	337,5	6	1	6
Санузел 2	2		150	4	1	4
Ванная	4	50	200	4	1	3
Сауна	4	50	200	3	1	3
Спальня 1	17,5	150	2625	6	6	36
Спальня 2	16,2		2430	6	6	36
Спальня 3	13,1		1965	4	6	24
Кухня-столовая	34,2	150	5130	8	10	80
Коридор	21	20	420	6	1	6
Комната отдыха	15,7	150	2355	6	6	36
Гараж	23,3	150	3495	6	10	60
Гаражная яма	23,3	100	2330	6	6	36
Парадная	13,9	30	417	3	2	6
Тамбур	6,9	30	207	3	1	3
Гостиная	23,3	150	3495	6	10	60

Итого: потребление мощности освещением 409 Вт.

Для выбора автоматического выключателя нам необходимо знать номинальный ток, расчет ведется по следующей формуле А.А.Федорова [15]

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{гр.о.с}}}{U_{\text{ном}}}, \quad (15)$$

где  $I_{\text{ном}}$  – номинальный ток, А;

$P_{гр.о.с}$  – мощность группы осветительной сети, Вт;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение, В;

$$I_{ном} = \frac{409}{220} = 1,9 \text{ А.}$$

Выбор ведется из следующих условий  $I_{авт.} \geq I_{ном}$ .

Выбираем автоматический выключатель Schneider Electric АСТІ 9 ІС60N1Р 3А (С) 6кА.

Выбор аппаратов учета электроэнергии

По ПУЭ нам необходимо выбрать счетчик 1 класса точности ЦЭ6807Б 1Т 5-50А(60А) кл. 1,0/2,0 220В ЭР.

Технические характеристики:

- класс точности 1,0/2,0;
- номинальное напряжение 220В;
- номинальный ток 5-10А;
- число тарифов 2;
- частота измерительной сети  $50 \pm 2,5$ Гц;
- порог чувствительности 25мА;
- габаритные размеры 120мм\*175мм\*66,5мм.

Выбор дифференциального автомата

Дифференциальный автомат устанавливается один на одну группы электроприемников. Он выбирается с учётом селективности. Для выбора дифференциального автомата нужно знать номинальный ток, расчет ведется по следующей формуле «Федорова А.А.[16]»

$$I_{ном} = \frac{P_{2гр.}}{U_{ном}}, \quad (16)$$

где  $I_{доп}$  – номинальный ток, А;

$P_{2 гр.}$  – мощность двух групп силовых электроприемников, Вт;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение, В;

$$I_{ном} = \frac{4140}{220} = 18,9 \text{ А.}$$

Выбор ведется из следующих условий  $I_{д.авт.} \geq I_{ном.}$

Выбираем SCHNEIDER ELECTRIC EASY9 ВДТ 2П 25А 30мА АС.

Полученные данные сводим в таблицу 3.

Таблица 3 – Выбор коммутационной аппаратуры

Название	Место установки	Тип
Выключатель автоматический трехполюсный	В щитке таунхауса	ВА88-35 200А 35кА РЭ2000А
Выключатель автоматический трехполюсный	В квартирном щитке	ВА88-35 200А 35кА РЭ2000А
Автоматический выключатель для группы силовых электроприемников	После дифференциального автомата	ВА57Ф35 340010 40А РЭ 630lm 400АС УХЛЗ КЭАЗ 109337
Дифференциальный автомат	После счетчика	SCHNEIDER ELECTRIC EASY9 ВДТ 2П 25А 30мА АС
Автомат для групповой осветительной сети	После квартирного щитка	Schneider Electric ACTI 9 IC60N1P 3А (С) 6кА.

### 2.1.5 Расчет защитного заземления

Защитное заземление – преднамеренное соединение какой-либо части электроустановки с заземляющим устройством для обеспечения электробезопасности проживающих.

В случае дома целесообразно использовать контурное заземление, в качестве заземляющего электрода выбираем стальной пруток диаметром 10 мм длиной 3м.

Определяем расчётное сопротивление одного вертикального электрода, используя формулу

$$r_B = 0,3 \cdot \rho \cdot K_{сез.в}, \quad (17)$$

где  $r_B$  – сопротивление вертикального электрода, Ом;

$\rho$  – удельное сопротивление скалистого грунта, Ом·м;  $\rho = 3000$  Ом·м.

$K_{сез.в}$  – коэффициент сезонности, учитывающий пересыхание и промерзание грунта.  $K_{сез.в} = 1,9$ .

$$r_B = 0,3 \cdot 3000 \cdot 1,9 = 1710 \text{ Ом.}$$

Определяем ток замыкания для совмещённого заземления по следующей формуле

$$I_3 = \frac{U_{\text{ЛЭП}} \cdot 35 \cdot L_{\text{ЛЭП}}}{350}, \quad (18)$$

где  $U_{\text{ЛЭП}}$  – напряжение линии электропередач, кВ;

$L_{\text{ЛЭП}}$  – длина линии электропередач, км;

$I_3$  – ток замыкания на землю, А.

$$I_3 = \frac{10 \cdot 35 \cdot 2}{350} = 2 \text{ А.}$$

Определяем предельное сопротивление совмещенного заземляющего устройства

$$R_{\text{зy1}} \leq \frac{125}{I_3}, \quad (19)$$

где  $I_3$  – ток замыкания на землю, А;

$R_{\text{зy1}}$  – предельное сопротивление совмещенного заземляющего устройства, Ом.

$$R_{\text{зy1}} \leq \frac{125}{2} = 62,5 \text{ Ом.}$$

Требуемое сопротивление заземления для стороны низкого напряжения сети с глухозаземлённой нейтралью трансформатора  $R_{\text{зy1}} < 62,5$  Ом. Поэтому принимаем  $R_{\text{зy1}} = 62$  Ом.

Так как  $\rho > 100$  Ом · м, то для расчета используем следующую формулу

$$R_{\text{зy}} \leq 4 \cdot \frac{\rho}{100} = 4 \cdot \frac{3000}{100} = 120 \text{ Ом,}$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом·м;  $\rho = 3000$  Ом · м.

Определяем количество вертикальных электродов без учета экранирования

$$N'_{\text{в.р}} = \frac{r_{\text{в}}}{R_{\text{зy}}} = \frac{1710}{120} = 14,25,$$

где  $R_{\text{зy}}$  – требуемое сопротивление заземления для стороны низкого напряжения, Ом;



$N'_{в.р}$  – количество вертикальных электродов без учета экранирования;

$r_{в}$  – сопротивление одного вертикального электрода, Ом.

Принимаем  $N'_{в.р} = 15$ .

