

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)

Политехнический институт  
Энергетический факультет  
Кафедра «ЭССиСЭ»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ И.М. Кирпичникова  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Установки микрогенерации на основе возобновляемых источников энергии

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ ВКР

Руководитель, проф,д.т.н.

\_\_\_\_\_ Е.В. Соломин  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Автор работы  
студент группы П-478  
\_\_\_\_\_ А.С.Прядеин  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Нормоконтролер, доцент, к.т.н.  
\_\_\_\_\_ Н.Ю.Аверина  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Челябинск 2019

## АННОТАЦИЯ

Прядеин А. С. Установки микрогенерации на основе возобновляемых источников энергии. – Челябинск: ЮУрГУ,

ЭССИСЭ, 2019, 74с. 30 ил., 4 таблицы  
библиогр. список – 23 наим.,

В данном дипломном проекте рассмотрены технические и правовые особенности развития микрогенерации в России и мире.

Предложен проект ветроэнергетической установки для микрогенерации электрической энергии на основе возобновляемых источников энергии. Рассмотрены элементы установки, окупаемость, а также рассмотрены правила безопасности и охраны труда

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ ВКР			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>				
<i>Разраб.</i>		Прядеин А.С.			<b>Установки микрогенерации на основе ВИЭ</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Соломин Е.В.					2	81
<i>Реценз</i>						<b>ЮУрГУ</b>		
<i>Н. Контр.</i>		Аверина Н.Ю.				<b>Кафедра «ЭССиСЭ»</b>		
<i>Утверд.</i>		Кирпичникова И.М.						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 МЕРЫ СТИМУЛЯЦИИ МИКРОГЕНЕРАЦИИ.....	6
1.1 Меры стимуляции микрогенерации в Море .....	6
1.1.1 Схема двустороннего учета электроэнергии Net Metering.....	9
1.1.2 Схема «виртуальный счетчик» .....	11
1.1.3 Схема подключения потребителей к общим сетям .....	12
1.2 Меры стимуляции микрогенерации в России .....	15
1.3 Перспективы развития микрогенерации в России .....	17
2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ МИКРОГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ВИЭ	20
2.1 Использование энергии солнца для микрогенерации электрической энергии .....	20
2.2 Использование энергии ветра для микрогенерации электрической энергии .....	22
2.3 Проектировании СЭС для микрогенерации в РФ .....	27
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ МИКРОГЕНЕРАЦИИ В г.ЧЕЛЯБИНСК.....	36
3.1 Особенности местности для монтажа установки.....	36
3.2 Описание проектируемой установки.....	40
3.3 Расчет энергопотребления и пиковой мощности потребителя.....	41
3.4 Расчет параметров ротора ВЭУ .....	43
3.5 Расчет генератора ВЭУ .....	47
3.6 Расчет параметров стабилизатора.....	50
3.7 Расчет емкости блока аккумуляторов .....	54

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

4. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ .....	59
4.1 Факторы, влияющие на окупаемость ВЭУ. ....	59
4.2 Расчет окупаемости проектируемой ВЭУ. ....	60
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	63
5.1 Факторы риска при эксплуатации системы. ....	63
5.2 Опасность поражения электрическим током.....	64
5.3 Опасность работы на высоте. ....	67
5.4 Правила техники безопасности при эксплуатации ветроэнергетической станции. ....	68
5.5 Меры предосторожности при эксплуатации аккумуляторных батарей. .	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	72
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	73
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	75

## ВВЕДЕНИЕ

Заключительный этап обучения в высших учебных заведениях предполагает написание и защиту дипломного проекта. В качестве темы дипломного проекта была выбрана тема, посвященная установкам микрогенерации на основе возобновляемых источников энергии. Для выполнения данной работы требуются знания теории в области возобновляемой энергетики, подкрепленной практическим опытом, который мы получили при прохождении преддипломной практики.

Одним из важнейших факторов развития промышленности в современном мире является наличие электрической энергии в достаточном количестве для обеспечения производственных мощностей предприятия. Поэтому во всем мире человек старается осваивать всё новые источники получения электрической энергии. На данном этапе всё больше стран мира обращают свой взор на обеспечение энергетических потребностей страны за счёт ВИЭ. Данная технология является позволяющей задействовать в качестве топлива для энергетических установок возобновляемое сырьё, что в свою очередь благоприятно сказывается на экологии.

Причём акцент в развитии систем возобновляемой энергетики делается на развитие микрогенерации среди граждан страны. Микрогенерация позволяет снизить затраты людей на электрическую энергию, а также нагрузку на общие электрические сети внутри страны.

За счёт развития микрогенерации электрической энергии внутри страны, государство создаёт новую отрасль экономики, которая способствует развитию законодательных актов и технологий в данной отрасли производства.

Развитие микрогенерации непосредственно положительно сказывается на возможности применения систем выработки электрической энергии за счёт альтернативных источников энергии для нужд крупных энергопотребителей. И в последствии может привести к полному переходу энергетики страны на возобновляемые источники топлива.

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

# 1 МЕРЫ СТИМУЛЯЦИИ МИКРОГЕНЕРАЦИИ

## 1.1 Меры стимуляции микрогенерации в Мире

Мировая практика показывает, что развитие возобновляемой энергетики, повышение энергоэффективности и выработка электроэнергии возможна за счёт малых объектов микрогенерации — собственников дачных и многоквартирных домов, государственных и коммерческих организаций и предприятий. Но стоит заметить, что стоимость энергии, полученной от таких производителей, а, следовательно, и спрос на неё, зависят от возможности подключения к сети объектов электрической микрогенерации.

Энергетические установки, имеющие подключение к общей сети, могут работать без дорогих систем накопления энергии (могут достигать до 50-60% стоимости установки) [9], способны продавать излишки генерируемой электроэнергии другим пользователям. Из-за этого срок окупаемости автономных систем в разы больше, систем с подключением к общей сети. Но чтобы произвести подключение к сети большого количества установок с нестабильной генерацией требуется качественный подход методикам управления энергосистемой страны и её существенная техническая модернизация. [5].

В ходе работы был проведен обзор различных мер стимулирования микрогенерации в зарубежных странах, которые являются лидерами в развитие альтернативной энергетики. (рис. 1)

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Страна	Меры стимулирования			
	Бонусный тариф	Гранты и субсидии	Механизмы углеродного рынка	Налоговые льготы
Бельгия	–	–	Микро-когенерация, генерация электроэнергии на основе ВИЭ	Биогаз, биомасса, солнечная, геотермальная, микро-когенерация
Великобритания	Генерация электрической и тепловой энергии на основе ВИЭ	Генерация тепловой энергии на основе ВИЭ	Микро-когенерация, генерация электроэнергии на основе ВИЭ	Все виды ВИЭ
Германия	Генерация электрической энергии на основе ВИЭ, микро-когенерация	Микро-когенерация	–	Все виды ВИЭ, микрокогенерация
Голландия	Генерация электрической энергии на основе ВИЭ	Солнечные коллекторы, микро-когенерация	–	–
Италия	Генерация электрической энергии на основе ВИЭ, солнечные коллекторы, биомасса	–	Микро-когенерация, генерация электрической энергии на основе ВИЭ	–
Канада	Генерация электрической энергии на основе ВИЭ	Солнечные коллекторы	–	Все виды ВИЭ
Китай	–	Генерация электрической энергии на основе ВИЭ	–	Генерация электрической энергии на основе ВИЭ
США	Генерация электрической энергии на основе ВИЭ	Генерация электрической и тепловой энергии на основе ВИЭ	Генерация электрической и тепловой энергии на основе ВИЭ	–
Япония	–	Топливные элементы, фотовольтаика	Генерация электрической энергии на основе ВИЭ	Все виды ВИЭ, микро-когенерация

Рисунок 1 — Меры государственного стимулирования развития микрогенерации на основе ВИЭ

Он показал, что такие страны как Германия, Канада, Китай и Голландия больше задействуют меры прямого стимулирования микрогенерации, например:

- бонусные тарифы (feed-in-tariff);
- гранты и субсидии;
- налоговые льготы (см. таблицу).

Действенность этих мер подтверждена большим количеством практических примеров, используемых в зарубежных странах. Однако их применение напрямую связано с большим объёмом затрачиваемых государственных бюджетных средств. Гранты и субсидии государство, как правило, предоставляет с целью снизить барьеры стоимости технологий микрогенерации, которые выражаются в высокой начальной стоимости оборудования и его установки (солнечные панели, малые ветрогенераторы, тепловые насосы, и.т.д.)

Дополнительной мерой стимуляции, предназначенной для снижения барьеры стоимости, являются бонусные тарифы. Данная мера не может снизить объём первоначального капитала, требуемого для начала генерации, однако способствует уменьшению срока окупаемости оборудования. [7].

Налоговые льготы являются универсальным механизмом, нацеленным как на снижение требуемого первоначального капитала (нулевая ставка налога с продаж), так и на уменьшение срока окупаемости оборудования (доход от продажи электроэнергии в сеть подвергается нулевому налогообложению).

Также в таких странах, как США, Япония, Бельгия Меры прямого стимулирования микрогенерации на альтернативных источниках энергии дополняются мерами по развитию местных углеродных рынков и организации экономических механизмов рыночного характера

Том числе создан механизм торговли квотами на выбросы углекислого газа и аналогичный ему механизм торговли сертификатами «чистой» энергии. Они направлены на развитие возобновляемой энергетики и повышение её энергоэффективности. Одной из особенностей этих механизмов является отсутствие разделения технологий для микрогенерации и макрогенерации.

Система устроена таким образом, что выброс каждой единицы загрязняющих веществ (в основном, CO<sub>2</sub>), сверх норматива, приводит либо к отказу от имеющих разрешений на выбросы другим производителям, либо покупки нового разрешения по рыночным. В итоге, каждый выброс так или иначе облагается платой. Это приводит к увеличению стоимости продуктов, при использовании которых

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8



происходит значительный выброс загрязняющих веществ [7]. Созданные государством рамки позволяют увеличивать генерацию инноваций, которых позволяют снизить количество выбросов и, следовательно, уменьшить стоимость продукции. В США, на уровне отдельных штатов были введены стандарты «энергетического портфолио» (Renewable Portfolio Standards, RPS) и стандарты чистой энергетики (Clean Energy Standards, CES), которые способны аналогично воздействовать на инновационное развитие крупных энергетических компаний стандарты. Они позволяют определить минимальную долю энергии, полученной от чистых источников энергии, в общем количестве произведенной энергии. Компании, занимающиеся генерацией, за каждую единицу произведенной чистой энергии получают сертификаты. В конце отчетного периода компания сдаёт государству определенное количество сертификатов, необходимое для выполнения требований стандарта. А оставшиеся излишки сертификатов, по усмотрению руководства, могут быть проданы другим компаниям.

### 1.1.1 Схема двустороннего учета электроэнергии Net Metering

Схема Net Metering впервые введена в США еще в начале 1980-х гг. К настоящему времени в том или ином виде ее реализуют 43 штата, а также Вашингтон (округ Колумбия) [7]. На федеральном уровне схема Net Metering была закреплена в 2005 г. в рамках акта (закона) об энергетической политике (ст. 1251), согласно которому все публичные коммунальные электрические компании обязаны создать необходимые условия, чтобы у потребителей была возможность поставки избытков электроэнергии в сеть по схеме двустороннего учета.

Схема Net Metering является одной из самых распространенных систем двустороннего учёта электроэнергии в США. Она позволяет генерирующим компаниям покупать электроэнергию у своих же потребителей. Крупные генерирующие и распределительные компании используют её для достижения необходимых показателей по выработке возобновляемой энергетики [7]. Данная

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

схема позволяет клиентам, при подключении к общей сети, за счёт собственной генерации энергии (малые ветрогенераторы ил солнечные панели) компенсировать потребление электричества.

При этом измерительные электросчётчики позволяют выполнять измерения как при потреблении электроэнергии от сети, так и в обратном направлении. Такое устройство счётчиков позволяет потребителю заключать взаиморасчёты со снабжающей компанией, учитывая в них количество произведенной отданной в сеть энергии. Схема Net Metering предусматривает получение владельцем установки на основе ВИЭ получение кредита по розничной цене на величину большей и равной выработанной энергии. При этом потребитель может использовать данный кредит на свои нужды в период недостаточной выработки электроэнергии для своих нужд или же получить денежную компенсацию за произведенную энергию. Деньги за избыточную электроэнергию потребителю рассчитываются по разным схема, что зависит от штата. Также стоит отметить, что некоторых штаты совсем не выплачивают денежных компенсаций потребителям.

Схема Net Metering впервые введена в США еще в начале 1980-х гг. К настоящему времени в том или ином виде ее реализуют 43 штата, а также Вашингтон (округ Колумбия) [7]. На федеральном уровне схема Net Metering была закреплена в 2005 г. в рамках акта (закона) об энергетической политике (ст. 1251), согласно которому все публичные коммунальные электрические компании обязаны создать необходимые условия, чтобы у потребителей была возможность поставки избытков электроэнергии в сеть по схеме двустороннего учета.

Большинство установок, работающих по данной схеме в США, — это фотоэлектрические панели (кремниевые и тонкопленочные) и малые ветроустановки. Рост объема мощностей и количества установок подтверждает эффективность схемы Net Metering (рис. 2). По состоянию на май 2016 г. в Соединенных Штатах работало 1 млн солнечных установок. Также эффективность использования данной системы подтверждает тот факт, что в 2019 году

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

правительство США приняло решение о усовершенствовании данной системы для возможности подключения к системе установок на других источниках генерации альтернативной энергии. Также в рамках доработки системы Net Metering планируется установление единого для всех штатов тарифа на использования системы. Доработку планируется завершить к концу 2019 года.

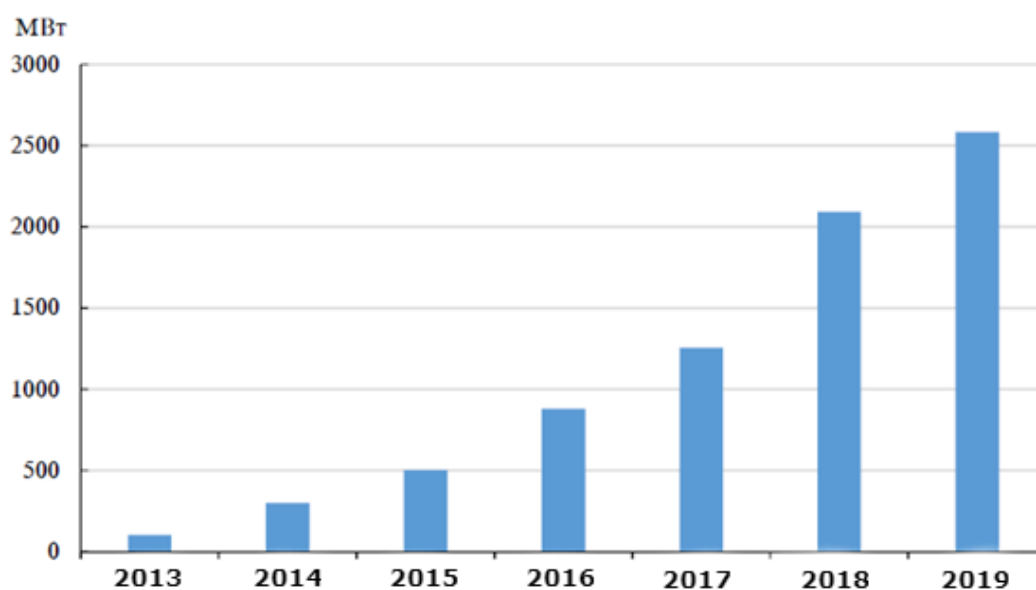


Рисунок 2 — Годовые объёмы установки систем ВИЭ в США [7].

### 1.1.2 Схема «виртуальный счетчик»

Дополнительной мерой стимулирования микрогенерации в США является схема «виртуальный счетчик». Благодаря данной схеме владельцы квартир или домов, которые не могут установить объекты генерации на своей собственности из-за природных или технических факторов могут тоже получать выгоду от микрогенерации. Согласно схеме «виртуальный счетчик» в квитанциях жителей многоквартирных домов учитывается выработанная электроэнергия от устройств ВИЭ, установленных на общедомовой площади (крыша многоквартирного дома. Также, граждане, проживающие в многоквартирном доме, могут подписать договор на получение энергии от ближайшей генерирующей установки, которая находится вне пределов собственности гражданина. Есть случаи, когда группы

жильцов многоквартирных домов становились собственниками объектов микрогенерации до 2 МВт. Зачастую такими собственниками являются группы потребителей, дома которых расположены в сельской местности, и при этом они являются клиентами одной генерирующей и распределительной компании.

### 1.1.3 Схема подключения потребителей к общим сетям

На примере зарубежного сетевого оператора Rocky Mountain Power, обеспечивающего надежное снабжение электроэнергией потребителей в различных штатах США, рассмотрим процедуру подключения потребителя по схеме Net Metering. Стоит также отметить, что данная компания работает исключительно с фотоэлектрическими панелями, которые популярны в Соединенных штатах. Согласно заявлениям компании, процесс подключения к сети является достаточно продолжительным (длится в течение 70-ти дней) и состоит из нескольких основных этапов (см. рис. 3).