Определяем количество вертикальных электродов с учетом экранирования

$$N_{в.р.} = \frac{N'_{в.р.}}{\eta_{в.р.}} = \frac{15}{0,68} = 25,06,$$

где  $N'_{в.р.}$  – количество вертикальных электродов без учета экранирования;

$\eta_{в.р.}$  – коэффициент использования вертикального электрода;

$N_{в.р.}$  – количество вертикальных электродов с учета экранирования.

Для равномерного размещения электродов вдоль периметра здания принимаем  $N_{в.р.} = 26$ .

Размещаем заземляющие устройства на плане и уточняем расстояние между ними.

Так как контурное заземляющее устройство закладывается на расстоянии не менее 1 м от стены здания, то длина заземляющего контура по периметру здания с учётом этого расстояния определяется по формуле

$$L_{к.з.} = (A + 2) \cdot 2 + (B + 2) \cdot 2 = (32 + 2) \cdot 2 + (13,6 + 2) \cdot 2 = 99,2 \text{ м}, \quad (20)$$

где  $A$  – длина здания таунхауса, м;

$B$  – ширина здания таунхауса, м;

$L_{к.з.}$  – длина заземляющего контура, м.

Расстояние между электродами уточняется с учетом формы объекта. По углам здания устанавливаем по одному вертикальному электроду, а оставшиеся электроды располагаем между ними (рисунок 3).

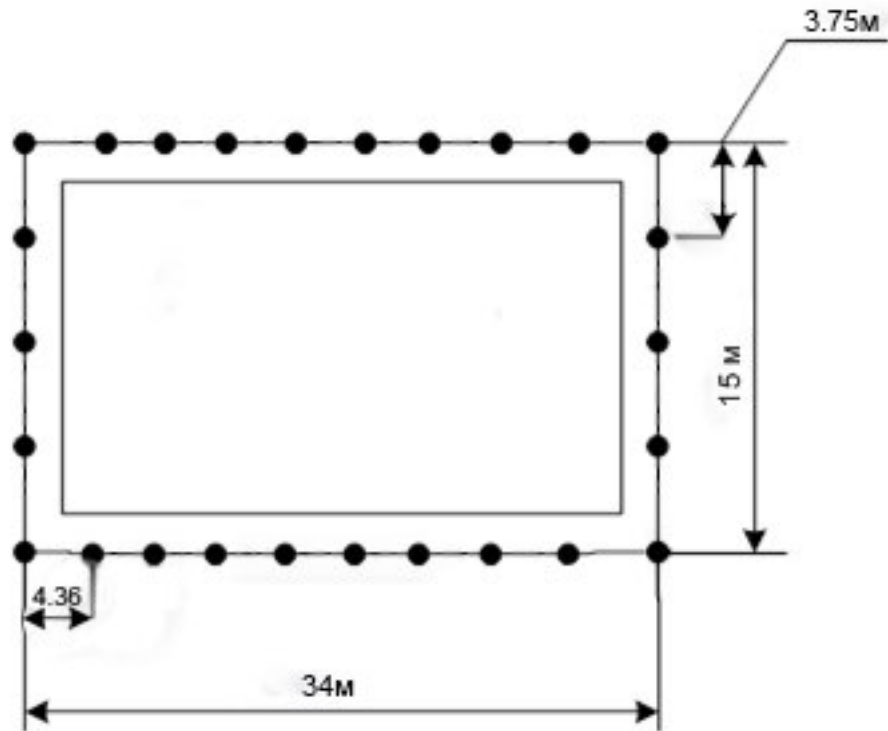


Рисунок 3 – План контурного заземляющего устройства здания

Определяем расстояние между электродами по ширине здания

$$a_B = \frac{B'}{n_B - 1} = \frac{15}{5 - 1} = 3,75 \text{ м}, \quad (21)$$

где  $a_B$  – расстояние между электродами по ширине здания, м;

$B'$  – ширина контура заземления, м;

$n_B$  – число электродов расположенных по ширине контура заземления.

Определяем расстояние между электродами по длине здания

$$a_A = \frac{A'}{n_A - 1} = \frac{34}{8 - 1} = 4,86 \text{ м}, \quad (22)$$

где  $a_A$  – расстояние между электродами по длине здания, м;

$A'$  – длина контура заземления, м;

$n_A$  – число электродов расположенных по длине контура заземления.

Для уточнения принимается среднее значение отношения расстояния между двумя соседними вертикальными электродами и длины вертикального электрода

$$\left(\frac{a}{L}\right)_{\text{ср}} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{3,75_B + 4,86_A}{L}\right) = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{3,75 + 4,86}{3}\right) = 1,4 \text{ м},$$

где  $L$  – длина электрода, м;

$a_A$  – расстояние между электродами по длине здания, м;

$a_B$  – расстояние между электродами по ширине здания, м.

Определяем уточнённое значение сопротивлений вертикальных электродов и горизонтальной соединительной полосы.

Сопротивление горизонтального электрода (полосы) определяется по формуле

$$R_{\Gamma} = \frac{0,4 \cdot \rho \cdot K_{\text{сез}}}{L_{\text{к.з.}} \cdot \eta_{\Gamma}} \cdot \lg \frac{2L_{\text{к.з.}}^2}{b \cdot t} = \frac{0,4 \cdot 3000 \cdot 1,9}{99,2 \cdot 0,45} \cdot \lg \frac{2 \cdot 99,2^2}{0,5 \cdot 0,5} = 44,5 \text{ Ом},$$

где  $R_{\Gamma}$  – сопротивление горизонтальной соединительной полосы, Ом;

$L_{\text{к.з.}}$  – длина заземляющего контура, м;

$b$  – ширина полосы соединительного заземления, м;

$t$  – глубина заложения соединительной полосы, м;

$\eta_{\Gamma}$  – коэффициент использования горизонтальной соединительной полосы;

$\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$K_{\text{сез}}$  – коэффициент сезонности, учитывающий пересыхание и промерзание грунта. В качестве соединительной полосы используем стальную полосу размером 40х4 мм. Глубина залегания горизонтальной полосы в грунте принимаем

$$t = 0,5 \text{ м}.$$

Определяем уточнённое сопротивление вертикального электрода с учётом коэффициента использования

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \cdot \eta_B}, \quad (23)$$

где  $R_B$  – сопротивление вертикального электрода, Ом;

$N_B$  – количество вертикальных электродов;

$\eta_B$  – коэффициент использования вертикальных электродов;

$$R_B = \frac{1710}{26 \cdot 0,71} = 92,6 \text{ Ом}$$

Определяем фактическое сопротивление заземляющего устройства

$$R_{\text{зу.ф}} = \frac{R_B \cdot R_{\Gamma}}{R_B + R_{\Gamma}}, \quad (24)$$

где  $R_{\text{зу.ф}}$  – фактическое сопротивление заземляющего устройства, Ом;

$R_{\Gamma}$  – сопротивление горизонтальной стальной полосы, Ом;

$R_B$  – сопротивление вертикального электрода, Ом.

$$R_{\text{зу.ф}} = \frac{44,5 \cdot 92,6}{44,5 + 92,6} = 30 \text{ Ом}$$

Сравниваем сопротивление фактического заземляющего устройства и расчётного

$$R_{\text{зу.ф}} \leq R_{\text{зу}},$$

$$30 < 120 \text{ Ом.}$$

Следовательно, делаем вывод, что заземление эффективно.

### **2.1.6 Расчет молниезащиты**

В данной работе принята к установке только система внешней молниезащиты, поэтому в дальнейшем рассматриваем только этот вид молниезащиты.

По источнику [26] определяем, что проектируемый жилой дом по классификации зданий и сооружений по устройству молниезащиты относится к обычным объектам.

Пользуясь источником [26, табл. 2.2] определяем уровень защиты проектируемого дома от прямых ударов молнии – III, при этом надёжность защиты от прямых ударов молнии – 0,90.

В качестве внешней молниезащиты для проектируемого жилого дома принимаем к установке одиночный стержневой молниеотвод, заземлителем которого является контур заземления котельной.

Произведем расчет зоны защиты принятого к установке одиночного стержневого молниеотвода, представленного на рисунке 4. Для расчета нужно пользоваться формулами для объекта при высоте молниеотвода до 100м [26, табл. 3.4].

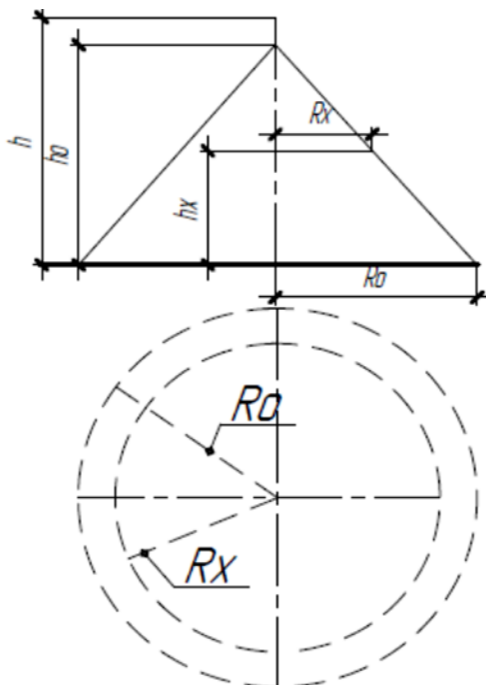


Рисунок 4 – Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

Для расчета определяем следующие данные:

- высота проектируемого жилого дома  $h_x = 8$  м;
- высота молниеприёмника  $h = 20$  м;
- размеры защищаемого объекта (жилого дома)  $A \times B = 32 \times 13$  м.

а) Определяем высоту вершины конуса молниеотвода  $h_0$

$$h_0 = 0,85 \cdot h = 0,85 \cdot 20 = 17 \text{ м} ; \quad (25)$$

б) Определяем радиус защиты на уровне земли  $R_0$

$$R_0 = 1,2 \cdot h = 1,2 \cdot 20 = 24 \text{ м} ; \quad (26)$$

в) Определяем радиус защиты на высоте жилого дома  $R_x$

$$R_x = \frac{R_0 \cdot (h_0 - h_x)}{h_0} = \frac{24 \cdot (17 - 8)}{17} = 12,7 \text{ м} . \quad (27)$$

На основании проведенного расчета определяем, что выбранная одиночная стержневая молниезащита по всем параметрам удовлетворяет защищаемый объект (таунхаус).

## 2.2 Солнечная энергия

Система состоит из 4 компонентов:

Аккумуляторов, контроллера заряда, фотоэлектрических панелей, инвертора.

Данные для расчета солнечного коллектора:

- средний уровень инсоляции для ГОР составляет 4,8 кВт\*ч /м<sup>3</sup> /день;
- наклон панели солнечной батареи для данной территории 50°;
- среднегодовая инсоляция под данным наклоном 1681,3 кВт\*ч/ м<sup>2</sup>;
- стандартный поток солнечного света при 25° в 1 кВт/м<sup>2</sup> — это

номинальная мощность солнечной панели. Взяв годовую инсоляцию, и умножив ее на соотношение мощностей максимальной инсоляции и батареи можно получить оценку выработки батареи за год.

Выработка фотоэлектрических панелей на 1 м<sup>2</sup> рассчитывается по формулам:

$$E_{сб} = E_{инс} * P_{сб} * \eta / P_{инс} \quad (28)$$

$E_{сб}$  - энергия солнечной батареи;

$E_{инс}$  - инсоляция 1 м<sup>2</sup>, год;

$\eta$  - КПД передачи электрического тока;

$P_{сб}$  - номинальная мощность батареи;

$P_{инс}$  - максимальная мощность инсоляции 1 м<sup>2</sup> земной поверхности.

$$E_{сб} = 1681,3 * 0,315 * \frac{0,43}{4,8} = 47,4 \text{ кВт}$$

Для установки солнечных батарей необходимо знать площадь крыши дома, для этого воспользуемся рисунком 5:

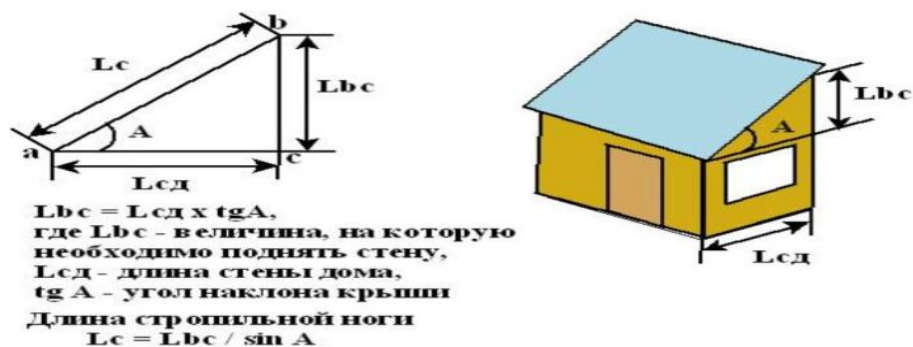


Рисунок 5 – Площадь односкатной крыши

$$L_{bc} = 6,8 * 1,2 = 8,16 \text{ м}$$

$$L_c = \frac{8,16}{0,766} = 6,25 \text{ м}$$

С учетом припусков по 0,5 м с каждой стороны крыши получается:

$$S_k = 6,75 * 33 * 2 = 445,5 \text{ м}^2$$

Исходя из расчетов следует, что для обеспечения установок солнечных панелей имеется необходимая площадь.