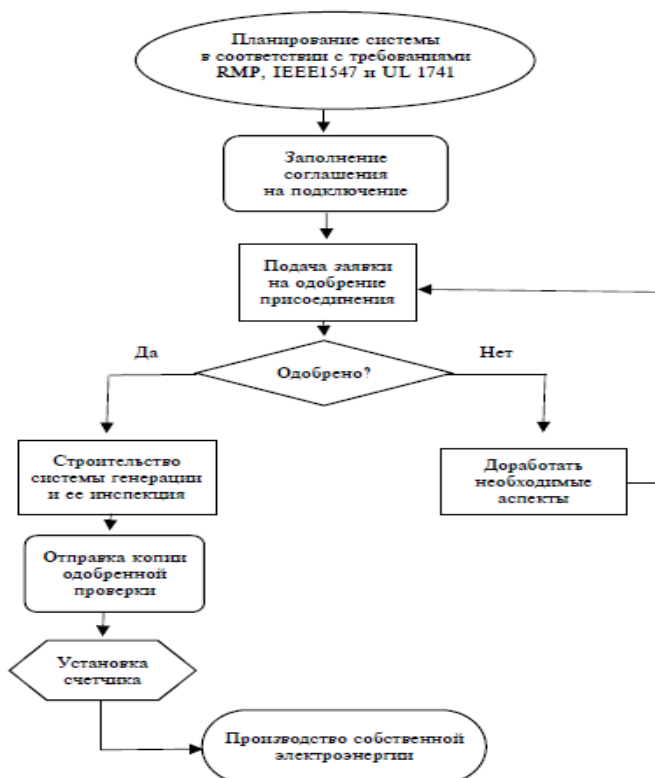


Рисунок 3 — Блок схема подключения объектов генерации к общей сети.

– Планирование системы.

На этапе планирования компания предлагает клиенту ознакомиться с брошюрами, доступными для скачивания на официальном сайте компании, в которых представлены типовые решения от компании производителя. Также в обязательном порядке, клиент информируется о государственных требованиях, которые обязаны соблюдаться при подборе и установке оборудования:

- солнечные панели и инверторы должны соответствовать стандартам IEEE 1547 и UL 1741;
- остальная часть установки должна соответствовать Национальному электрическому кодексу (NEC) и всем локальным правилам штата и муниципалитета (требования по размещению оборудования, его освещению и оснащению сигнальными устройствами и т. д.).

Общие технические требования к системе распределенной генерации включают требования:

- по заземлению;
- режимам изолированной работы;
- для обеспечения изолированной работы части системы у персонала компании Rocky Mountain Power должен быть беспрепятственный доступ к выключателю потребителя.

Кроме того, клиентам предлагается перечень сертифицированных компаний, осуществляющих планирование энергосистем и расчет их оптимальной мощности.

– Подача заявки на получение разрешения на установку и присоединение энергосистемы к сети.

Перед тем, как выдать выдачей разрешение на инсталляцию и подключение осуществляется проверку технической совместимости с оборудованием, необходимым для функционирования системы, а также проверка дизайна установки на соответствие всем требованиям. При выявлении несоответствий проект дорабатывается. Из-за этого может изменяться бюджет проекта и сроки

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

рассмотрения заявки необходимости проект дорабатывается, поэтому его бюджет может изменяться. Длительность данного этапа может составлять до 30 рабочих дней.

– Установка фотоэлектрической системы.

После того как получено одобрение и соответствующее разрешение на присоединение, потребитель может начинать процесс установки оборудования.

– Проверка фотоэлектрической системы.

Проверка осуществляется специализированным местным органом по окончании процесса установки. После успешного окончания проверки и подписания необходимых документов компания Rocky Mountain Power в течение 10 рабочих дней устанавливает измерительные приборы для двустороннего учёта электроэнергии. Электроэнергия от системы может подаваться в сеть сразу после установки приборов учёта.

В процессе рассмотрения порядка подключения установок генерации к общим сетям стоит уделить внимание соответствию всей установки стандартам института инженеров электротехники и электроники (IEEE) — IEEE 1547 и UL 1741.

Сфера регулирования стандартов серии 1547 распространяется на присоединение к распределенной сети источников РГ мощностью до 10 МВ·А, а с недавнего времени и установок мощностью более 10 МВ·А.

Стандарт UL-1741 регламентирует требования к специальному оборудованию, входящему в фотоэлектрические системы: контроллерам заряда, инверторам, конверторам и т. д.

Тип присоединения источника генерации и класс напряжения в распределительной сети стандартами не регламентируются, на котором возможно присоединение стандартами не регламентируется.

Таким образом, проанализировав процесс подключения к общей сети устройств микрогенерации осуществляется в соответствии со строгим регламентом. В регламенте нет требований на установку оборудования определенных компаний,

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

но в свою очередь есть протекция на использование услуг сертифицированных компаний при проектировке и установке объектов микрогенерации.

Эти факторы создают условия для развития национального сектора экономики за счёт обеспечения спроса на высокотехнологичное оборудование и услуги квалифицированных специалистов, что ведёт к развитию бизнеса внутри страны и созданию новых рабочих мест. [7].

## 1.2 Меры стимуляции микрогенерации в России

В России направлении генерации электроэнергии за счёт возобновляемых источников энергии не имеет под собой продуманной законодательной базы, что сдерживает темпы развития данных технологий в промышленности и спроса среди населения страны. Действующее законодательство регламентирует механизмы подключения к общим сетям только крупных объектов на базе ВИЭ и никак не регулирует процессы, относящиеся к малой генерации и микрогенерации за счёт альтернативных источников. [6].

В то же время, многие крупные потребители и промышленные предприятия рассматривают вариант собственной микрогенерации генерации, как механизм, позволяющий снизить затраты и решить проблемы с подключением потребителей к энергосети.

В сложившей ситуации для устранения пробелов в нормативно правовом поле по поручению заместителя председателя правительства РФ Андрея Дворковича (№ АД-П9-776 от 11.02.2017 г.) с 2017 года ведется активная работа по разработке законопроекта вносящего поправки в федеральный закон № 35-ФЗ «Об электроэнергетике».[2] Данные поправки способствуют стимулированию развития микрогенерации на основе возобновляемых источников энергии, собственниками которых являются потребители энергии, в т.ч. физические лица.

Т.к. данный законопроект находится в стадии разработки и утверждения в правительстве РФ, то анализ ситуации вокруг него затрудняется в связи с отсутствием достоверной информации. Поэтому при анализе мной были

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

использованы соответствующие материалы из государственных газет и информационных порталов.

Исходя из полученной информации можно сделать несколько тезисов относительно грядущего законопроекта:[4]

- В проекте соответствующего закона под микрогенерацией понимается генерирующие установки мощностью до 15 кВт;
- Из рассмотрения в проекте исключены многоквартирные дома, т.е. жители МКД не смогут воспользоваться поправками в закон для генерации электроэнергии. Это связано со сложностями юридического оформления подобных установок на территории МКД. Таким образом, основной целевой аудиторией данного законопроекта является дачный сектор и собственники индивидуальных жилых домов;
- Установка двух тарифных счётчиков будет происходить за счёт заявителя на подключение;
- В законе устанавливается обязательность выкупа гарантирующим поставщиком энергии, полученной от источника микрогенерации ВИЭ;
- Цена купли-продажи энергии будет равна средней цене на электрическую энергию на оптовом рынке. По подсчётам специалистов на 2019 год она будет составлять 3,2-3,5 рублей на кВт\*ч.(для Челябинской области). Также из платы за энергию, поставленную объектом микрогенерации в сеть, будет изъят сетевой тариф на передачу и сбытовая надбавка.

Доход физического лица, полученный в результате реализации излишков электрической энергии, производимой для собственных нужд своего домохозяйства, не подлежит налогообложению. Но стоит отметить, что при этом физическое лицо не должно иметь дохода свыше 150 тысяч рублей в год [3]. Данное нововведение позволит избавиться от необходимости регистрировать физическое лицо как индивидуального предпринимателя. Что способствует привлечению населения к возможности самостоятельной генерации. По информации пресс-

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16



службы Минэкономразвития. Скорее всего, льготный период ограничат пятилетним периодом, то есть он будет действовать до 2023 года.[3]

Формулировка проекта не ограничивают обязанности использования ВИЭ, чтобы считаться объектом микрогенерации. Следовательно, граждане смогут устанавливать генераторы и на ископаемых видах топлива, получив право продавать излишки выработки гарантирующим поставщикам. За счёт этого нововведения многие дизельные объекты генерации смогут покрыть расходы на топливные ресурсы, что способствует снижению срока окупаемости установок.

Законопроект не предполагает никаких требований по локализации оборудования для микрогенерации. Следовательно, потребитель будет сам оценивать все экономические составляющие и определять какое оборудование ему лучше подходит. Стоит отметить, что отсутствие требований по локализации совместно с установкой сверху цены на куплепродажу оборудования создаёт условия для развития на рынке конкуренции среди поставщиков оборудования для микрогенерации.

### 1.3 Перспективы развития микрогенерации в России

В свою очередь дальнейшая политика государства в области субсидирования отечественных моделей оборудования способствует развитию научной и экономической сферы в вопросе ВИЭ.

Ведь до сих пор ВИЭ-генерация была эффективна только на изолированных территориях, закупающих дорогое дизельное топливо. Теперь же применение «зеленой» генерации может существенно расшириться в большинстве регионов страны. Особенно там, где есть хороший доступ к солнечной энергии, — на Северном Кавказе, Алтае, в Сибири, Забайкалье и на Дальнем Востоке.

Также по оценкам экспертов из Министерства энергетики солнечные батареи в РФ имеют больше перспектив, чем ветряные установки, поскольку у страны пока нет дешевых российских аналогов.

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

По оценкам аналитиков норвежской SEB. Общий потенциал частных ВИЭ может достигать 80 ГВт мощности в расчете на нынешние 17 млн домовладений.

При средней стоимости солнечной установки на 330 Вт в 10 тыс. рублей для выработки 15 кВт потребуется порядка 45 панелей. С учетом установки их стоимость составит около 500 тыс. рублей. При тарифе на покупку электричества в 1,5–1,7 рубля за киловатт владелец такой электростанции сможет получать до 90 тыс. рублей ежегодного чистого дохода. [4]

Таким образом, инвестиция окупится как минимум за пять лет в Южном федеральном округе, где пасмурных дней меньше, и за 7–8 лет в регионах Поволжья и Сибири.

Обобщая лучшие зарубежные практики государственного стимулирования микрогенерации и опыт стандартизации процедуры подключения к общей сети, рекомендации и предложения по устранению барьеров и развитию микрогенерации в России могут быть сформулированы следующим образом:

1. Под микрогенерацией ВИЭ следует понимать генерирующие объекты с установленной мощностью до 30 кВт (вместо 15 кВт).
2. Включать в рассмотрение при использовании микрогенерации (объекты солнечной энергетики) многоквартирные дома, с возможностью для них производить взаиморасчеты с электроснабжающей организацией по схеме «виртуальный счетчик».
3. Предусматривать дополнительные меры финансового стимулирования развития микрогенерации ВИЭ, в частности предоставление физическим лицам, приобретающим и устанавливающим сертифицированное российское оборудование, имущественного налогового вычета на сумму, равную стоимости приобретенного оборудования и услуг по его установке.
4. Признать использование ВИЭ природоохранной (развернутое обоснование дано в [18]) и (или) энергосберегающей деятельностью с установлением соответствующих льгот (например, по налогу на имущество) для

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

физических лиц, осуществляющих деятельность в сфере использования ВИЭ.

5. Предоставлять право оказывать технологическое подключение объектов малой генерации исключительно сертифицированным компаниям, работающим преимущественно с российскими производителями оборудования (солнечных панелей, ветрогенераторов).

Одним из нерешенных вопросов стимулирования развития микрогенерации на основе ВИЭ на настоящий момент является слабая заинтересованность сетевых компаний в подключении объектов малой энергетики. Для исправления данной ситуации предлагается внести изменения в п. 5 ст. 41 Федерального закона № 35-ФЗ «Об электроэнергетике», обязующий сетевые организации осуществлять компенсацию потерь в электрических сетях, в первую очередь, за счет приобретения электрической энергии, произведенной на основе использования возобновляемых источников энергии. В действующей редакции закона предусматривается закупка электроэнергии для компенсации потерь только у квалифицированных генерирующих объектов, а процедура получения квалификации слишком сложна для малых и микроисточников ВИЭ. Поэтому предлагается упразднить процедуру квалификации таких генерирующих объектов, технологически присоединенных к общей сети с соблюдением выданных сетевой организацией технических условий на технологическое присоединение и порядок выдачи электрической энергии (мощности) в электрическую сеть. По моему мнению, данное предложение является разумным с той точки зрения, что оно не требует кардинальных изменений в работе сетевых организаций, однако пока достаточно трудно прогнозировать, насколько действенными окажутся

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

## 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ МИКРОГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ВИЭ

На данный момент в РФ самыми популярными источниками альтернативной энергии являются энергия ветра и энергия солнечного излучения. Это подтверждает не только покупательский спрос на данные установки для комплексов промышленных и локальных масштабов, но и политика государства. Согласно отчёту по развитию альтернативных источников энергии на территории нашей страны в период с 2014 по 2019 должно быть построено 1154 МВт СЭС и 191 МВт ВЭС. А заявки на строительство СЭС и ВЭС представляют 95% и 16% соответственно от общего количества поданных заявок на строительство объектов до 2020 года. Данные цифры позволяют сделать вывод, что в ближайшие годы именно технологии ветроустановок и солнечных электростанций представляют наибольшую актуальность для развития альтернативной энергетики среди населения страны. В связи с этим в ходе работы были рассмотрены некоторые технологии, классификации из области солнечной и ветровой энергетики. [10]

### 2.1 Использование энергии солнца для микрогенерации электрической энергии

Солнечная энергия преобразуется в энергию электрическую с помощью солнечных фотоэлектрических установок, действие которых основано на явлении фотоэффекта. Солнечные элементы (СЭ) или фотоэлементы, служат для пространственного преобразования зарядов и создания ЭДС в полупроводниковом переходе. Современные фотоэлементы (рис. №) практически полностью основаны на кремнии. Наиболее распространены кристаллические фотоэлементы. Они обычно имеют синий цвет с отблеском. Аморфные и некристаллические имеют гладкий вид и в зависимости от угла зрения меняют цвет. Монокристаллический кремний имеет лучшие характеристики, чем поликристаллический, но дороже его. Аморфный кремний обладает значительно худшими характеристиками и применяется в основном в небольших несилевых приборах (часы, калькуляторы) [10].

Мощность солнечных элементов, как правило, небольшая, и составляет в среднем 0,7–0,75 Вт. Для получения большей мощности СЭ соединяют между

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

собой последовательно, образуя солнечные модули (СМ), которые далее могут собираться в солнечную батарею (СБ). Необходимо учитывать, что при последовательном соединении элементов неизбежны потери мощности. Коэффициент  $\eta_{AP}$ , учитывающий эти потери принимается в расчетах равным 0,95–0,99. Коэффициент, определяющий потери энергии при передаче ее к потребителю (потери в инверторе, зарядном устройстве и др.) составляет  $\eta_{AE}=0,9$ .

Форма солнечных элементов может быть прямоугольной, квадратной, а также псевдоквадратной или псевдокруглой. Форма определяет коэффициент заполнения площадки солнечного модуля. Для прямоугольных и квадратных и псевдоквадратных СЭ этот коэффициент равен  $K_{зан}=0,95–0,99$ ; для круглых  $K_{зан}=0,85$ .

К.П.Д. преобразования солнечных лучей в электрическую энергию зависит от материала солнечного элемента, его многослойности и температуры окружающей среды. Для однослойных кремниевых монокристаллических СЭ  $\eta_K$  составляет 10–15 %, для поликристаллических СЭ  $\eta_K=8–12$  %, для аморфного кремния  $\eta_K=6–8$  %. Температура окружающей среды определяется периодом года. Для условий Южного Урала она составляет: для марта и октября +5 °С, для апреля, сентября +10 °С, мая +15 °С, июня, июля, августа +20 °С [10].

Мощность СЭ может быть определена из вольт-амперной характеристики (ВАХ). ВАХ солнечного элемента, (модуля, батареи) – это зависимость между током нагрузки и напряжением на клеммах солнечного фотоэлектрического элемента при постоянных значениях температуры солнечных элементов и интенсивности поступающего солнечного излучения (рис.4).

На ВАХ солнечного элемента можно выделить две характерные точки:

1. Точка холостого хода, когда напряжение максимальное, равно напряжению холостого хода ( $U=U_{max}=U_{x.x.}$ ). При этом ток равен  $I=0$ ;
2. Точка короткого замыкания ( $U=0$ ;  $I=I_{max}=I_{к.з.}$ ).