Следует учитывать, что расположение крыши таунхаусов для обеспечения наибольшей инсоляции следует располагать одной стороной на восток, а другой на запад.

Учитывая особенности и площадь, можно установить по 100 м<sup>2</sup> солнечных коллекторов с каждой стороны двухскатной крыши. Тогда годовая энергия солнечных батарей рассчитывается:

$$E_{\text{сб.год}} = E_{\text{сб}} * 200 = 47,4 * 200 = 9480 \text{ кВт}$$

Также можно посчитать дневную мощность на 200 м<sup>2</sup>:

$$E_{\text{сб.общ}} = \frac{9480}{365} = 26 \text{ кВт}$$

Далее можно найти среднюю часовую мощность:

$$E_{\text{час}} = \frac{26000}{24} = 1084 \text{ Вт} * \text{ч}$$

Итог: мощность, которая поступает в солнечные батареи за час равна 1084 Вт\*ч.

Для обеспечения перехода энергии от солнечных батарей к аккумулятору необходима установка контроллера заряда.

Для определения мощности (в ваттах) умножают величину тока выхода из контроллера (в амперах) на напряжение (в вольтах), вырабатываемое солнечной батареей с учетом, созданного для него, 20% запаса.

Для этого переводим получившуюся мощность, вырабатываемую солнечными аккумуляторами в Амперы:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}} * 220 = 2,6 \text{ А}$$

Выбираем контроллер заряда для солнечной батареи:

С учетом вырабатываемой мощности солнечных батарей подходит контроллер заряда 1000 Вт (48В) Hafei Win Power, модель WWS10A-48-E. Данный контроллер подходит для того, чтобы обеспечить бесперебойное поступление мощности с солнечных батарей до аккумулятора.

Из контроллера заряда имеет смысл разделить коммутационную сеть с аккумулятором на 4 квартиры. Тогда на каждую квартиру в среднем будет приходиться напряжение 12 В. и, выбор аккумулятора для каждой квартиры становится проще.

Для наибольшей эффективности следует выбрать аккумулятор с запасом 35%, это необходимо для того, чтобы он полностью не разрядился и имел наибольшую эффективность.

Таким аккумулятором является 12V 2 OPzS 150. Номинальная ёмкость 150 А/ч, номинальное напряжение 12 В, масса с электролитом 71 кг.

Для передачи энергии к потребителям необходим инвертор. Для таунхаусов используется инвертор с номинальной мощностью 1000 В:

Инверторы голландской компании TBS Electronics Компания с 1996 года выпускает только синусоидальные инверторы Poversine. Ее продукция представлена как маломощными инверторами для отдельных потребителей (номинальная мощность от 175 до 600 Вт).



Для того, чтобы подключить солнечную батарею одну к другой, обеспечив тем самым минимальные затраты на контроллеры и инверторы, солнечные аккумуляторы подключаются параллельно. В этом случае нужно подключить одноименные клеммы друг с другом, т.е. плюс к плюсу, а минус к минусу. Тогда в конечном итоге останутся 2 клеммы, одна на «плюс», другая на «минус», и эти клеммы подключаются к контроллеру.

### 2.3 Ветровая энергия

Ветровая энергетика на Дальнем Востоке имеет ряд преимуществ, а именно поэтому выбрана как дополнительный источник энергии в ВКР. Средняя скорость ветра в районе территории опережающего развития составляет 6,2 м/с.. По шкале Бофорта это умеренный ветер. Штиль в данном районе бывает крайне редко, в год 1%.

Для того, чтобы выбрать генератор, необходимо учесть годовую плотность воздуха, которая зависит от температуры. Среднегодовая температура воздуха на выбранной территории составляет +5°C. Плотность воздуха среднегодовая  $\rho=1,27 \text{ кг/м}^3$ . Принцип действия генератора представлен на рисунке 6.

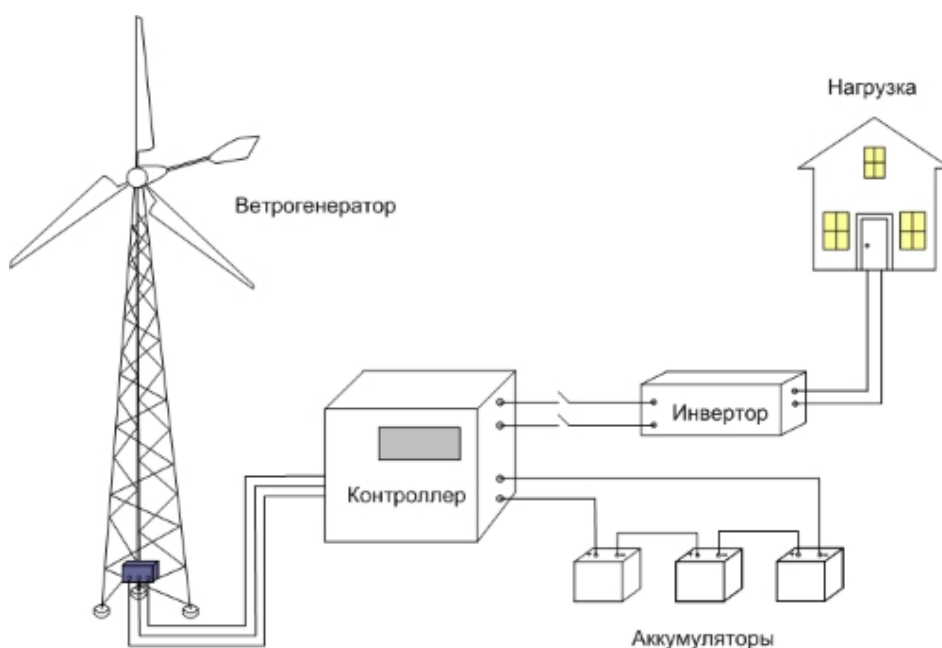


Рисунок 6 – Принцип действия ветровой электростанции

Ветрогенератор в данной ВКР работает параллельно с электросетью.

На ветрогенераторной подстанции к каждому ветрогенератору подключается контроллер. Далее энергия, приходящая с ветрогенератора поступает к потребителю по специально отведенному кабелю. У каждого потребителя устанавливается аккумулятор и инвертор. При избытке электроэнергии, она поступает в общую сеть, а при недостатке ее потребители электроэнергии работают от общей электросети.

Возобновляемая энергетика не стоит на месте, именно поэтому в ВКР были выбраны вертикально-осевые ветрогенераторы.

Ветровая электростанция «АЛЬЭН Euro» 20 кВ (EV – 20) - это высокотехнологичные генераторы электрической энергии, предназначенные для превращения энергии ветра в электрическую. Современные ветрогенераторы «АЛЬЭН Euro» позволяют экономически эффективно использовать энергию даже как умеренных, так и стабильных ветров.

С помощью ветрогенераторов данной модели сегодня можно не только поставлять электроэнергию в сеть, но и решать задачи электроснабжения локальных или островных объектов.

ВЭС устанавливаются в самых различных местах. Это открытые территории с хорошим ветропотенциалом, поля, острова, мелководье, горы. Как следствие энергетической политики в России - это места, где подключение к существующим сетям дороже ветроэнергетического проекта или доставка дизельного топлива обходится неоправданно дорого. Так же с помощью данных станций, учетом постоянно растущих тарифов, возможно сэкономить серьезные суммы, так как энергия ветра всегда остается бесплатной, а срок службы станции не менее 20 лет.

ВЭС используется для основного или резервного питания потребителей, удаленных от линий электропередачи. Также ВЭС может использоваться в составе комплекса с дизельным или бензиновым генератором, солнечными

батареями. Включаемый в систему дизельный или бензиновый генератор, солнечные батареи используются как резервные источники подзарядки аккумуляторных батарей и добора необходимой электрической мощности, на случай длительного безветрия. Таким образом, создается надежная и экономная система автономного гарантированного электроснабжения.

В базовый комплект входят: мачта, генератор, ротор, лопасти, закладные элементы, контроллер.

Для того, чтобы использовать минимум площади и получить максимум энергии можно выбрать более мощные ветрогенераторы.

Характеристика ветрогенератора представлена в таблице 3.

В результате полученных данных можно установить ветрогенераторы из расчета: 1 генератор на 1 таунхаус. Получается, на каждый таунхаус будет приходиться по 20 кВт\*час энергии. Для 250 таунхаусов потребуется 250 ветрогенераторов.

Для работы ветрогенератора требуются аккумуляторы. Выбираем ИБП Delta НРН 20 кВА/20 кВт с внутренними батареями. Устройство достаточно большое, в расчет берется 1 аккумулятор на 1 таунхаус. Всего необходимо 250 таких аккумуляторов. Также необходима установка инвертора. Им является инвертор МАП SIN PRO 20кВт (48В). Инвертор устанавливается также, один на один таунхаус.

В результате для установки ветрогенераторов на 250 таунхаусов устанавливается 250 ветрогенераторов, 250 аккумуляторов, 250 инверторов напряжения. Для каждого таунхауса приходится по 20 кВт\*час электроснабжения, что для таунхауса является большим и экономичным ресурсом. Ветрогенераторы работают с центральной электросетью параллельно. Для того, чтобы ветрогенератор мог обеспечить бесперебойное обеспечение электроэнергией таунхаус устанавливается обратный счётчик электроэнергии СЕ208.

СЕ 208 – счетчик, обеспечивающий измерение активной и реактивной энергии в однофазных цепях. Он способен вести многотарифный учет электроэнергии.

Особенностью счётчика СЕ 208 является разделение его на две части: измерительный блок, а также индикатор. Измерительный блок выполняет функциональность многотарифного счетчика, а индикаторное устройство используется для учета показаний.

## 2.4 Выбор трансформаторов

Выбор силовых трансформаторов для жилого комплекса проводим с учётом категории надёжности электроснабжения потребителей и расчётной максимальной мощности, установленных в квартирах.

Для потребителей 3 категории выбираем два силовых трансформатора.

Для начала необходимо сделать свод всех мощностей, потребляемыми таунхаусами. Расчет ведется по формуле:

$$P_{\text{ж.к.}} = P_{\text{т}} \cdot 250, \quad (29)$$

где  $P_{\text{ж.к.}}$  – мощность жилого комплекса;

$P_{\text{т}}$  – мощность таунхауса.

$$P_{\text{ж.к.}} = 208,8 \cdot 250 = 52200 \text{ кВт},$$

Зная, что на 1 таунхаус приходит 4 кВт энергии от солнечных батарей и 20 кВт можно посчитать полную энергию от возобновляемых источников. Расчет ведется по следующей формуле:

$$P = (P_{\text{с.б.}} + P_{\text{ветр.}}) \cdot 250 ; \quad (30)$$

где  $P_{\text{возобн.}}$  – мощность возобновляемых источников энергии, кВт;

$P_{\text{с.б.}}$  – мощность солнечных батарей, кВт;

$P_{\text{ветр.}}$  – мощность ветровой станции, кВт.

$$P_{\text{возобн.}} = (4 + 20) \cdot 250 = 6000 \text{ кВт}.$$

Для выбора трансформаторов необходимо учитывать разницу потребляемой мощности жилого комплекса и энергию, приходящую с возобновляемых источников энергии. Разница рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{тр.}} = P_{\text{ж.к.}} - P_{\text{возобн.}}; \quad (31)$$

где  $P_{\text{тр.}}$  – мощность, приходящая с трансформаторов.

$$P_{\text{тр.}} = 52200 - 6000 = 46200 \text{ кВт.}$$

Мощность устанавливаемых трансформаторов определяется по формуле

$$S_{\text{T}} > \frac{P_{\text{M}}}{1,4 \cdot (n-1)}, \quad (32)$$

где  $S_{\text{T}}$  – полная мощность трансформатора, кВА;

$P_{\text{M}}$  – полная максимальная мощность установленной в жилом комплексе, кВА;

$n$  – число трансформаторов устанавливаемых на подстанции. Принимаем для потребителей 3 категории  $n = 2$ .

$$S_{\text{T}} = \frac{46200}{1,4 \cdot (2 - 1)} = 33000 \text{ кВА} = 33 \text{ МВА}$$

По результатам расчёта окончательно выбираем два силовых трансформатора ТДТН-40000/110 с номинальной мощностью 40000 кВА. Второй трансформатор устанавливается как резервный.