Мощность солнечного элемента определяется произведением  $P=UI, Вт$ .

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

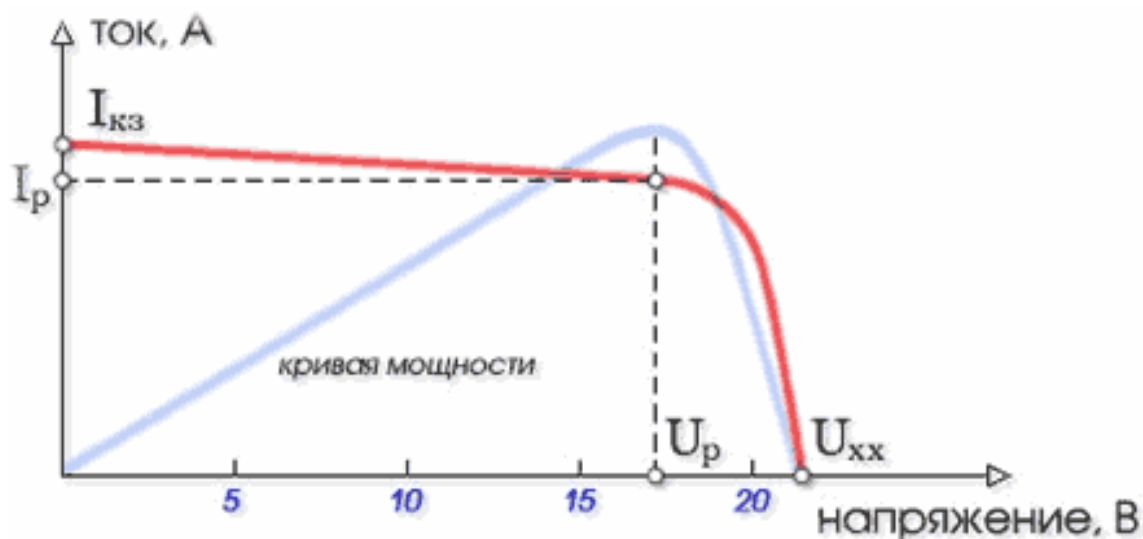


Рисунок 4 — Вольт-амперная характеристика солнечного фотоэлемента

## 2.2 Использование энергии ветра для микрогенерации электрической энергии

Использование солнечных панелей требует больших площадей покрытия поверхности и зачастую невозможно в городах с высотной застройкой. Поэтому при выборе установки для генерации энергии в условиях города стоит также уделить внимание ветроэнергетическим установкам.

Ветер – это перемещение воздушных масс относительно поверхности земли в результате неравномерного нагрева и перераспределения атмосферного давления. Основными характеристиками ветра являются его направление и средняя скорость за определенный период времени.

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) малой мощности предназначены для автономного и резервного электроснабжения [10].

Наибольшее распространение получили горизонтально-осевые ветроэнергетические установки (рис. 4), так называемые, пропеллерные установки (более 90 %), а их серийным выпуском занимаются более 100 фирм.



Рисунок 4 — Горизонтально-осевая ветроустановка [10]

Вертикально-осевые ВЭУ (рис 5) были изобретены позже горизонтально-осевых пропеллерных и до недавнего времени не использовались поскольку считалось, что у данных установок малая быстроходность. Но дальнейшие исследования в области установок с вертикальной осью вращения ротора показали возможность, что установки, основанные на роторе Дарье, имеют коэффициент использования энергии ветра практически на уровне горизонтально-осевых пропеллерных ВЭУ.



Рисунок 5 — Вертикально-осевая ветроустановка[10]

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Основной вращающей силой у колес горизонтально-осевого типа является подъемная сила. Наибольшая эффективность горизонтальных пропеллерных ветроэнергетических установок достижима только при условии обеспечения постоянной коллинеарности оси ветроколеса и направления ветра. Необходимость ориентации на ветер требует наличия в конструкции ветроэнергетической установки механизмов и систем ориентации на ветер для непрерывного слежения за ветровой обстановкой, поиска направления с максимальным ветровым потенциалом, поворота ветроколеса в этом направлении и его удержания в таком положении. Наличие в конструкции ветроэнергетической установки системы ориентации на ветер само по себе усложняет ветроагрегат и снижает его надежность (по данным опыта эксплуатации зарубежных ВЭУ этого типа до 13 % общего количества отказов приходится на системы ориентации).

При быстром изменении направления ветра, ветроколесо должно четко отслеживать эти изменения, но практически невозможно эффективно ориентировать ветроколесо при изменении направления ветра из-за запаздывания действия механизмов ориентации. Ветроэнергетические установки с горизонтальной осью вращения обеспечивают стабильную мощность, снимаемую с ветроколеса, при скорости ветра не меньше номинальной.

Однако практика использования автономных электростанций показывает, что реально вырабатываемая электроэнергия оказывается меньше расчетной, причем потери электроэнергии могут достигать 50 % [9]. Причиной этого является уменьшение мощности, а соответственно и энергии, передаваемой ветроколесом при изменении направления ветра даже при достаточной его скорости. Таким образом, ветроколесо не может мгновенно переориентироваться на новое (изменившееся) направление ветра, и за период переориентации мощность, снимаемая с ветроколеса, уменьшается.

К конструктивным недостаткам ветроэнергетических установок с горизонтальной осью вращения относится то, что система ориентации разрывает жесткую связь между гондолой (корпусом ветроагрегата) и опорной башней

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



горизонтально-осевой пропеллерной ВЭУ, что обуславливает появление автоколебаний и различий в частотных характеристиках подвижной и неподвижной частей конструкции, что, в конечном счете, снижает надежность и увеличивает амортизационные издержки.

При частой смене направления ветра вертикально-осевые ветроэнергетические установки оказываются эффективнее горизонтально-осевых ветроустановок, несмотря на более низкий коэффициент использования мощности ветра [10].

Ветроколесо с вертикальной осью вращения вследствие своей геометрии при любом направлении ветра находится в рабочем положении. Эффективность работы вертикально-осевых ветроэнергетических установок принципиально не зависит от направления ветра, в связи с этим нет необходимости в механизмах и системах ориентации на ветер.

Теоретически доказано, что коэффициент использования энергии ветра идеального ветроколеса горизонтальных пропеллерных и вертикально-осевых установок равен 0.593. К настоящему времени достигнутый на горизонтальных пропеллерных ветроэнергетических установках коэффициент использования энергии ветра составляет 0.48. Проведенные экспериментальные исследования российских вертикально-осевых установок показали, что достижение значения 0.4–0.45 – вполне реальная задача. Таким образом, коэффициенты использования энергии ветра горизонтально-осевых пропеллерных и вертикально-осевых ветроэнергетических установок близки [10].

Преимуществом вертикально-осевых ветроэнергетических установок является возможность размещения генератора и мультипликатора на фундаменте установки и исключения угловой передачи крутящего момента. Это позволяет отказаться от мощной, вероятнее всего многоступенчатой угловой передачи крутящего момента, упростив требования к пригодности монтажа оборудования (исключить ограничения по габариту и массе) и к условиям эксплуатации (отсутствие толчков и вибраций). При размещении оборудования на фундаменте значительно

улучшаются условия его монтажа и эксплуатации, упрощается передача вырабатываемой электроэнергии.

Сравнение рассмотренных типов ветроэнергетических установок позволяет заключить следующее. В горизонтально-осевых пропеллерных ветроэнергетических установках избегают вводить угловую передачу и размещают оборудование во вращающейся гондоле. При этом неизбежны сложности в связи с повышением требований к монтажепригодности оборудования, условиям его эксплуатации, а также при организации подъема оборудования и его эксплуатации в верхнем положении. Немало трудностей вызывает и передача электроэнергии от вращающегося вместе с гондолой генератора. Для того чтобы избежать скручивания силовой шины, необходимо ограничивать поворот гондолы, вводить коллекторную передачу либо отсоединять и раскручивать шину. Во всех этих случаях в конструкцию ветроустановки вводятся дополнительные устройства, усложняющие ее.

В горизонтальных пропеллерных ветроэнергетических установках удачно используются достижения авиационной техники, в частности в области проектирования лопастей, систем управления углами их установки, трансмиссий. Следовательно, есть все основания полагать, что эти установки достаточно отработаны и их надежности может быть дана высокая оценка. Тем не менее, очевидно, что после отработки конструкции вертикально-осевые ветроэнергетические установки обещают более высокую надежность. Основаниями для такого вывода являются значительное упрощение их конструкции, снижение уровня требований к изготовлению трансмиссий, упрощение условий монтажа и эксплуатации и т. п. Это обусловлено следующими особенностями вертикально-осевых установок: отсутствие механизмов и систем управления поворотом гондолы на ветер, размещение генератора и мультипликатора на фундаменте, отсутствие необходимости в устройствах и системах управления углом установки лопастей, отсутствие проблем с передачей электроэнергии от генератора.

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Тихоходные вертикально-осевые ветроэнергетические установки, с точки зрения воздействия на окружающую среду, имеют следующие преимущества перед быстроходными горизонтальными пропеллерными: [9]

- все уровни аэродинамических и инфразвуковых шумов гораздо ниже;
- меньше теле- и радиопомехи;
- меньше радиус разброса обломков лопастей в случае их разрушения и менее вероятно саморазрушение;
- ниже вероятность столкновения лопастей с птицами.

### 2.3 Проектировании СЭС для микрогенерации в РФ

Говоря об установках микрогенерации в России, нельзя не упомянуть один широко известный случай создания электрической генерирующей установки на основе возобновляемых источников энергии. Автор данного проекта реализовал идею солнечной станции, которая способна обеспечивать весь его жилой дом энергией, а излишки электроэнергии отдавать в общую сеть. В этом и заключается уникальность данной установки, т.к. на 2019 год она является единственной установкой на территории РФ, у которой счётчик крутится в обе стороны [5].

Отдельно стоит поговорить об этапах проектирования и реализации задумки обычного жителя города Калининграда в жизнь.

На первом этапе в голову пришла идея реализоваться дома с нулевым потреблением. Причем у собственника жилья не было цели заработать на своём проекте, т.к. его дом был подключен к общей сети в городе Калининград и проблем с электричеством никогда не было. Только в случаях аварийных отключений.

Первым этапом создания солнечной станции был сбор информации о технологиях доступных на рынке для воплощения идеи в жизнь. Т.к. микрогенерация электроэнергии в РФ не сильно распространена, то было принято решение ориентироваться на немецкие примеры действующих электростанций. Было изучен процесс реализации проекта постройки солнечной электростанции в Германии, т.к. расположение и климатические условия Калининградской области

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

схожие по параметрам с Германией. В Германии физические лица используют установки на солнечной энергии в качестве способа экономии на электроэнергии и последующего заработка на продаже электроэнергии государству. Всё благодаря грамотной политике государства в вопросе микрогенерации электроэнергии населением страны. Под эти цели людям даже выделяются кредиты, которые позволяют справиться с проблемой первоначальных вложений. Более подробно о мерах стимуляции рассказано в 1 главе данной работы. [5]

Для полной автономии работы системы питания дома на основе солнечных панелей необходимы следующие элементы (см. рисунок 5):

1. Солнечные панели;
2. Инвертор;
3. Контроллер;
4. Аккумуляторы;
5. Потребители;

Данный набор элементов является типичным для любой установки генерации на основе ВИЭ. В зависимости от различных факторов конструкция установки может дополняться трекерами для слежения за солнцем, электрическими приводами для совершения механической очистки панелей от снега, и т.п.

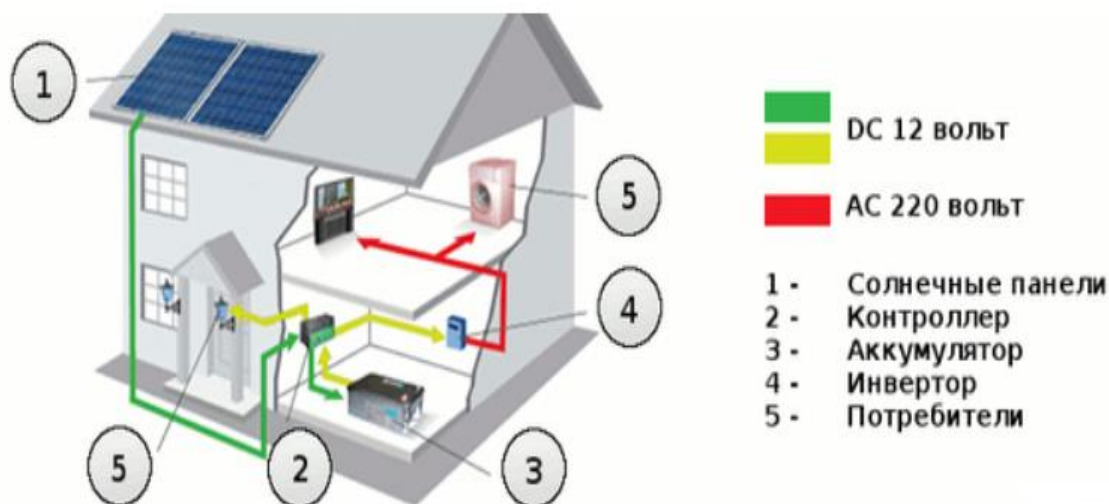


Рисунок 5 — Элементы системы солнечной электростанции [5]

Солнечные батареи подключаются к Инвертору, который из постоянного напряжения делает переменные 220В. Инвертор подключается к контроллеру. контроллер выполняет ключевую распределительную роль. К нему подключается

инвертор от солнечных батарей, к нему подключаются аккумуляторные батареи и к нему подключается городской электрический кабель. И именно контроллер выдает в дом 220В для использования.

Данная система работает следующим образом. Если есть достаточное солнце, Контроллер использует солнце, если солнца нет или недостаточно, он добирает электричество из аккумуляторов, если они пусты, подключает городской источник электричества. Если солнца больше чем нужно дому, Контроллер направляет электричество на зарядку аккумуляторов. Если они заряжены, он направляет излишки электричества в город [5].

После выбора элементов системы необходимо посчитать энергопотребление жилого дома, учитывая мощность всех энергопотребителей и среднее время их работы.

Также для приблизительного подсчёта потребления электроэнергии можно воспользоваться данными из квитанций об оплате коммунальных услуг за электроэнергию от управляющей компании, обслуживающей ваш дом. Для этого достаточно показатели за месяц на количество дней, получив среднемесячное потребление, а затем проанализировать ситуацию в течение нескольких месяцев. Тем самым, получим среднее значения потребления энергии вашим домом. В итоге было получено, дом в среднем потребляет 8-10 кВт/ч в день [5].

На стадии расчётов системы необходимо уделить внимание расчёту пиковой мощности потребления вашего дома. Для этого необходимо сложить все мощности ваших электроприборов, которые могут быть одновременно включены в сеть. Пиковая мощность необходима при выборе контроллера для системы, чтобы избежать отказа оборудования в период пиковых нагрузок. Правильный выбор контроллера обеспечит безаварийное функционирование системы.

После проведения всех расчётов были выбраны 20 монокристаллических панелей китайской компании Yingli YL270C-30b с мощностью 250 Вт и КПД равным 17.2%. Конструкция панели изображена на рисунке 6. Выбор был сделан на основе необходимых вырабатываемых показателей мощности и климатических

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

условий местности, т.к. монокристаллические панели лучше работают в пасмурную погоду. В итоге установка способна вырабатывать 5 кВт/час.

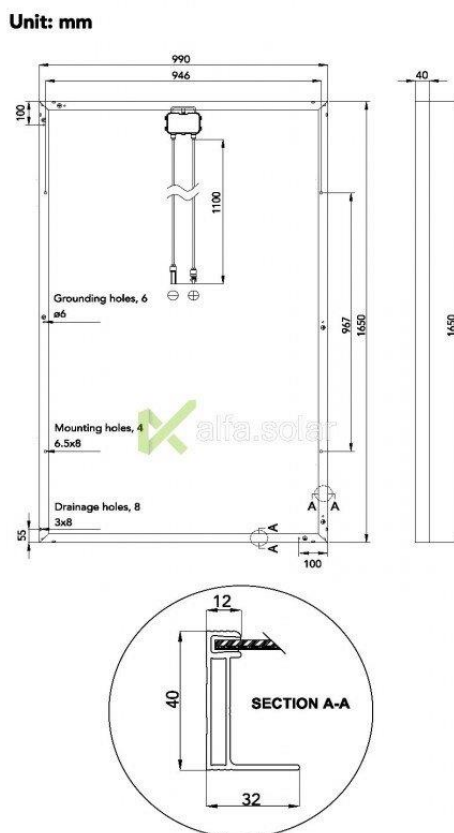


Рисунок 6 — Конструкция солнечной панели Yingli YL270C-30b [5]

Стоит отметить, что при проектировании все параметры выбирались с запасом, что повлияло на стоимость всей установки, но обеспечило безотказное функционирования всей системы в целом.

Инвертор и контроллер были выбраны исходя из пиковой нагрузки и необходимого напряжения для корректной работы системы. Выбор пал на немецкий контроллер SMA SUNNY ISLAND 6.0H и инвертор SMA SUNNY BOY 5000TL-21 изображенные на рисунках 7 и 8.

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30



Рисунок 7 — Контроллер SMA SUNNY ISLAND 6.0H [5]



Рисунок 8 — Инвертор SMA SUNNY BOY 5000TL-21[5]

Следующий этап — выбор подходящего аккумулятора. Долговечность аккумулятора напрямую зависит от глубины разрядки. Если разряжать его не более чем на 30%, то проживут они 1800 циклов, это примерно на 5 лет. Но если

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

разряжать на 100%, то проживут они всего 350 циклов, т.е. 1 год. Исходя из того, что дому для полноценно функционирования необходимо 10 кВт/час энергии в день. Был принято решение создать запас энергии на 2 дня непрерывной работы на случай аварийной ситуации, т.е. необходима система из аккумуляторов на 20 кВт/час энергии. В итоге в установке стали использоваться 8 гелиевых аккумуляторов MHB MNG200-12, изображенные на рисунке 9. [5]



Рисунок 9 — Аккумулятор MHB MNG200-12.

После того как была готова схема подключения и выбрано оборудование начался этап сборки всей системы. В ходе монтажа установка обзавелась устройствами для безопасного использования: противопожарным шкафом для аккумуляторов, системой вентиляции и пожаротушения, рубильником., благодаря которому возможно было обесточить солнечную станцию и переключится на питание из сети. Данное оборудование было установлено на случай аварийной ситуации. Спустя месяц монтажных работ в Калининграде, появилась солнечная электростанция для микрогенерации электрической энергии.

Стоит заметить, что накопление солнечной энергии самое сложный и дорогой процесс в системе генерации за счет возобновляемых источников энергии. Он может обходиться в 50-60% стоимости всей генерирующей установки [10].



И соответственно замена всего блока аккумуляторов не позволяет установке окупить себя за период работоспособности солнечных панелей. Техническая сложность заключается в том, что излишки вырабатываемой энергии некуда накапливать, т.к. объём АКБ ограничен. А в периоды недостаточной выработки энергии, система может функционировать не должным образом.

В итоге к хозяину установки пришла идея подключиться к общей энергосети и использовать её в качестве огромного аккумулятора, чтобы любой излишек энергии можно передавать в сеть, а при необходимости дополнительной энергии можно было бы подпитываться из сети. Тем самым заставив электрический счётчик крутиться в обе стороны.

Весь процесс подключения начался с договоренности о сотрудничестве с директором местной энергосбытовой компании «Янтарьэнерго» Михайловым Леонидом Александровичем. Задача осложнялась тем, что это был первый опыт в России по подключению установки, принадлежащей физическому лицу, к общей сети. Ситуацию облегчил тот факт, что контроллер выдает электроэнергию в сеть с напряжением 230 В, а не 220 В. В результате его не нужно повышать и можно спокойно передать в сеть, не меняя при этом оборудование на подстанциях. На выработку всех технических условий по подключению объекта ушло полгода, по истечению которых на дом был установлен сертифицированный счетчик и размыкатель для аварийных ситуаций [5]

Подключение к общей сети даёт большое преимущество для проектирования малых генерирующих станций на основе ВИЭ. Новой системе аккумуляторы используются как резервный источник питания на период аварийного отключения. Тем самым они долгое время остаются заряженными и могут прослужить в таком состоянии 10-20 лет, не требуя замены. Избыток же энергии сразу отдается в сеть. Когда энергии не хватает, то она берется от сети. Ежемесячно показания приёма и отдачи электроэнергии вычитаются, что упрощает учёт потраченной и вырабатываемой электроэнергии.

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

На данный момент микрогенерирующая установка вырабатывает 745 кВт/час энергии в месяц при потреблении 300 кВт/час. В летний период времени выработка начинается с 7 утра и заканчивается в 19 часов. Пиковая выработка энергии составляет 4 кВт/час. Диаграмма выработки электроэнергии представлена рис. 10.

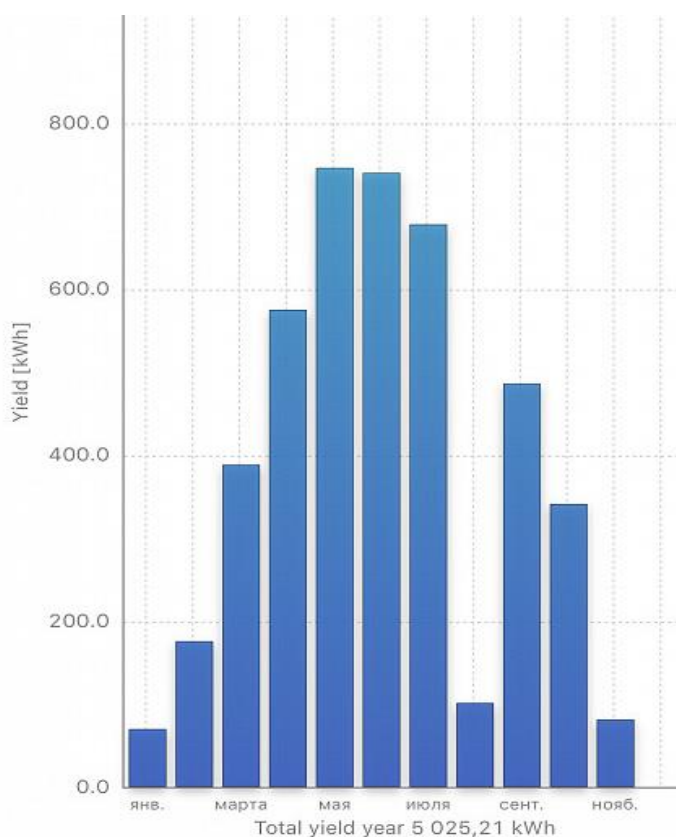


Рисунок 10 — Диаграмма выработки электроэнергии за период с января по ноябрь 2019 года [5]

В итоге получилась установка способная обеспечивать индивидуальный дом электроэнергией на 100% с января по октябрь и на 30-70% с ноября по февраль. В течении дня основная выработка солнечной энергии приходится на середину дня. А основное потребление на утро и вечер. В течение года максимум генерации приходится на лето, а зимой генерация минимальная.

Говоря о рентабельности проект, то с внедрением технологии подключение объекта к общей сети расходы на аккумуляторные батареи позволило на 50

процентов снизить расходы на эксплуатацию установки. Что касается солнечных панелей, то они долговечны при должной эксплуатации. Тем более что с каждым годом технологии в области солнечной энергетики развиваются. Совокупность данных факторов позволяет говорить о том, что подобные установки в РФ смогут достигнуть окупаемости в 10 лет, что может привести к активному спросу на установки микрогенерации в стране.

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

### 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ МИКРОГЕНЕРАЦИИ В г.ЧЕЛЯБИНСК

В России в скором времени будет введен закон о микрогенерации электрической энергии. Данное нововведение позволит потребителям устанавливать на своей территории установки, вырабатывающие электроэнергию, мощностью до 15 кВт. Тем самым потребители получают доступ к дешевому электричеству и возможности продажи излишков энергии в общую сеть по средним оптовым рыночным ценам [1].

В связи с грядущими нововведениями в сфере генерации в ходе данной работы проведено проектирование ветряной энергетической установки. В ходе выполнения проектирования упор был сделан на географические особенности местности для монтажа установки, доступность данного устройства для широкого охвата населения России, а также на простоту конструкции и ей сборки.

#### 3.1 Особенности местности для монтажа установки

Согласно пунктам проектирования установок микрогенерации, рассмотренными в подразделе 2.1 начинать работу следует с рассмотрения скоростей ветра и ландшафтных особенностей местности, на которой планируется установить объект.

Стоит отметить, что для монтажа установки выбрано место на территории принадлежащей Южно-Уральскому государственному университету в г. Челябинск. Установку предполагается разместить на потолке крыльца корпуса ЗБВ, изображенном на рисунке 11. Конструктивные особенности корпуса создают естественный тоннель, в котором большую часть года дуют сильные и средние ветра.

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36



Рисунок 11 — Корпус 3БВ  
Южно-Уральского государственного университета

Данный тоннель представляет из себя общественное пространство высотой 3,5 метра, шириной — 4 метра и длиной — 9 метров. Площадь данной пространства составляет 36 м<sup>2</sup>.

В ходе работы над дипломным проектом было проведено исследование скоростей ветра на открытой площадке рядом с университетом и скорости ветра внутри тоннеля. Исследование проводилось 2 дня, в течение которых было произведено 6 замеров скорости ветра в указанных выше местах. Измерения проводились с помощью двух мобильных анемометров UNI-T UT361, представленных на рисунке 12 [11]. Погрешность их измерения, согласно данным производителя составляет 3%. Анемометр позволяет определить скорость ветра, а также температуру воздуха, при проведении замеров.

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37



Рисунок 12 — Анемометр UNI-T UT361 [11]

Для проведения исследования были заранее выбраны некоторые ограничения: высота крыльчатки датчика анемометра составляла 2,2 метра, измерение проводилось одновременно на двух описанных площадках, расположенных на одинаковой высоте, для определения скорости ветра в различных частях тоннеля измерения проводились одновременно в конце и начале тоннеля, измерения проводились при примерно одинаковой температуре. Итоги измерений можно увидеть в таблице 1.

Таблица 1 — Исследование скоростей ветра вблизи ЗБВ корпуса

День исследования	Время исследования	Температура воздуха, °С	V ветра на открытой площадке, м/с		V ветра в начале тоннеля, м/с		V ветра в конце тоннеля, м/с	
			1	2	1	2	1	2
01.06.2019	11:00	22	2,3	2,45	2,5	2,7	2,15	2,42
01.06.2019	15:00	22	1,37	1,4	2,5	3,3	2,5	2,7
01.06.2019	19:00	22	0	0	1,9	2,1	1,5	1,7
02.06.2019	11:00	20	4	4,2	4,5	5	3,6	3,8
02.06.2019	15:00	20	3	3,2	3,5	3,8	3,2	3,4
02.06.2019	19:00	20	3	3,8	3,2	4,5	3	3,8

На основе данных из таблицы 1 были построены графики распределения скоростей ветра за период исследования с 01.06.2019 по 02.06.2019 года. Графики представлены на рисунках 13 и 14 соответственно.

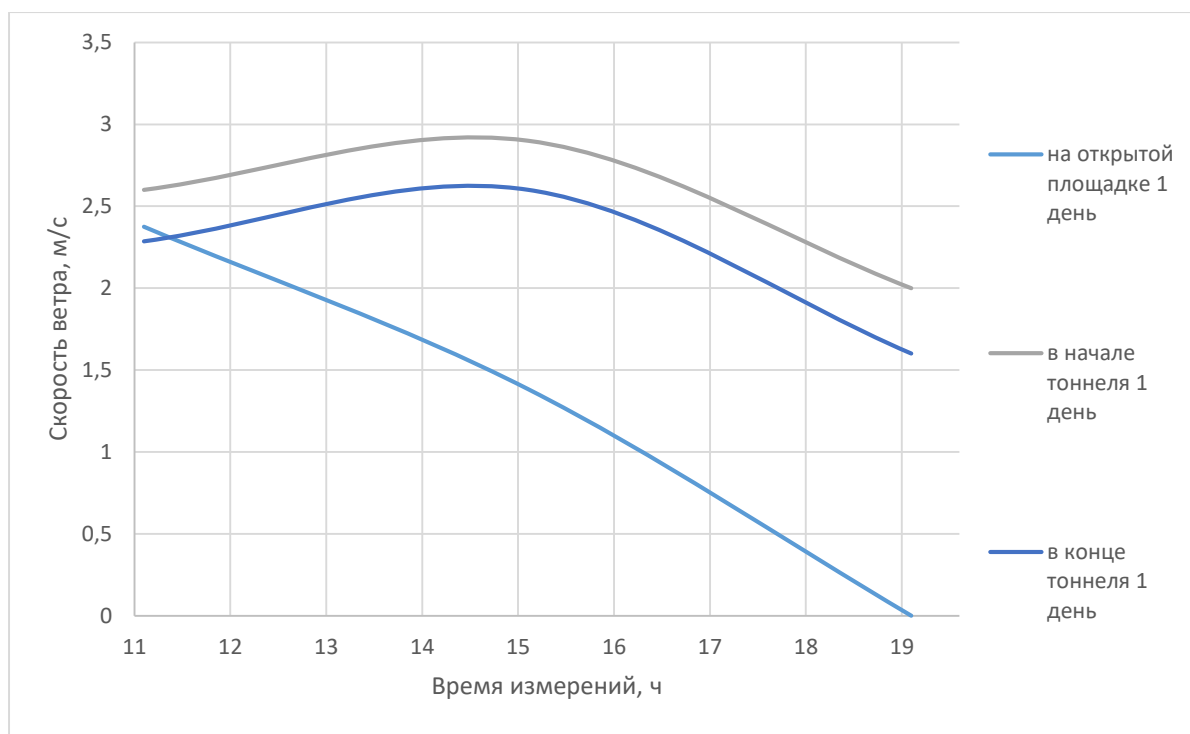


Рисунок 13 — Исследование скоростей ветра в 1 день исследования

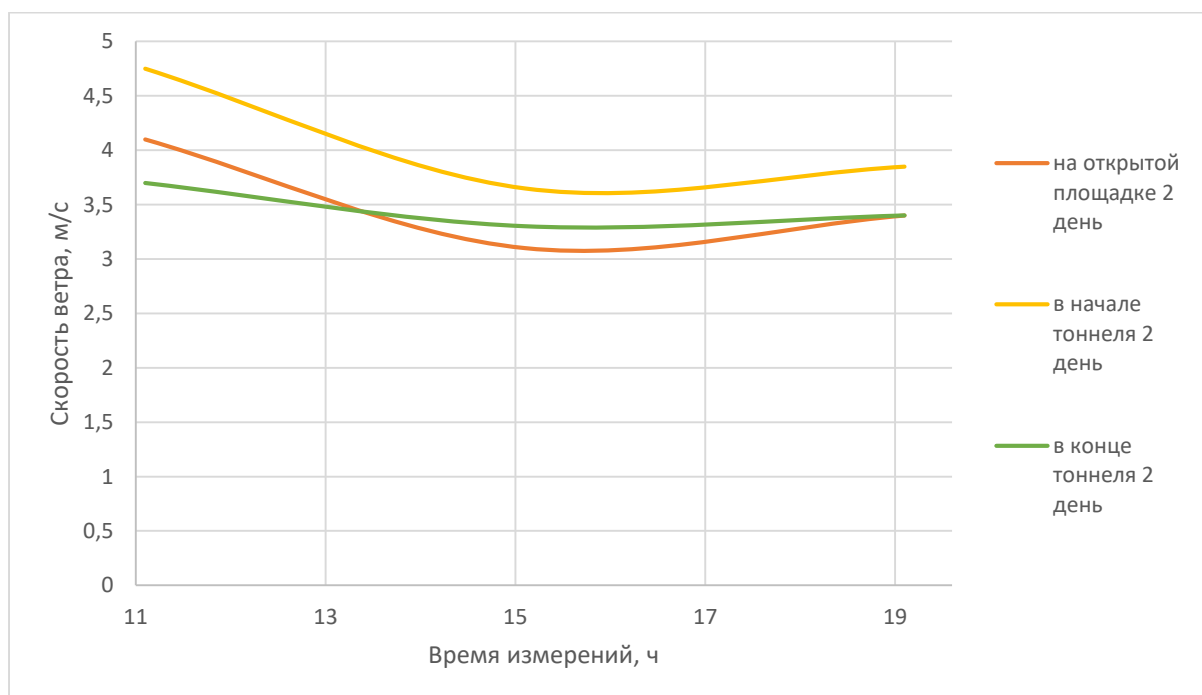


Рисунок 14 — Исследование скоростей ветра во 2 день исследования

Данное исследование позволяет установить некоторые зависимости скоростей ветра для выбранной местности. Ориентируясь на данные из таблицы 1 и графиков

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

на рисунках 13 и 14 можно сделать вывод о том, что скорость ветра внутри тоннеля выше, чем на открытой площадке на 15%, также стоит отметить что скорость ветра вначале тоннеля больше, нежели в конце тоннеля на 15%. Исходя из полученных результатов исследования можно сделать вывод, что монтаж ветрогенерирующей установки целесообразен вначале тоннеля, т.к. скорости ветра в данном участке выше. Следовательно, мощность, вырабатываемая данной установкой будет выше, нежели при других способах монтажа.

### 3.2 Описание проектируемой установки

В ходе работы разрабатывается ветряная генерирующая установка для нужд освещения заданной площадки в ночное время суток. На основе анализа технологии в области микрогенерации электроэнергии и конструктивных особенностей здания было принято решение создать горизонтально-осевую ветряную установку. Данное решение позволяет использовать энергию ветра эффективнее нежели в ситуации с вертикально-осевыми конструкциями, а также позволит не создавать препятствий для передвижения пешеходов в период работы объекта.