От ГПП, существующей для административно - жилищного района, ток поступает в КТП. Для определения типа КТП воспользуемся формулой:

$$S_{\text{тсн}} = S_{\text{уст}}/1000, \quad (33)$$

где  $S_{\text{тсн}}$  – мощность трансформатора собственных нужд кВА;

$S_{\text{уст}}$  – мощность установленного трансформатора, кВА.

$$S_{\text{тсн}} = \frac{40000}{1000} = 40 \text{ кВА}$$

Устанавливаем для собственных нужд трансформатор ТМ-40/10/0,4. В данной ВКР устанавливается 10 КТП, где высокая сторона напряжения ВН=10 кВ, низкая сторона напряжения НН=0,4 кВ.

### **3 РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА «АЛЬЭН EURO» 20 КВ(EV - 20)**

#### **Содержание**

- 3.1 Описание и работа
  - 3.1.1 Назначение изделия
  - 3.1.2 Технические характеристики
  - 3.1.3 Состав изделия
  - 3.1.4 Устройство и работа
  - 3.1.5 Средства измерения, инструмент и принадлежности
  - 3.1.6 Маркировка и пломбирование
  - 3.1.7 Упаковка
- 3.2 Использование по назначению
  - 3.2.1 Эксплуатационные ограничения
  - 3.2.2 Подготовка изделия к использованию
  - 3.2.3 Использование изделия
  - 3.2.4 Действия в экстремальных условиях
  - 3.2.5 Особенности использования доработанного изделия
- 3.3 Техническое обслуживание
- 3.4 Текущий ремонт
  - 3.4.1 Текущий ремонт составных частей изделия
  - 3.4.2 Текущий ремонт изделия
- 3.5 Хранение
  - 3.5.1 Условия хранения изделия
  - 3.5.2 Способы утилизации
- 3.6 Транспортирование
- 3.7 Утилизация
  - 3.7.1 Меры безопасности

### 3.7.2 Перечень утилизируемых составных частей

#### **Введение**

Руководство по эксплуатации адаптировано для профессиональных операторов ветровых генераторов и рядовых пользователей. Оно включает в себя описание конструкции, основные параметры, установку, техническое обслуживание, условия работы и другую информацию по ветровому генератору. На основании новейшей информации и данных, приведены рекомендации для установки, отладки, обслуживанию и ремонту ветряных турбин.

Эта инструкция не может считаться корректной, если ветрогенератор используется не по назначению.

Гарантия не осуществляется при повреждениях, полученных в следующих случаях:

- повреждения, вызванные не правильной работой оператора;
- повреждения, вызванные стихийными бедствиями;
- повреждения, появившиеся после гарантийного периода.

Все инструкции по установке и чертежи пригодны только в гарантийный период.

#### **3.1 Описание и работа**

3.1.1 Назначение ветрогенератора (другое название ветроэлектрическая установка или ВЭУ) – преобразование кинетической энергии мощных воздушных потоков в электричество.

3.1.2 Технические характеристики ветрогенератора представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики

Номинальное число оборотов (об/мин)	70-145
Номинальная мощность (кВт)	20
Максимальная мощность (кВт)	22

Стартовая скорость ветра (м/с)	1,5
Номинальная скорость ветра (м/с)	12
Рабочая скорость ветра (м/с)	2-20
Высота мачты (м)	12
Срок службы (лет)	20
Заводская гарантия (лет)	3
Выходное напряжение инвертора (синусоида) (В)	220 или 380 (переменного тока)
Номинальная частота (Гц)	50/60
Рабочая температура	-45°C – 55°C (внешняя температура окружающей среды)
Оледенение	При оледенении поверхности лопастей, ротор теряет балансировку. Необходимо остановить установку и удалить лед.
Рабочая скорость ветра	Дозволенная скорость ветра между 2 м~20м/сек
Остановка работы ветрогенератора	При превышении скорости ветра 20 м/с
Критичная скорость ветра	30 м/с

3.1.3 В состав основного набора входят: лопасти турбины, ротор, направление вращения лопастей, демпфер, ведущая ось, механизм вращения лопастей, электрогенератор, контроллер вращения, анемоскоп и датчик ветра, хвостовик анемоскопа, гондола, ось электрогенератора, механизм вращения турбины, двигатель вращения, мачта.

3.1.4 Устройство и работа по двум системам:

1. По системе OFF-Grid

Ветрогенератор в системе позволяет вырабатывать независимое электроснабжение. Аккумуляторы накапливаю энергию. В хорошем ветряном месте с ветрогенератора вырабатывается 3 фазы переменного тока, а контроллер преобразует в постоянное напряжение для заряда аккумуляторов. Затем инвертор преобразует постоянное напряжение с аккумуляторов в переменное и подает на потребителя.

Примечание :

- 1). Разные контроллеры заряжают аккумуляторы по-разному.
- 2). Подходит только для использования двойного преобразования.

2. По системе On-Grid



Система состоит из ветрогенератора, контроллера со сбросом избытков энергии и сетевого инвертора. Ветрогенератор вырабатывает нестабильную энергию переменного тока. Контроллер коммутирует ее в постоянное напряжение инвертора. Инвертор подстраивает частоту и волновую характеристику фазы как и внешней сети подключает выработанную энергию из инвертор к сети, выработанной из другого источника.

3.1.5 Для установки данной конструкции вам понадобится болгарка, обычная дрель и сварочный аппарат с возможностью работы электродом диаметром 2 и 3 мм. Также необходимы болты и гайки. Комплектующие принадлежности входят в набор.

3.1.6 Маркировке и пломбированию не подлежит.

3.1.7 Упаковка ветрогенератора осуществляется в картонную коробку. Внутри коробки для поддержания целостности находится пенопласт, который защищает ветроустановку от повреждений.

## **3.2 Использование по назначению**

3.2.1 Эксплуатационные ограничения существует для удовлетворения разных требований, расчетная загрузка ветрогенератора включает в себя функциональный лимит и лимит по вырабатываемой мощности. Примите меры, чтобы гарантировать, что нагрузка на конструкцию: предельные нагрузки, давления и предел выносливости в рамках дозволенного диапазона.

3.2.2 Подготовка изделия к использованию производится по следующему алгоритму:

1. Проверьте лопасти, ротор, носовой конус, корпус генератора и весь крепеж. Проверьте, надежно ли они соединены.
2. Проверьте, правильно ли выставлен угол лопастей.
3. Проверьте соединение опоры с фундаментом. Проверьте фундаментные болты. Плотно ли они затянуты.
4. Проверьте, нет ли трений ротора об корпус генератора.