Ветряная установка будет состоять из следующих частей:

- 1) Ветроколесо;
- 2) Генератор переменного напряжения;
- 3) Стабилизатор напряжения;
- 4) Блок аккумуляторных батарей;
- 5) Фото-реле для управления процессом работы осветительного прибора;
- 6) Светодиодный прибор уличного освещения.

Блок схема проектируемой установки представлена на рисунке 15.

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40



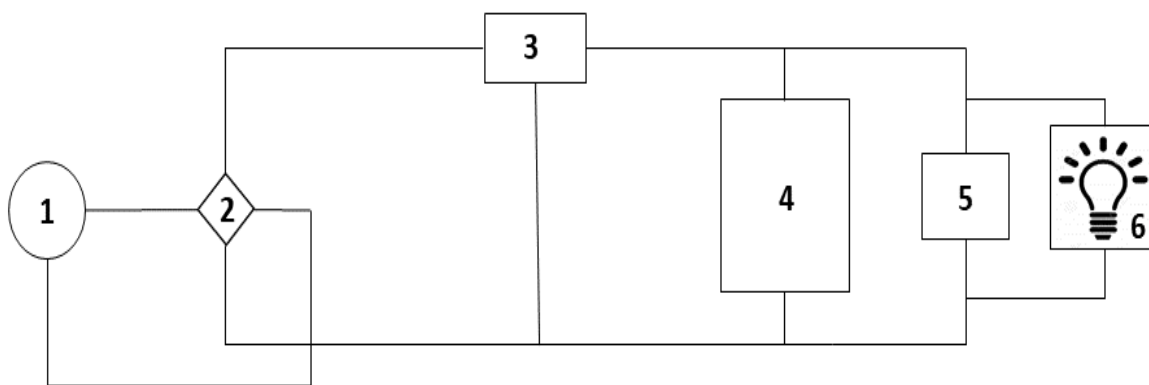


Рисунок 15 — Блок схема проектируемой установки для микрогенерации

где 1 — генератор переменного тока;

2 — диодный мост;

3 — стабилизатор напряжения;

4 — блок аккумуляторных батарей;

5 — фото - реле;

6 — светодиодный светильник.

Поскольку проектируемая установка является маломощной, то было принято решение об отказе от использования в конструкции инвертора и контроллера, поскольку они являются приборами с большим сопротивлением, что приведет к большим потерям электроэнергии.

### 3.3 Расчет энергопотребления и пиковой мощности потребителя

В качестве потребителя электроэнергии от проектируемой установки маломощный осветительный прибор, способный обеспечивать в помещении необходимую освещенность. Согласно строительным нормам и правилам (СНиП 23 - 05 – 2010), освещенность — это отношение падающего на поверхность светового потока к величине площади этой поверхности. Её можно найти по формуле [10]:

$$E = \Phi_{\text{пад}}/S, \quad (3.1)$$

где  $\Phi_{\text{пад}}$  — световой поток, падающий на поверхность, лм;

$S$  — площадь поверхности, м<sup>2</sup>.

Именно световой поток является одной из основных характеристик осветительных приборов, используя формулу 3.1 выразим формулу для нахождения светового потока:

$$\Phi_{\text{пад}} = E \cdot S, \quad (3.2)$$

Согласно СНиП 23 - 05 – 2010 крыльцо корпуса ЗБВ относится к категории входов в здание, следовательно, освещенность должна быть не менее 6 люксов.

Используя полученные данные по формуле 3.2 найдём световой поток необходимого осветительного прибора:

$$\Phi_{\text{пад}} = 6 \cdot 36 = 216 \text{ лкс}$$

В соответствии с данными о световом потоке был выбран маломощный уличный осветительный прибор ЛУЧ-(12)-С34 мощностью 3Вт и рабочим напряжением 12В [2].

Зная потребляемую прибором мощность и количество приборов, можно сделать вывод, что пиковая мощность потребления энергии в сутки будет равна  $P_{\text{в}}=3$  Вт.

Сумма энергопотребления всех приборов  $E_{\text{сут}}$  будет равна количеству энергии, потребляемой объектом в сутки и может быть вычислена по формуле [10]:

$$E_{\text{сут}} = P_i \cdot \sum T_i, \quad (3.3)$$

где  $P_i$  — потребляемая мощность  $i$ -ым прибором, Вт;

$T_i$  — время работы  $i$ -ого прибора, ч.

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Данные об энергопотреблении приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Энергопотребление потребителей генерирующей установки

ЭЛЕКТРОПРИБОР	МОЩНОСТЬ ПРИБОРА $P_i$ , Вт	ВРЕМЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ $T_i$ , час				ИТОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ, Вт-час
		УТРО 2 часа	ДЕНЬ 10 часов	ВЕЧЕР 4 часа	НОЧЬ 8 часов	
Осветительный прибор	3	0	0	4	8	36
ИТОГО:	3					36

В итоге получаем, что пиковая мощность за сутки  $P_v = 3$  Вт. Тогда как мощность потребляемой энергии в сутки:  $E_{сут} = 36$  Вт-ч. На эти значения будем ориентироваться при дальнейших расчётах.

### 3.4 Расчёт параметров ротора ВЭУ

Одной из конструктивных особенностей разрабатываемой установки является использование в качестве ротора вентилятора от кулера охлаждения для ПК. Конструкция такого вентилятора позволяет обеспечить малые габариты и вес объекта генерации, простоту монтажа установки на внешние поверхности зданий, а также старт работы установки при малом ветре. Также плюсом является малые затраты на данный вид роторов для ветроустановок, поскольку их можно найти в большом количестве в любом магазине радиоэлектроники по низким ценам.

Для проведения проектирования был выбран вентилятор от кулера с ветроколеса диаметром 120мм, способный развивать обороты до 1300 об/мин и развивающий уровень шума до 24 децибел. В ходе работы было принято решение создать из 20 штук подобных вентиляторов систему, показанную на рисунке 16.



Рисунок 16 — Конструкция ротора ветряной генерирующей установки

Зная параметры вентилятора можно произвести расчёт аэродинамической мощности одного ротора ВЭУ, согласно формуле [10]:

$$P_a = S \rho \cdot v^3, \quad (3.4)$$

где  $S$  – ометаемая площадь ротора,  $\text{м}^2$ ;

$\rho$  – плотность воздушного потока, проходящего через ротор,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$v$  – скорость ветра,  $\text{м}/\text{с}$ .

Ометаемая площадь ротора у горизонтально-осевых установок — это площадь проекции ротора на плоскость, перпендикулярную оси вращения [5]. Она рассчитывается по формуле:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (3.5)$$

где  $\pi$  – постоянная равная 3,14;

$D$  – диаметр ветроколеса, равный 120 мм.

Стоит учесть, что плотность ветра также является постоянной величиной, равной  $1,23 \text{ кг}/\text{м}^3$ . При расчётах принято брать среднюю скорость ветра для данной местности, которая для г. Челябинск равна  $4,5 \text{ м}/\text{с}$ . Однако скорость ветра внутри

тоннеля корпуса ЗБВ будет выше на 15% относительно установленной средней скорости и будет составлять 5,2 м/с.

Исходя из полученных данных и формул (3.4-3.5), получим:

$$P_a = \dots = 2 \text{ Вт}$$

Т.к. большинство современных ВЭУ рассчитывают для скорости ветра равной 11 м/с в секунду, то проведем подобный расчёт и для проектируемой нами ВЭУ.

Тогда получим:

$$P_a = \frac{3,14 \cdot 0,12^2 \cdot 1,23 \cdot 11^3}{4} = 18,5 \text{ Вт}$$

Учитывая, что в конструкции расположены 20 вентиляторов получаем, что аэродинамическую мощность равную 40Вт, при скорости ветра 5,2 м/с и 370 Вт при скорости ветра 11 м/с.

Электрическая мощность ВЭУ  $P_{\text{Э}}$  вычисляется через аэродинамическую мощность  $P_A$  через коэффициент использования энергии ветра (КИЭВ)  $\xi$ , согласно формуле:

$$P_{\text{Э}} = \xi \cdot P_A, \quad (3.6)$$

КИЭВ данных конструкций составляет 0,11-0,22. Однако рабочие органы находятся в закрытом объеме, в связи с чем отсутствует растекание потока. Т.е. происходит естественная концентрация, в результате чего КИЭВ увеличивается. Поэтому можно принять его за 0,25-0,33. В работе принимаем 0,33 исходя из гипотезы о ламинарности потока в малых объемах.

Примем в расчётах  $\xi = 0,33$ .

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Отсюда получим реальную электрическую мощность одного ротора:

$$P_{э1} = 0,33 \cdot 2 = 0,66 \text{ Вт}$$

Следовательно, электрическая мощность всей установки  $P_{э} = 13,2 \text{ Вт}$ .

Проведя аналогичный расчёт для скорости ветра  $11 \text{ м/с}$  получим:

$$P_{э1} = 0,33 \cdot 18,5 = 6 \text{ Вт}$$

Тогда для всей установки при скорости ветра  $11 \text{ м/с}$   $P_{э} = 122 \text{ Вт}$

Для подбора правильного генератора для преобразования полезной аэродинамической мощности в электрическую необходимо знать номинальную скорость вращения, которую может развить вентилятор. Для этого необходимо вычислить быстроходность одного вентилятора.

Из практики [10] известно, что оптимальная быстроходность горизонтально осевых установок  $Z$  связана с количеством лопастей выражением:

$$n \approx 80 / Z^2 \quad (3.7)$$

Где  $n$  – число лопастей, шт.;

$Z$  – быстроходность по модулю.

Исходя из конструкции и числа лопастей вентилятора, примем быстроходность равной 1.

Вычислим частоту вращения ротора, которая выражается в об/мин или Гц:

$$\omega_{\text{RPM}} = 60 \cdot Z \cdot v / \pi \cdot D \quad (3.9)$$

где  $\omega_{\text{RPM}}$  – частота вращения ротора в об/мин;

$D$  – диаметр ротора.

Частота вращения в Гц будет выражена:

$$\omega_{Гц} = \omega_{RPM} / 60 \quad (3.10)$$

где  $\omega_{RPM}$  – частота вращения ротора в Гц.

Из формул (3.9) и (3.10) найдём частоту вращения ротора в об/мин и Гц. Расчет будем делать для скорости ветра в 5,2 и 11 м/с.

Тогда для скорости ветра 5,2 м/с получим:

$$\omega_{RPM} = \frac{60 \cdot 5,2 \cdot 3,4}{3,14 \cdot 0,12} = 2800 \text{ об/мин}$$
$$\omega_{Гц} = \frac{2800}{60} = 46,6 \text{ Гц}$$

Для скорости ветра 11 м/с получим:

$$\omega_{RPM} = \frac{60 \cdot 11 \cdot 3,4}{3,14 \cdot 0,12} = 6000 \text{ об/мин}$$
$$\omega_{Гц} = \frac{6000}{60} = 100 \text{ Гц}$$

### 3.5 Расчет генератора ВЭУ

При скорости ветра 5,2 м/с проектируемый ротор ВЭУ способен вращаться со скоростью 2800 об / мин, следовательно, для правильной работы установки необходимо использовать генератор способный выходить на номинальный режим работы при скорости вращения вала 2800 – 3000 об/мин.

Исходя из скорости вращения вала генератора и выдаваемой малой мощности мной было принято решение использовать в качестве генератора коллекторный двигатель постоянного тока АІУІМА CD-310 [16], представленный на рисунке 17.

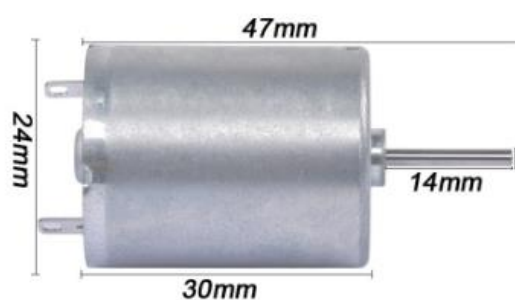


Рисунок 17 — Двигатель постоянного тока AIYIMA CD-310 [16]

Согласно характеристикам производителя [16], данное устройство способно при 2800 об/мин выдавать 5В напряжение, а при оборотах 6000 до 12В, при этом вырабатываемый ток равен 80 мА. Подробные характеристики представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Характеристики генератора AIYIMA CD-310 [16]

Характеристика	Числовое значение
Частота вращения, об/мин	2800-6000
Вырабатываемое напряжение, В	5-12
Вырабатываемый ток, мА	80
Сопротивление, Ом	2
Длина вала, мм	1
Длина двигателя, мм	47
Диаметр двигателя, мм	24
Диаметр вала, мм	2
Вес, г	53

Исходя из полученных данных можем посчитать мощность, получаемую от одного генератора, воспользовавшись формулой 3.11. [15]



$$P_{out} = U \cdot I \quad (3.11)$$

где  $P_{out}$  – вырабатываемая мощность, Вт;

$U$  – напряжение, В;

$I$  – сила тока, А

Т.к. все генераторы будут подключены параллельно, то общий ток системы можно рассчитать исходя из свойств последовательного и параллельного подключения [17]. Схема подключения представлена на рисунке 18.

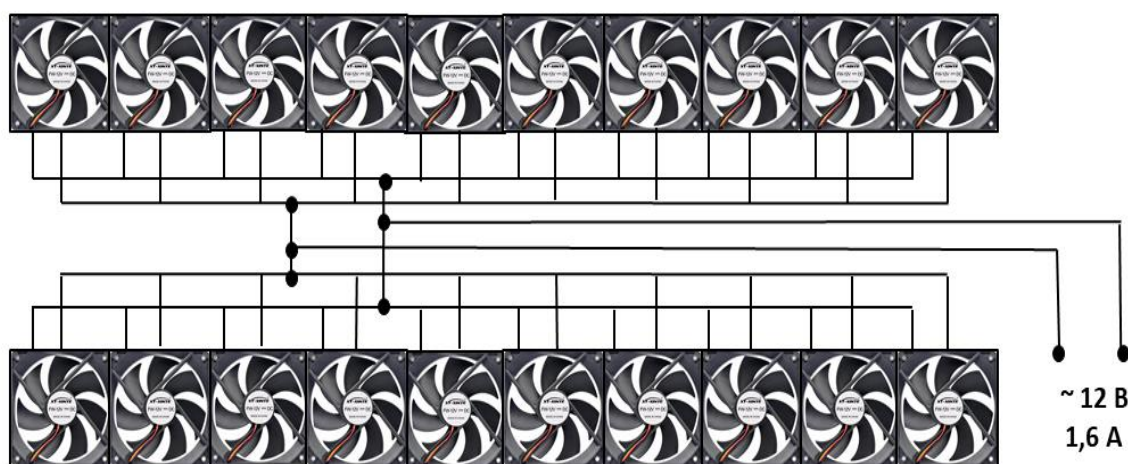


Рисунок 18 — Схема параллельного соединения генераторов в установке

Согласно [17], все токи элементов складываются, а напряжение остается постоянным. Отсюда получим формулу (3.12) для подсчёта тока системы:

$$I_{sys} = \sum_{i=1}^{20} I_i \quad (3.12)$$

где  $I_{sys}$  – системы сила тока, А;

$I_i$  – сила тока одного генератора, А.

Следовательно, получим:

$$I_{\text{sys}} = 0,08 \cdot 20 = 1,6 \text{ A}$$

Тогда учитывая, что вырабатываемое напряжение равно 12В, посчитаем вырабатываемую установкой мощность:

$$P_{\text{out}} = 12 \cdot 1,6 = 19,2 \text{ Вт}$$

Сравнивая показатели предполагаемой вырабатываемой мощности и мощности, которую способен выдать генератор можно сделать вывод о том, что генератор способен вырабатывать мощность, полученную при аэродинамическом расчете. Значит он пригоден для использования в данной установке.

### 3.6 Расчет параметров стабилизатора

При выработке электроэнергии с помощью генератора на выходе вы получим переменный ток, который сложно использовать для нужд потребителя. Поэтому для дальнейшей работы необходимо выполнить преобразования переменного тока в постоянный. Выполнить данную задачу нам поможет правильно подобранный диодный мост, изображенный на рисунке 19.

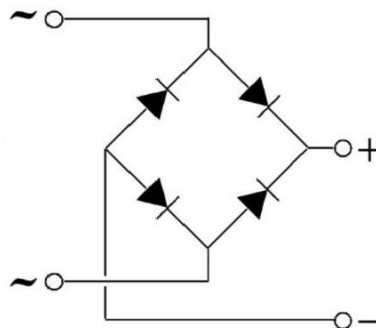


Рисунок 19 — Схема диодного моста [18]

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Диодный мост, в отличие от выпрямления тока одним диодом, позволяет сохранить отрицательную полуволну, тем самым сохранив мощность электрического тока. В этом можно убедиться на осциллограммах, представленных на рисунке 20.

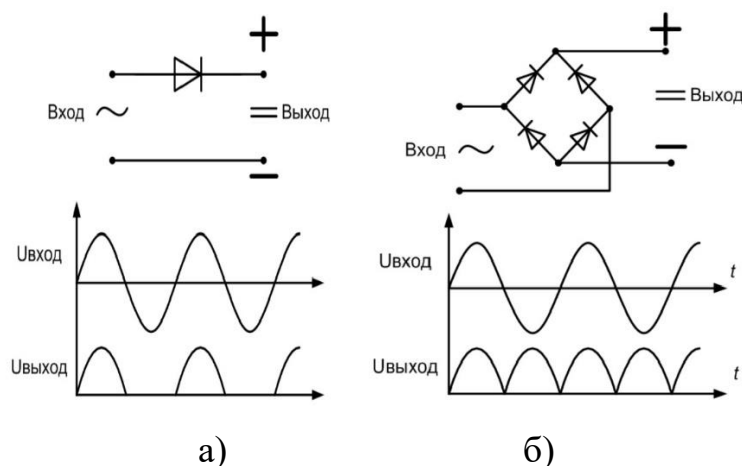


Рисунок 20 — Осциллограммы выпрямления тока с помощью:  
а) одного диода; б) диодного моста

Исходя из рассчитанных параметров генератора выберем диодный мост КВР2005 [19], который рассчитан на напряжение на постоянной и импульсное напряжение 50В и прямой ток 2А. Данный диодный мост представлен на рисунке 21.

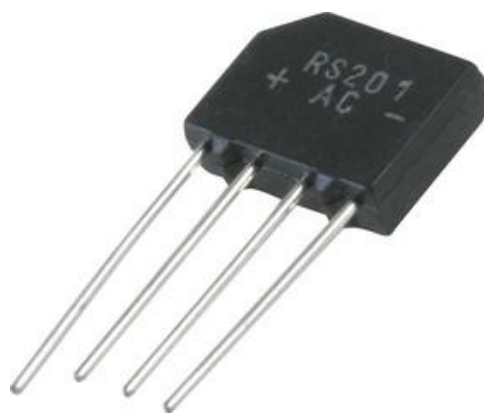


Рисунок 21 — Диодный мост КВР2005 [19]

Согласно данным изготовителя падение напряжения на диодном мосту составляет 1В. Следовательно, после диодного моста напряжение составит 11В, а сила тока — 1,6А.

После диодного моста полученное напряжение будет оставаться пульсирующим, чтобы сгладить пульсация в схему необходимо включить стабилизатор напряжения. В данной проектируемой установке исходя из параметров тока и напряжения после диодного моста был выбран стабилизатор напряжения LM317T-DG [20], представленный на рисунке 22.



Рисунок 22 — Стабилизатор напряжения LM317T-DG [20]

Его технические характеристики позволяют ограничить напряжение, подаваемое на АКБ до 11В. Это значит, что данный прибор будет обрезать напряжение свыше 11В до необходимого значения, благодаря двум резисторам, установленным в схеме. Схема данного стабилизатор представлена на рисунке 23.

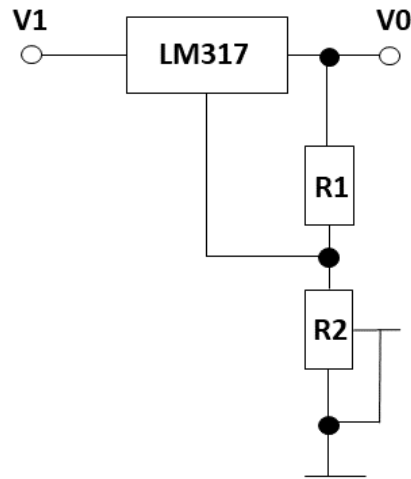


Рисунок 23 — Схема стабилизатора напряжения LM317T-DG [20]

Согласно техническим параметрам производителя данный стабилизатор позволяет получать на выходе силу тока равную 1,6 А и напряжение 11В. Данные параметры необходимо использовать для подбора аккумуляторов установки.

Для того, чтобы светодиодный прибор работал только в вечернее и ночное время суток в проектируемой установке применяется фотореле. Схема фотореле представлена на рисунке 24.

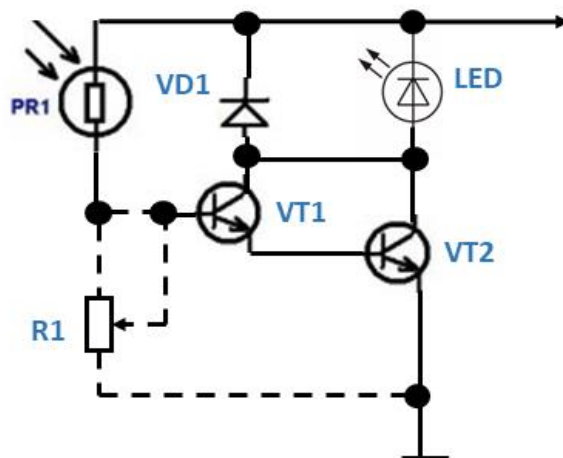


Рисунок 24 — Электрическая схема фотореле

### 3.7 Расчет емкости блока аккумуляторов

Электроэнергия, будучи произведенной, должна быть немедленно потреблена. Т.е. если ВЭУ вырабатывает энергию, а потребления нет, ее необходимо запасать. Кроме этого для покрытия кратковременных пиков энергопотребления необходим накопитель энергии, который запасает излишки энергии во время минимального потребления и отдает запасенную энергию во время максимального потребления в короткий промежуток времени.

Накопители энергии представляют собой широкое разнообразие. Накапливать энергию можно в механических устройствах (раскручивание маховика, подъем тяжелых плит), гидравлических системах (закачка воды с последующим спуском через гидротурбину), водородных накопителях (выработка водорода электролизером, запасание и дальнейшее окисление в топливных элементах), химическое аккумулярование (кислотные, щелочные, никель-кадмиевые, литий-ионные и другие аккумуляторы) и т.д.

Примером простейшего аккумулярования электроэнергии может служить обычная литий-ионная аккумуляторная батарея, которая и рассматривается в данной параграфе.

Для начала нужно понять в какое время дня объект потребляет наибольшую энергию. Для этого по таблице 2 определим часы, когда потребление является максимальным. Получаем, что максимально потребление приходится на ночные часы и составляет: [15]

$$E_{\text{ноч}} = 24 \text{ Вт-часа}$$

Каждый час в течение времени  $T$  потребляется энергия, равная мощности, потребляемой в единицу времени. Потребляемая мощность находится по формуле 3.13:

$$P_{\text{потр}} = E_{\text{потр}} / T \quad (3.13)$$

где  $P_{\text{потр}}$  – мощность, потребляемая в течение времени, Вт;

$E_{\text{потр}}$  – энергия, потребляемая за 1 час, Дж;

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

$T$  – время работы потребителей, час

Т.к. в нашей системе задействован только 1 прибор, то потребляемая им мощность и будет равна  $P_{\text{потр}} = 3\text{Вт}$ . Время потребления, согласно, данным таблицы 2, будет равняется 8 часам

Из параметров стабилизатора напряжения можем определить, что ток на выходе стабилизатора равен 1,6А, а  $U_{\text{рег}} = 11\text{В}$

Отсюда найдём емкость блока аккумуляторов согласно формуле 3.14:

$$C_{\text{АКБ}} = I_{\text{РЕГ}} \cdot T \quad (3.13)$$

Где  $C_{\text{АКБ}}$  – емкость аккумуляторной батареи, А·ч.

Получим:

$$C_{\text{АКБ}} = I_{\text{РЕГ}} \cdot T = 1,6 \cdot 8 = 12,8 \text{ А} \cdot \text{ч}$$

Однако это общая емкость блока аккумуляторов, которая должна быть отдана потребителю. Тем не менее, химический аккумулятор не рекомендуется разряжать более чем на 50% [15]. Поэтому величину  $C_{\text{АКБ}}$  необходимо удвоить, чтобы получить реальную емкость  $C_{\text{АКБреал}}$ . Расчет произведем согласно формуле 3.14:

$$C_{\text{АКБреал}} = C_{\text{АКБ}} \cdot 2 = 25,6 \text{ А} \cdot \text{ч} \quad (3.13)$$

Т.к. на блок аккумуляторных батарей приходит 11В напряжения, то для достижения необходимого напряжения следует использовать 3 последовательно соединенные аккумуляторные батареи с единичным напряжением 3,7 В, как показано на рисунке 25. Примером такого аккумулятора является литий-ионная батарея NCR18650В [21] емкостью 3,2 А·ч, представленная на рисунке 26.

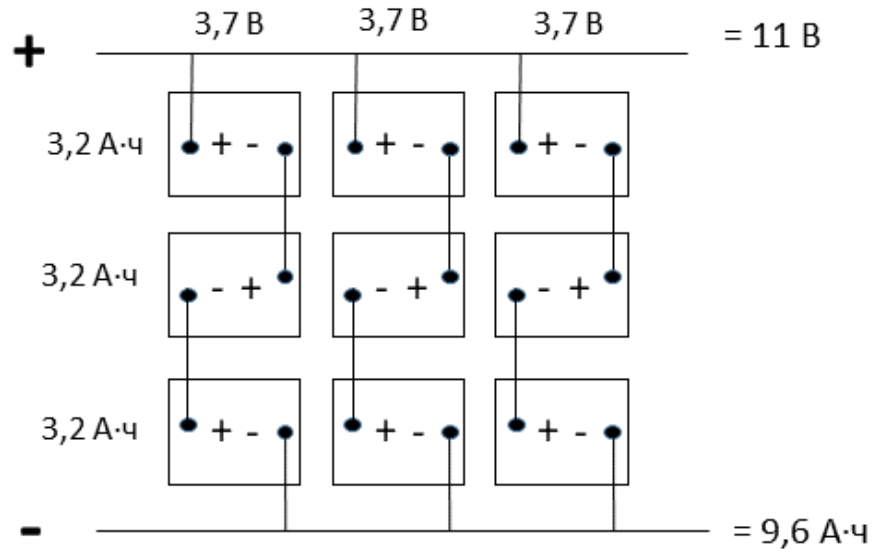


Рисунок 25 — Схема соединения аккумуляторных батарей



Рисунок 26 — литий-ионная батарея NCR18650B [21]

Для обеспечения напряжения 11 В необходимо последовательно соединить 3 таких батареи, тогда энергия, которую они суммарно могут запасти рассчитывается по формуле 3.14:

$$W_{\text{зап}} = U_{\text{рег}} \cdot Ci = 11 \cdot 3,2 = 35,2 \text{ Вт} \cdot \text{ч} \quad (3.14)$$

Где  $Ci$  – емкость одной батареи, равная 3,2 А·ч.



Т.к. литий-ионные батареи не рекомендуется разряжать более чем на 30%, то с помощью формулы 3.15 получим рекомендуемую емкость разряда одного блока аккумуляторов, которую можно будет разрядить, чтобы не нарушить циклы зарядки и разрядки АКБ:

$$S_{акб1} = W_{зап} \cdot 0,3 = 10,56 \text{ Вт} \cdot \text{ч} \quad (3.15)$$

Из полученного значения следует что для обеспечения необходимой емкости аккумуляторного блока для нужд потребления понадобится параллельно соединить 3 каскада аккумуляторов по 3 штуки. Тогда получим:

$$W_{зап} = 35,2 \cdot 3 = 105,6 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

После проведения расчета сделаем проверку на предмет того, сможет ли ветроэнергетическая установка за предыдущий период зарядить эти аккумуляторы до требуемого уровня.

С этой целью определим, какое количество энергии должно поступить от ВЭУ за период времени  $T_{i-1}$ , предшествующий исследуемому периоду  $T_i$ .

Согласно таблице 2 время, в течение которого вырабатывается необходимый запас энергии  $T_{ден} = 10$  часов.

Для скорости ветра равной 5,2 м/с мощность  $P_{мгнВЭУ} = 18,5$  Вт.

Следовательно, по формуле 3.16 получим энергию вырабатываемую за этот период: [15].

$$E_{ВЭУ-Т} = P_{мгнВЭУ} \cdot T_{веч} = 18,5 \cdot 10 = 185 \text{ Вт} \cdot \text{ч} \quad (3.15)$$

Полученная величина подлежит сравнению с потребляемой энергией и должна превышать ее. Сравнивая величины согласно формуле 3,16, получим:

$$E_{\text{ВЭУ-Т}} \geq E_{\text{ВЕЧ}} \quad (3.15)$$
$$185 \geq 105,6$$

Значит энергии выработанной установкой будет достаточно для зарядки аккумуляторного блока и потребления электроэнергии потребителя в ночное время суток.

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

## 4. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

### 4.1 Факторы, влияющие на окупаемость ВЭУ.

В настоящее время ветрогенераторы являются достаточно дорогими и сложными в обслуживании, так же их КПД может достигать лишь 40%, поэтому одним из самых актуальных вопросов является – вопрос окупаемости.

На срок окупаемости установки сразу влияет несколько факторов:

- Свойства и характеристики используемого оборудования. Стоит понимать, что использование оборудования высокого качества позволит увеличить эффективность всей системы, но и затраты на эту систему существенно вырастут.
- Особенности региона, где размещается комплекс, его широта, и средние показатели скорости ветра в данном регионе. Как правило, чем больше широта, тем меньше электрической энергии можно получить с помощью солнечных батарей.
- Стоимость оборудования, которое используется. Срок службы более дорогого оборудования несколько больше, но и стоит такое оборудование дороже. Покупка более дорогого оборудования приведет к повышению сроков окупаемости
- Стоимость энергетических ресурсов в регион, в котором располагается комплекс. Для достаточно удаленных объектов, где цена за электроэнергию достаточно высока, сроки окупаемости будут несколько меньше.

Следует понимать, что идет постоянная разработка новых технологий, которые позволяют увеличивать КПД, как и ветрогенераторов, так и солнечных панелей, так же все время происходит внедрение новых разработок, которые позволяют уменьшить срок окупаемости.

Солнечные батареи, не имеют подвижных частей, данный фактор делает солнечные батареи весьма надёжными и долговечными.

Неоспоримый плюс солнечных батарей по сравнению с ветроэнергетическими установками это то, что у СБ в течение большого срока

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

службы практически отсутствуют серьезные поломки, все обслуживание СБ сводится к систематической очистки поверхности модулей от грязи и пыли, чтобы КПД установки не снижалось.

Ветроэнергетические установки, в свою очередь нужно периодически осматривать, при необходимости менять детали, вышедшие из строя. Так же, по статистике, раз в два года у ветрогенераторов необходимо полностью менять масло. Однако в нашем случае конструкция за счёт своей простоты позволяет избежать большинства проблем с обслуживанием мощных ВЭУ.

#### 4.2 Расчет окупаемости, проектируемой ВЭУ.

Расчёт окупаемости ВЭУ происходит на основе стоимости оборудования, издержек на обслуживание и ремонт, тарифов на электроэнергию и количества вырабатываемой в год энергии. Стоимость оборудования приведена в таблице 4.

Таблица 4 — Стоимость оборудования ВЭУ.

Компонент ВЭУ	Цена за 1шт, руб.	Количество, шт.	Стоимость, руб.
Кулер	10	20	200
Моторчик	25	20	500
Диодный мост	31	1	31
Стабилизатор LM317T-DG	18	1	18
Аккумуляторы	150	9	1350
Светильник	300	1	300
Фотореле	200	1	200
Дополнительное оборудование	1000	1	1000
		Итого	3600

Стоит отметить, что к дополнительному оборудованию относятся приспособления для монтажа конструкции, корпуса для АКБ элементов стабилизации и выпрямления тока, средства защиты от вандализма, и.т.п. Цены за каждый компонент были взяты с электронных сайтов сети интернет, что позволяет

сделать допущения, что итоговая стоимость оборудования может быть ещё меньше. Следовательно, срок окупаемости конструкции снизится.

Окупаемость установки можно определить согласно формуле 4.1: [15]

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{об}} + I_0 + I_p}{E_{\text{годВЭУ}} \cdot C_{\text{кВт}\cdot\text{ч}}}, \text{ лет} \quad (4.1)$$

где  $C_{\text{об}}$  – итоговая стоимость оборудования (см. таблицу 4), руб;

$I_0$  – издержки на обслуживание установки (обычно принимаются равными 20% от стоимости установки), руб.;

$I_p$  – расходы связанные с ремонтом установки (составляют незначительную сумму равную стоимости замены одного из элементов установки). Примем их равными 100 рублям;

$E_{\text{годВЭУ}}$  – энергия, выработанная установкой за год, кВт·ч;

$C_{\text{кВт}\cdot\text{ч}}$  – стоимость 1 кВт·ч энергии на розничном рынке (для Челябинска примем равную 3,2 руб за кВт·ч, руб.