5. Проверьте выходные электрические соединения из ветрогенератора.
6. Проверьте, плотно ли подключены 3фазные провода к колодке ветрогенератора.
7. Проверьте кабель, проходящий внутри опоры. Не перекрутился ли он, и нет ли трений о кабель.
8. Проверьте, подключен ли стальной трос ручного тормоза к тормозной системе внутри ветрогенератора. Находится ли он в натянутом состоянии.
9. Проверьте аварийное электропитание и аккумуляторы. Не достигло ли напряжение в них критического значения. Подключены ли они к контроллеру.
10. Проверьте регулировку угла лопастей и выставите необходимый угол.
11. Медленно ослабьте ручной тормоз и посмотрите, проворачиваются ли лопасти от набегающего потока ветра.
12. Проверьте электрическое оборудование на пригодность к данной системе: On /off Grid: ветрогенератор, аккумулятор, инвертор и сброс нагрузки. Убедитесь, что они установлены согласно «руководству пользователя» и подключены правильно и корректно.

### 3.2.3 Использование изделия производится по следующему алгоритму:

- Отключите тормоз и запустите контроллер. Переведите контроллер в положение «вручную», проверьте гибкость изменение угла поворота лопастей.
- При скорости ветра в 2 м/с. ветроколесо должно быть готово, запустить генератор. В первые разы генератор может запускать только на повышенных скоростях ветра. Это нормальное явление. Все перейдет к паспортным значениям в процессе эксплуатации.
- Ветрогенератор должен работать ровно и не должно быть никаких вибраций. Проверьте выходные фазы трехфазного генератора. Напряжение на

всех 3 фазах должно быть одинаково. Необходимо проверить как изменяется выработка мощности при разных скоростях ветра, но при стандартной скорости ветра выработка не должна превышать 1/3 от номинальной мощности.

- После запуска ветрогенератора действуйте по инструкции. Проверьте контроллер, аккумуляторы и инвертор.

3.2.4 Действия в экстремальных условиях предполагают несколько вариантов действий:

Автоматическая остановка: ветрогенератор автоматически остановится, если напряжение на выходе превысит критический порог, либо пропадет нагрузка. В on-grid системе ветрогенератор автоматически остановится если появится электрическая поломка, чтобы защитить систему от повреждений.

Ручная остановка: В случае непогоды или урагана необходимо перейти на «ручное управление» и управляя лопастями повернуть их так что ветроколесо стало останавливаться и в тоже время используйте механический тормоз.

3.2.5 Повторный запуск в системе of-grid необходимо нажать кнопку «старт» для того чтобы позволить ветрогенератору вращаться. В on-grid системе это может не помочь, так как надо проверить есть ли напряжение на входе в инвертор.

### **3.3 Техническое обслуживание**

Техническое обслуживание производится по алгоритму:

- проверьте, нет ли при нормальной работе странных шумов или вибраций. При обнаружении остановите ветрогенератор и устраните неисправность;

- проверьте, изменяется ли угол лопастей при изменении скорости ветра;

- проверьте выходное напряжение в трех фазной сети ветрогенератора. Работает ли все правильно. Соизмеримо ли вырабатывается мощность;

- проверьте достаточно ли заряда в аккумуляторных батареях.

### 3.4 Текущий ремонт изделия

3.4.1 Текущий ремонт составных частей изделия производится по следующему алгоритму:

- проверьте, нет ли при нормальной работе странных шумов или вибраций. При обнаружении остановите ветрогенератор и устраните неисправность;
- проверьте, изменяется ли угол лопастей при изменении скорости ветра;
- проверьте выходное напряжение в трех фазной сети ветрогенератора. Работает ли все правильно. Соизмеримо ли вырабатывается мощность;
- проверьте достаточно ли заряда в аккумуляторных батареях.

3.4.2 Для устранения неисправностей воспользуйтесь таблицей 6

Таблица 6 – Исправление неисправностей

Неисправность	Анализ причины	Решение
Появление вибраций	1. Натяжка стального троса слабла 2. Лопасты повреждены 3. Крепеж лопастей ослаб 4. Дисбаланс лопастей в связи с оледенением.	1. Натяните стальной трос. 2. Замените и сбалансируйте снова. 3. Затяните крепеж. 4. Удалите оледенение
Лопасты не поворачиваются под нужным углом к ветру.	1. Слишком много грязи на поверхности вращения. 2. Повреждены подшипники внутри оси вращения. 3. Искажена вертикальная ось.	1. Очистите и смажьте. 2. Замените подшипник. 3. Отрегулируйте вертикальную ось.
Странный шум	1. Крепеж ослаб 2. Трение в системе 3. Подшипники повреждены.	1. Проверьте затяжку всего крепежа. 2. Проверьте всю систему и исправьте неисправность. 3. Замените подшипник.
Лопасты ротора потерять контроль со скоростью вращения.	1. Сбой в системе управления 2. КЗ в обмотке генератора или выходной сети	1. Замерить заряд в аккумуляторах, если они разрядились зарядить или заменить. 2. Найдите место КЗ. Устраните неисправность и заизолируйте.

	3. Проблемы в механике узла вращения	3. Проверьте смазку и всю систему вращения.
Частота вращения ротора очевидно низкая	1. Неправильный угол поворота лопасти 2. КЗ в статоре генератора 3. КЗ в по выходе из генератора 4. Трение о тормоз 5. Переключатель находится в позиции «Выкл»	1. Измените угол 2. Найдите месь КЗ. Устраните неисправность и заизолируйте. 3. Найдите месь КЗ. Устраните неисправность и заизолируйте. 4. Скорректируйте тормозную систему 5. Переключите на позицию «Вкл»
Генератор имеет на выходе низкое напряжение	1. Низкая скорость вращения 2. Проблемы с постоянными магнитами ротора 3. Короткое замыкание по трем фазам статора 4. Плохое соединение проводов. 5. Кз в выпрямителе 6. Малое сечение кабелей.	1. Найдите причину неисправности и удалите ее. 2. Замените ротор 3. Найдите место КЗ и отремонтировать. 4. Восстановите соединения. 5. Замените 6. Увеличьте сечение кабелей.
На выходе в сеть нет переменного тока	1. Предохранители генератора вышли и строя. 2. Выходная цепь не замкнута 3. Прогорели обмотки статора	1. Найдите причину неисправности и удалите ее 2. Найдите поломку и устраните ее. 3. Работайте и отремонтируйте.
Выход переменного тока в норме, выход постоянного тока не в порядке	1. Предохранители в цепи постоянного тока не в порядке 2. Выходная цепь не замкнута 3. Выпрямитель сгорел	1. Замените 2. Проверьте всю цепь. 3. Замените
Низкая емкость аккумуляторов	1. Низкое выходное напряжение недостаточное для заряда. 2. Плохой контакт с батареями 3. Батареи неисправны	1. Проверьте элементы упомянутые выше. 2. Зачистите места соединений 3. Замените батареи

### 3.5 Хранение

3.5.1 Условия хранения лопастей ветрогенератора – должны храниться в свободно состоянии. Но они не должны касаться земли. При длительном хранении, следует избегать попадания ультрафиолетового света на лопасти.