Среднегодовая выработанная энергия высчитывается по формуле 4.2

$$E_{\text{годВЭУ}} = P_{\text{мгн.ВЭУ}} \cdot T_{\text{сут}} \cdot N_{\text{д}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (4.2)$$

Где  $P_{\text{мгн.ВЭУ}}$  – мгновенная вырабатываемая установкой мощность при среднем ветре 5,2 м/с (13,2Вт);

$T_{\text{сут}}$  – количество часов в сутках, равное 24ч;

$N_{\text{д}}$  – число дней в году, равное 365дней;

Используя формулы 4.1- 4.2 получим срок окупаемости равный:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{об}} + I_0 + I_p}{E_{\text{годВЭУ}} \cdot C_{\text{кВт}\cdot\text{ч}}} = \frac{4649 + 4649 \cdot 0,2 + 100}{13,2 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 3,2} = 10 \text{ лет}$$

Срок окупаемости установки составляет значительное количество времени, при этом стоит учесть, что данная установка проектировалась не с целью получения прибыли, а с целью возможности создания установки из вторичного сырья. Также стоит учесть, что при расчете использовались цены из магазинов, но большинство используемых в установке компонентов можно найти по более низкой цене в магазинах радиоэлектроники, на радиорынках, а также даром, при разборке старых ПК. Данное допущение позволяет сделать вывод, что срок окупаемости установки будет ниже высчитанного.

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 5.1 Факторы риска при эксплуатации системы.

При эксплуатации системы атомного электроснабжения не стоит забывать о факторах риска, которые в процессе эксплуатации, а также при монтаже и ремонту могут отрицательно повлиять на здоровье человека.

Следует помнить, что в процессе работы с любой электрической системой, существует определенные риски поражения электрическим током. В данной установке источником тока является ВЭУ.

Солнечные батареи и ветрогенераторы устанавливаются на высоте, как правило на крыше жилого дома и на специальной мачте, соответственно. В случае с солнечными батареями это делается для того, чтобы в первую очередь позволить солнечным лучам беспрепятственно падать на коллектор, а также для экономии места. Ветрогенератор устанавливается на специальных мачтах, чтобы потоки ветра беспрепятственно подали на лопасти турбины, как и солнечные лучи, в случае с солнечными батареями. Вследствие всего этого, появляется еще один фактор риска – работа на высоте. В нашем случае установка будет монтироваться на высоте от 2 до 3,5 метров под крышей крыльца здания. Но это не отменяет возможности получения травмы при монтаже или эксплуатации оборудования.

При выполнении работ по обслуживанию и эксплуатации ветрогенераторов, не стоит так же забывать еще о некоторых рисках. В первую очередь ветрогенератор источник переменного напряжения. Так же в нем имеются различные движущиеся части, которые при не соблюдении определенных мер безопасности могут причинить вред здоровью.

При эксплуатации аккумуляторных батарей так же следует помнить о мерах безопасности. Работа по обслуживанию аккумуляторных батарей тоже подвержена определенным рискам, так как они накапливают электрическую энергию. Так же работа с электролитом, который находится внутри аккумуляторных батарей, тоже требует определенных знаний.

						ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			63

Ещё одним фактором, которым не стоит пренебрегать это невозможность доступа посторонних лиц к элементам установки, дабы избежать актов намеренной поломки и порчи оборудования.

#### 5.2 Опасность поражения электрическим током.

Одним из самых опасных факторов риска является опасность поражения электрическим током. Для того, чтобы избежать это используют некоторые способы: в первую очередь применяют защитные ограждения, защитные блокировки, используют заземлители, внедряют в систему защитную изоляцию.

При использовании защитных ограждений практически исключается риск даже самого случайного прикосновения человека к токоведущей части. Защитные ограждения устанавливаются вокруг опасных зон, например, электрических сетей, оборудования. Защитные ограждения нужны в любом случае, так как даже если человек знает о наличии опасного для его жизни и здоровью напряжения, никто не застрахован от случайного прикосновения к токоведущей части.

В случае с нашей установкой, дабы избежать случайного прикосновения человека к было принято решение установить систему из 20 кулеров на высоте 2,5 метров от уровня земли, тем самым обеспечить безопасный проход гражданского населения под установкой и пронос вещей, оборудования, техники, при этом не касаясь элементов системы.

Также для предотвращения попадания крупного мусора, разносимого ветром, в вентилятор, предлагается изготовить защитный экран, размерами 1,2м в длину и 0,24 метра в высоту. Защитная сетка может быть изготовлена из подручных средств, дабы избежать дополнительных затрат при проектировке оборудования. Примером таких подручных средств могут быть решетки от промышленных вентиляторов или пластиковые решетки от тех же кулеров. Этот экран также позволит избежать попадания конечностей человека в крутящиеся элементы вентилятора. Пример исполнения экрана показан на рисунке 19.

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64



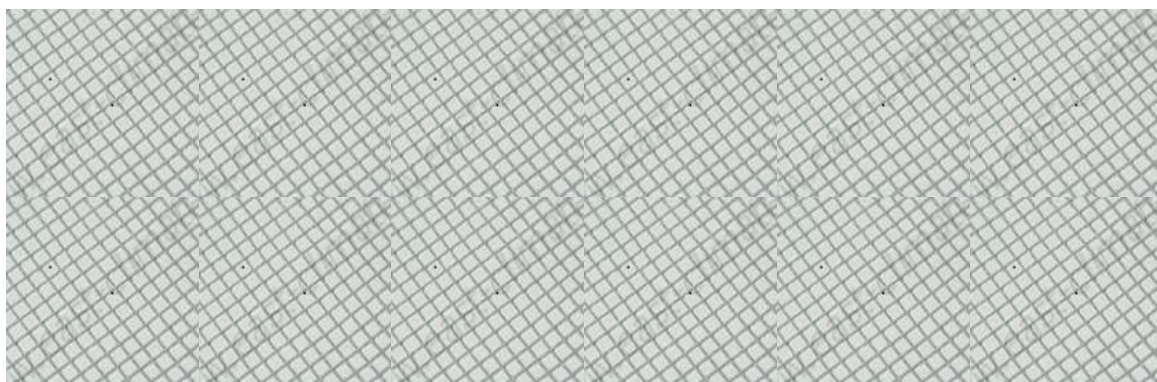


Рисунок 27 — Защитная сетка для ВЭУ

Еще один достаточно эффективный метод защиты человека от электрического тока – защитная изоляция рабочего места. Данная система представляет собой ряд мер, которые направлены на предупреждение и предотвращения возможности образования электрической цепи «человек-земля». Защитная изоляция позволяет снизить ток, который может быть опасен для человека, путем повышения сопротивления электрической цепи.

Также защитить человека от опасного для него электрического тока можно с помощью ряда технических мер. К техническим мера относятся: своевременный контроль над изоляцией, разделение сетей, использование низких напряжений питания, использование защитного заземления и использование защитного отключения и зануления.

Еще одним методом, который позволяет достаточно снизить риски на наиболее опасных участках является использование низких напряжений на этих участках. Низкое напряжение — это напряжение не превышающее значение в 42В.

В нашей системе используется напряжение, не превышающее 12В, что способствует защите как гражданского населения, так и обслуживающего персонала от серьезных повреждений.

Для того, чтобы избежать определенных рисков поражения электрическим током следует проводить своевременный контроль защитной изоляции, которые может привести к обнаружению и устранению дефектов в ней и позволит поддерживать изоляцию в требуемом уровне. Поэтому следует внимательно

отнестись к изоляции проводов, используемых в проекте. И перед установкой системы проверить внешнюю изоляцию на предмет повреждений. При обнаружении повреждений, необходимо немедленно заменить данные провода.

Также для исключения внешних повреждений проводов в установке будут использоваться пластиковые кабель-каналы для защиты от внешних условий среды, защиты от искр проходящих в случае короткого замыкания. Пример использования кабель канала показан на рисунке 20. [22]



Рисунок 28 — Защитный кабель канал.

Также для защиты от попадания влаги, мусора в места соединения генератора с проводами, а также во избежание повреждения проводов в процессе вращения вентиляторов, предлагается применить цилиндрический защитный кожух, соответствующий размерам генератора. Таких кожухов необходимо будет изготовить 20 штук. Тем самым можно будет обеспечить безопасное функционирование системы и избежать возникновения случайных поломок. Пример данного кожуха представлен на рисунке 21.

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66



Рисунок 29 — защитный кожух для кулеров

### 5.3 Опасность работы на высоте.

Плановое обслуживание, а также ремонт солнечных панелей и ветрогенераторов непосредственно связаны с работами на высоте.

Работы на высоте – работы, при выполнении которых существуют риски возможного падения человека с высоты 1,3 метра и более.

Так же к работам на высоте можно отнести следующее:

- Подъем человека на лестницу высотой пять более метров, которая имеет угол наклона более  $75^{\circ}$
- Проведения работ на площадках на расстоянии менее, чем два метра от не огражденных перепадов высот более 1,8 метра, а также в тех случаях, когда высота ограждений не превышает 1,1 метра.

Так же работы на высоте, в зависимости от условий производства, делятся на:

- Работы, которые выполняют на высоте без использования специальных средств таких как: леса, вышки, лестницы и тд. Так же к этому типу работ можно отнести работы, которые выполняются на площадках, где высота защитных ограждений более 1,1 м.
- Работы, которые выполняются без использования специальных средств, а также работы, которые выполняются на высоте 5 метров и более. Еще в

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

данному виду работ можно отнести работы, которые выполняются на расстоянии менее чем 2 метра от не огражденных перепадов высот более 5 метров. Работы, которые выполняются на площадках без ограждения или при высоте ограждения менее 1,1 м.

При работах на высоте, необходимым требованием является использование специальных страховочных средств, которые предотвращают от падения, к ним относятся монтажный пояс, страховочный канат, и специальные каски, для защиты головы.

Используемые средства защиты должны иметь все сертификаты качества и все они должны быть проверены.

5.4 Правила техники безопасности при эксплуатации ветроэнергетической станции.

Эксплуатация ветроэнергетической станции должна быть организовано так, чтобы можно было обеспечить, энергетически, технически и экономически эффективную эксплуатацию.

В процессе эксплуатации ветроэнергетической станции должен быть обеспечен надёжный, экономичный и самое главное безопасный режим работы. Так же должно быть обеспечено надежная работа устройств контроля и защиты.

Если необходимы какие-либо профилактические испытание ветроэнергетической станции, то их нужно проводить согласно инструкциям эксплуатации электрооборудования.

В зависимости от технического состояние, нужно производить контроль и проверку технического состояния, а также производить текущий ремонт оборудования при необходимости.

При сборке, а также эксплуатации ветроэнергетической установки нужно строго соблюдать инструкции и правила эксплуатации. Малейшие отклонения от норм и правил может привести к поломке ветроэнергетической станции, что может

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

повлечь за собой, как и моральный вред, так и вред здоровью людей, находящихся в непосредственной близости от ветроустановки.

Подключаемые провода и кабели необходимо изолировать, во избежание случайного попадания под напряжение, как рабочего персонала, так и обычных людей.

При первом введении в эксплуатацию ветроэнергетической установки нужно наблюдать за ее работой в течении 2-3 часов. Необходимо убедиться в отсутствие, каких либо вибраций, стуков, хлопков, наличие которых говорит о неправильной работе системы, в случае, если система работает неверно, нужно немедленно остановить работу станции.

Введение в эксплуатацию ВЭУ недопустима при ветре больше 5м/с.

Недопустимо изменять конструктивные и регулировочные параметры ветроэнергетической установки.

Запрещается подавать любое напряжение на электрогенератор с целью его запуска.

#### 5.5 Меры предосторожности при эксплуатации аккумуляторных батарей.

В процессе эксплуатации аккумуляторных батарей необходимо помнить и соблюдать ряд правил, в противном случае это может привести к получению травм разной степени.

Необходимо помнить про специальную защиту: сапоги, перчатки и резиновый фактор. Данная одежда необходима в процессе переноски и снятие аккумуляторных батарей. Защитная одежда нужна для того, чтобы защитить кожу человека, а также его обувь и одежду, от попадания на них электролита, который при попадании на одежду и обувь разъедает ее, а на коже оставляет ожоги.

В том случае, если электролит все-таки попал на кожу, его нужно немедленно смыть с нее сильной струей 10% раствора сода или нашатырного спирта.

Запрещается хранить продукты питания в тех помещения, где происходит обслуживание и ремонт аккумуляторных батарей.

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Аккумуляторные батареи необходимо хранить в чистоте. Их нужно чистить, и протирать их приблизительно каждые 15 дней. Делать это лучше 10% растворе спирта. Это делается для того, что нейтрализовать серную кислоту.

Выводы и зажимы аккумуляторных батарей необходимо периодически очищать от окисления. Это нужно делать для того, чтобы избежать дальнейшее их сильное окисление. Контакт между зажимами проводов и выводами аккумуляторной батареи должен быть достаточно плотный, в противном случае зажимы могут слететь, что может повлечь за собой короткое замыкание цепи, искрение и последующий быстрый разряд аккумуляторных батарей.

Строго запрещается соединять несколько аккумуляторов в аккумуляторную батарею при помощи проволоки.

В случае нашего проекта аккумуляторная батарея будет представлена несколькими литий-ионными аккумуляторами, последовательно соединенными в блоки по 3 штуки. Следовательно, при их соединении необходимо соблюдать технику безопасности. Дабы избежать нарушения герметичности при соединении выводов аккумулятора с соединяющим их проводами необходимо использовать батарейные отсеки, которые обеспечивают защиту аккумуляторов при механических повреждениях. Они имеют разную комплектность, размеры и формы, поэтому для каждого блока аккумуляторных батарей легко подобрать нужный батарейный отсек. Пример простейшего батарейного отсека приведён на рисунке 21 [23].

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70



Рисунок 30 — Батарейные отсеки [22].

В качестве защиты блока аккумуляторных батарей от низких температур было принято решение расположить блок АКБ в отапливаемом помещении корпуса ЗБВ ЮУрГУ. Это позволит сохранить срок работы АКБ, а также обеспечить защиту от неблагоприятных погодных условий.

В целях обеспечения сохранности АКБ, стабилизатора и выпрямителя принято решение использовать в качестве внешней оболочки пластмассовый непрозрачный корпус, в котором будут смонтированы батарейные отсеки для блока АКБ. Данные крепежи позволят обеспечить возможность для обслуживания АКБ в ходе эксплуатации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте рассмотрены технические и правовые особенности развития микрогенерации в России и мире. Изученный материал позволяет сделать вывод, что вопрос микрогенерации требует проработки со стороны законодательной и исполнительной власти. В ходе работы были предложены некоторые дополнения в законопроект о микрогенерации, позволяющие повысить востребованность микрогенерации на основе ВИЭ среди населения РФ, а также дать возможность для развития нового рынка для бизнеса в нашей стране.

Также в работе предложен проект ветроэнергетической установки для микрогенерации электрической энергии на основе возобновляемых источников энергии. Рассмотрены элементы установки, конструкция окупаемость. Прделанная работа позволяет сделать вывод о том, что каждый житель нашей страны может использовать альтернативную энергию для обеспечения потребления своих домов. Рассмотренный проект прост в изготовлении и не требует больших капитальных затрат, но при этом позволяет людям обеспечивать свой дом энергией не от общей сети, используя для этого приборы бывшего употребления, тем самым снижая количество отходов на свалках городов.

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Закон о микрогенерации в РФ – [<https://minenergo.gov.ru/node/13881>].
2. Поручение о стимулировании генерации на основе альтернативной энергетики — [<http://government.ru/orders/selection/401/26467>].
3. Налоговые льготы для объектов микрогенерации в РФ — [<https://iz.ru/740396>].
4. Поправки к закону о микрогенерации — [<https://www.vedomosti.ru/opinion/articles>].
5. Объект микрогенерации в г.Калининград — [<https://m.pikabu.ru/story/4834312>].
6. О. Е. Коновалова. Предварительные итоги российской программы поддержки развития генерирующих объектов на основе ВИЭ. 2016г.
7. С.В. Ратнер, Т.Д. Аксюк. Зарубежный опыт стимулирования микрогенерации на основе ВИЭ: организационно-экономические аспекты. 2017г. 10с.
8. Чижма С. Н., Молчанов С. В., Захаров А. И., 2018 Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Физико-математические и технические науки. 2018. № 1. С. 53—62.
9. Дзедзерский В. А., Тарасов С. В., Костюков И. Ю. Ветроустановки малой мощности. Киев, 2011.
10. Кирпичникова, И.М. Преобразование энергии в ветроэнергетических установках / И.М. Кирпичникова, А.С. Мартьянов, Е.В. Соломин // Альтернативная энергетика и экология. – 2010. – № 1. – С. 93–97.
11. Анемометр UNI-T UT361 — [<https://www.chipdip.ru/product/ut361>].
12. Светодиодный осветительный прибор ЛУЧ-(12)-34 — [<http://www.raycompany.ru/catalog/low-voltagee/svetodiodnyy-svetilnik-zhkkh-luch-12-24-36-s34>].
13. СНиП 23-05-2010: Естественное и искусственное освещение. МИНРЕГИОН РОССИИ. Москва, 2010.