Лопасты должны быть зафиксированы.

### 3.5.2 Способы утилизации ветрогенератора содержат алгоритм:

Проверьте место установки, остатки от упаковки, отходы нефти, масла, эпоксидные смолы, полиэстера, перекись водорода и растворителей утилизировать в соответствии с требованиями по охране окружающей среды.

## 3.6 Транспортирование

1. Транспортировка ветрогенератора должна проходить в специальной упаковке.
2. Для перевозок на большие дистанции, детали ветрогенератора должны быть упакованы в мягкий упаковочный материал.
3. Подготовьте подъемное оборудование до того как будет распаковываться ветрогенератор.
4. Зафиксируйте ящик, т.к при упаковке ветрогенератора его можно сместить и получить травму.
5. Положите защитную прокладку на соединительный шарнир хвостовой лопасти и хвостовика.
6. При подъеме к ветродвигателя, насколько это возможно, соблюдайте по возможности центр поставив поднимаясь ремень в ветродвигатель центр тяжести.

Внимание: При вертикальном подъеме, следует поднимать генератор горизонтально.

## 3.7 Утилизация

3.7.1 Меры безопасности должны соответствовать требованиям правил защиты окружающей среды

3.7.1 Утилизации подвергаются все составные части ветрогенератора. Рекомендуются правилами защиты окружающей среды: утилизация по средствам переработки деталей ветрогенераторов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей выпускной квалификационной работе разработан проект системы электроснабжения территории опережающего развития «Надеждинская». В ходе работы были проанализированы возобновляемые источники энергии, произведен расчет электрических нагрузок на вводе. Рассчитаны и выбраны питающие кабели. Сделан расчет характеристик и выбор коммутационной аппаратуры. Произведен расчет электроэнергии, подаваемой с возобновляемых источников энергии. Произведен выбор устанавливаемых трансформаторов для подачи электроэнергии от возобновляемых источников энергии и от питающей подстанции. Произведен суммарный расчет электроэнергии, подаваемой с альтернативных источников энергии.

В выпускной квалификационной работе определены актуальные источники возобновляемой энергии. В вопросах электробезопасности обоснован выбор защитной аппаратуры линий электроснабжения с применением автоматов. Произведен расчет и выбор заземляющих устройств таунхаусов, а также расчет и выбор молниезащиты.

Таким образом, задачи, поставленные в данной выпускной квалификационной работе, выполнены. Спроектированная система электроснабжения территории опережающего развития «Надеждинская» на основе типового таунхауса, что удовлетворяет всем требованиям действующей нормативно-технической документации с учетом требований правил безопасности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. Москва: Высшая школа, 2000. – 255с.
- 2 Беляев А.В. Выбор аппаратуры, защиты и кабелей в сетях 0,4 кВ. Москва: Энергоатомиздат, 1988. – 176с.
- 3 Ведомственные строительные нормы. Электрооборудование жилых и общественных зданий (ВСН 59-88). 1990.– 101с.
- 4 Гужов Н.П. Системы электроснабжения. Москва: НГТУ, 2008.– 258с.
- 5 Генкин Б.М. Экономика и социология труда. Москва :НОРМА-ИНФРА,1999. – 257с.
- 6 Жуков Л.И., Горшков В.В. Справочное пособие по труду и заработной плате. Москва: Финансы и статистика, 1990. – 272с.
- 7 Кнорринг Г.М., Фадин И.М., Сидоров В.Н.. Справочная книга для проектирования электрического освещения. Санкт-Петербург: Энергоатомиздат,1992. - 448 с.
- 8 Киреева Э.А. Электроснабжение жилых и общественных зданий. Москва: Энергетик,2005. 51с.
- 9 Кузнецов В.С. Электроснабжение и электроосвещение городов. Магнитогорск: Высшая школа, 1989. 136с.
- 10 Нудлер Г.И. Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий. Москва: Энергоатомиздат,1992. - 480с.
- 11 Правила устройства электроустановок. Издательство: Энергоатомиздат, 2003. 156с.
- 12 Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Технология электромонтажных работ. Москва: Высшая школа, 2007. - 352с



- 13 Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. (СП 31-110). 2002. - 78с.
- 14 Туркин В.В. Расчет насосной установки. Ярославль.: Ярославский политехнический институт,1991. – 19 с.
- 15 Федорова А.А. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. Том 2.Москва: Энергоатомиздат,1987. – 592с.
- 16 Цигельман И.Е. Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий. Москва: Высшая школа,1988. - 320с.
- 17 ГОСТ ИЕС 61140-2012. Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования. – Введ. 01.07.2014. Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во Стандартиформ, 2014
- 18 Защитное заземление и зануление электрооборудования. Материалы для проектирования и рабочие чертежи. Шифр А10-93 – Москва.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект / под ред. гл. инженера института А.Г. Смирнова. Москва, 1993
- 19 Котел отопительный Eco Four 1.14F. Руководство по эксплуатации. Паспорт. – Компания «BAHI» (Бакси). – 40с., ил.
- 20 Кузилин А.В. РМ-2559 «Инструкция по проектированию учета электропотребления в жилых и общественных зданиях» / А.В. Кузилин, В.Ф. Савинкин. – Введ. 01.10.1997. – Москва : Москомархитектуры, 1997
- 21 Постановление правительства РФ от 25.04.2012 № 390 «О противопожарном режиме» (с изменениями № 113 от 17.02.2014, № 581 от 23.06.2014, № 201 от 6.03.2015, № 1213 от 10.11.2015). – Вступило в силу 01.09.2012. – Постановления правительства Российской Федерации. – 2012
- 22 Постановление правительства РФ от 04.05.2012 № 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» (с

изменениями № 941 от 4.09.2015). – Утвержд. 04.05.2012. – Постановления правительства Российской Федерации. – 2012

23 Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск, Сиб.унив.изд-во, 2010. – 464 с., ил.

24 РД 106/4-04.14. Индивидуальный жилой дом. Раздел ЭОМ. Электроосвещение. Силовое электрооборудование. – ИП Черепанов И.В. / ГИП П.П. Киселёв. – Екатеринбург, 2015 (неопубликованная литература)

25 РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. – Утвержд. 23.03.1998. – М: РАО «ЕЭС России»; М: «Издательство НЦ ЭНАС», 2002. – 152 с.

26 СО-153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – Введ. 30.06.2003. – М.: Минэнерго России, приказ № 380 от 30.06.2003