					ЮУРГУ–130302.2019.191 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

14. Да Роза, Альдо., Возобновляемые источники энергии /А. да Роза; [пер. с англ. под ред. С.П.Малышенко и О.С.Попеля]. - М.: Интеллект, 2010.
15. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие к практическим занятиям/ И.М. Кирпичникова, Е.В.Соломин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2009.
16. Двигатель AIYIMA CD-310 — [<http://dvrobot.ru/240/286/288>].
17. Последовательно и параллельное соединение проводников — [<https://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter1/section/paragraph9/theory.html#XPd7RogzbI>].
18. Схема диодного моста — [<http://sdelaj-sam.com/chto-takoe-diodnyj-most-shema-ustrojstva>].
19. Диодный мост КВР2005 — [<https://www.chipdip.ru/product/rs201>].
20. Стабилизатор напряжения LM317T-DG — [<https://www.promelec.ru/product/209173>].
21. Аккумулятор NCR18650B — [<https://alexgyver.ru/18650/#18650>].
22. Пластиковые кабель каналы — [<https://leroymerlin.ru/product/kabel-kanal-25h16-mm-cvet-belyy-18526511>].
23. Батарейные отсеки — [<https://alexgyver.ru/18650/#chargers>].

ПРИЛОЖЕНИЕ  
АЛЬБОМ ЧЕРТЕЖЕЙ

Таблица 1П — Меры государственного стимулирования развития микрогенерации

Страна	Меры стимулирования			
	Бонусный тариф	Гранты и субсидии	Механизмы углеродного рынка	Налоговые льготы
Бельгия	—	—	Микро-когенерация, генерация электроэнергии на основе ВИЭ	Биогаз, биомасса, солнечная, геотермальная, микро-когенерация
Великобритания	Генерация электрической и тепловой энергии на основе ВИЭ	Генерация тепловой энергии на основе ВИЭ	Микро-когенерация, генерация электроэнергии на основе ВИЭ	Все виды ВИЭ
Германия	Генерация электрической энергии на основе ВИЭ, микро-когенерация	Микро-когенерация	—	Все виды ВИЭ, микрокогенерация
Голландия	Генерация электрической энергии на основе ВИЭ	Солнечные коллекторы, микро-когенерация	—	—
Италия	Генерация электрической энергии на основе ВИЭ, солнечные коллекторы, биомасса	—	Микро-когенерация, генерация электрической энергии на основе ВИЭ	—
Канада	Генерация электрической энергии на основе ВИЭ	Солнечные коллекторы	—	Все виды ВИЭ
Китай	—	Генерация электрической энергии на основе ВИЭ	—	Генерация электрической энергии на основе ВИЭ
США	Генерация электрической энергии на основе ВИЭ	Генерация электрической и тепловой энергии на основе ВИЭ	Генерация электрической и тепловой энергии на основе ВИЭ	—
Япония	—	Топливные элементы, фотовольтаика	Генерация электрической энергии на основе ВИЭ	Все виды ВИЭ, микро-когенерация

					<i>130302.2019.198 ПЗ ВКР</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Установки микрогенерации на основе ВИЭ		
<i>Разраб.</i>	<i>Прядеин</i>						
<i>Провер.</i>	<i>Соломин</i>						
<i>Н. Контр.</i>	<i>Аверина</i>						
<i>Утв.</i>	<i>Кирпичникова</i>						
					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
					<i>ЮУрГУ</i>		
					<i>Кафедра ЭССиСЭ</i>		

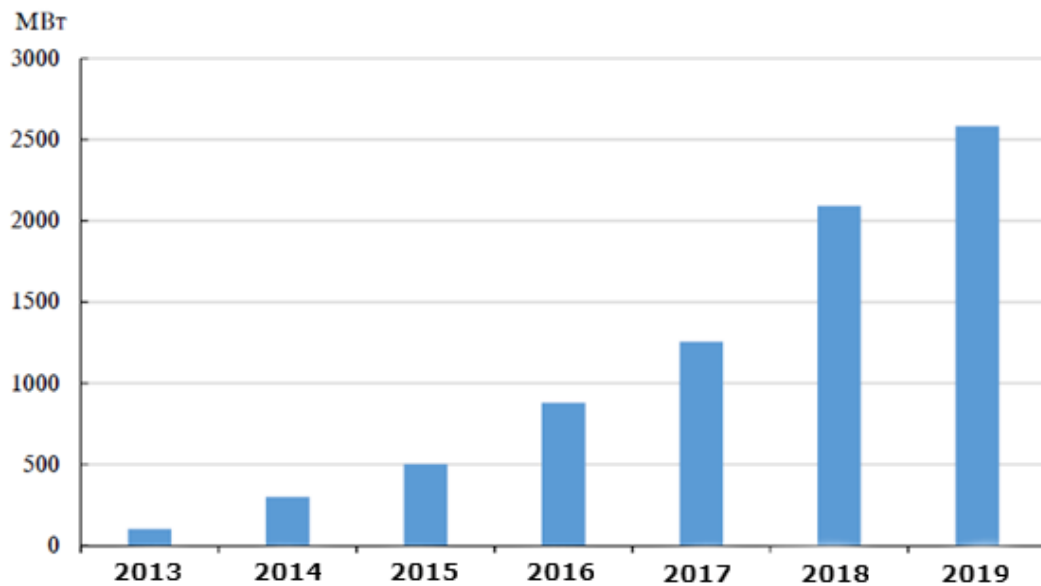


Рисунок 1П — Годовые объёмы установки систем ВИЭ в США

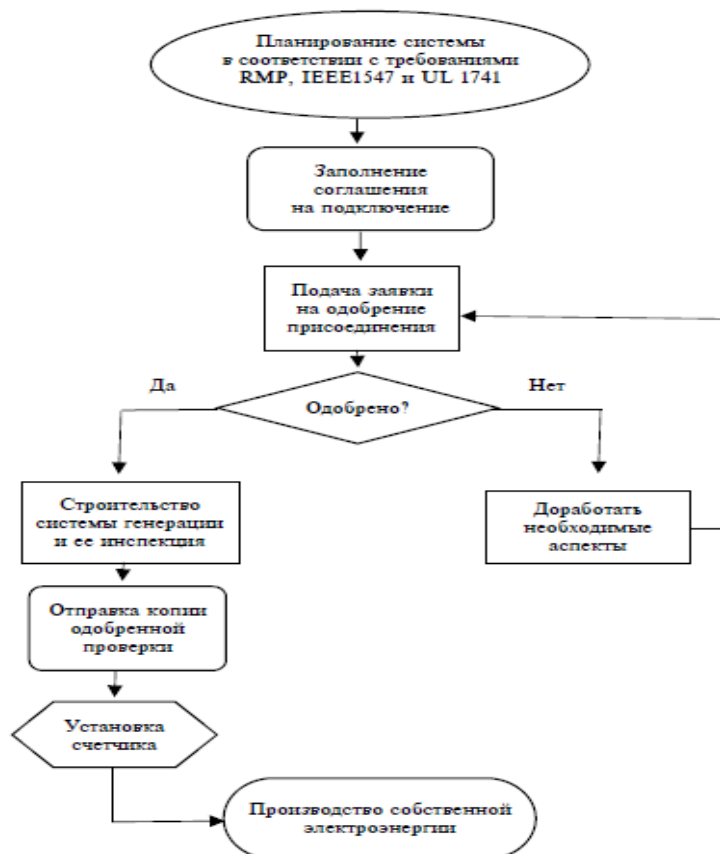


Рисунок 2П — Блок схема подключения объектов генерации к общей сети

					<i>130302.2019.198 ПЗ ВКР</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>Установки микروجенерации на основе ВИЭ</i>		
Разраб.	Прядеин						
Провер.	Соломин				<i>ЮУрГУ</i>		
Н. Контр.	Аверина				<i>Кафедра ЭССиСЭ</i>		
Утв.	Кирпичникова						

Таблица 2П — Исследование скоростей ветра вблизи ЗБВ корпуса

День исследования	Время исследования	Температура воздуха, °С	V ветра на открытой площадке, м/с		V ветра в начале тоннеля, м/с		V ветра в конце тоннеля, м/с	
01.06.2019	11:00	22	2,3	2,45	2,5	2,7	2,15	2,42
01.06.2019	15:00	22	1,37	1,4	2,5	3,3	2,5	2,7
01.06.2019	19:00	22	0	0	1,9	2,1	1,5	1,7
02.06.2019	11:00	20	4	4,2	4,5	5	3,6	3,8
02.06.2019	15:00	20	3	3,2	3,5	3,8	3,2	3,4
02.06.2019	19:00	20	3	3,8	3,2	4,5	3	3,8

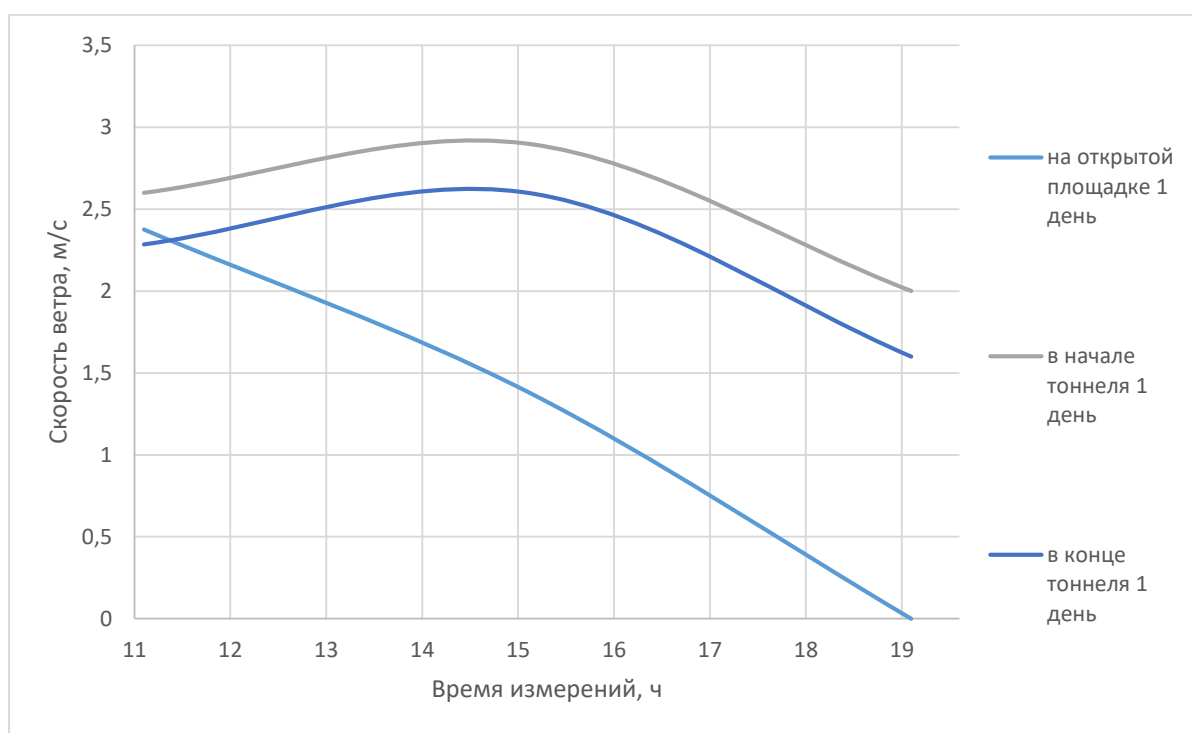


Рисунок 3П — Исследование скоростей ветра в 1 день

					<i>130302.2019.198 ПЗ ВКР</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>Установки</i>		
Разраб.	Прядеин						
Провер.	Соломин				Лит.	Лист	Листов
Н. Контр.	Аверина				<i>ЮУрГУ</i>		
Утв.	Кирпичникова				<i>Кафедра ЭССиСЭ</i>		
					<i>микрогенерации на основе</i>		
					<i>ВИЭ</i>		

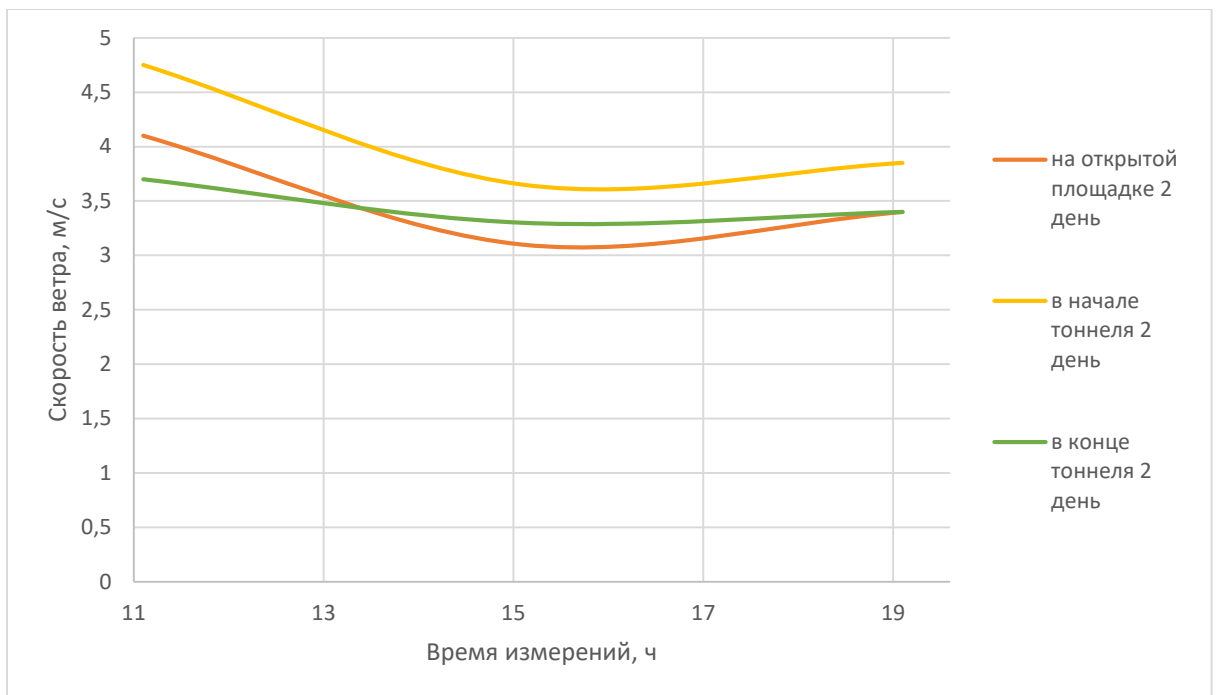


Рисунок 4П — Исследование скоростей ветра во 2 день

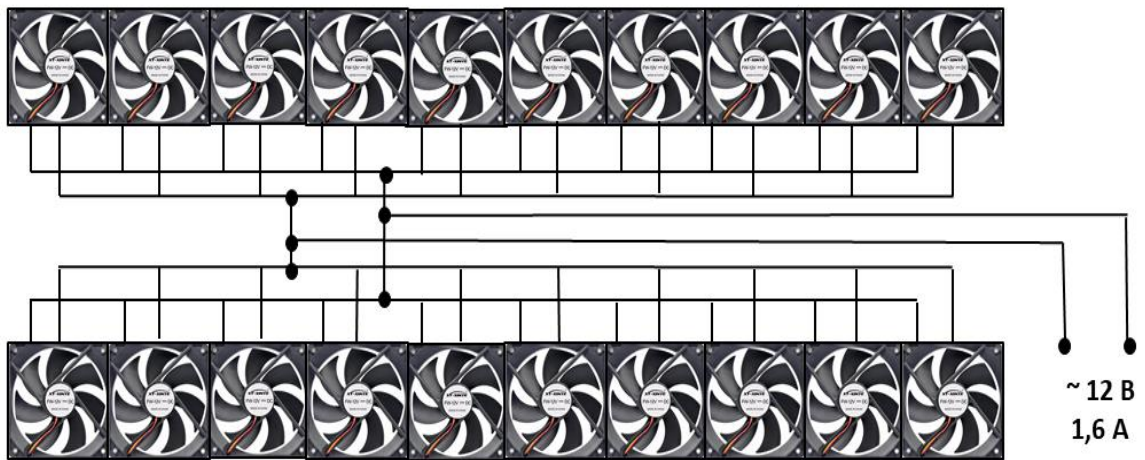


Рисунок 5П — Схема соединения генераторов установки

					<i>130302.2019.198 ПЗ ВКР</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Установки</i>		
<i>Разраб.</i>	<i>Прядеин</i>						
<i>Провер.</i>	<i>Соломин</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Н. Контр.</i>	<i>Аверина</i>				<i>ЮУрГУ</i>		
<i>Утв.</i>	<i>Кирпичникова</i>				<i>Кафедра ЭССиСЭ</i>		
					<i>микروгенерации на основе</i>		
					<i>ВИЭ</i>		

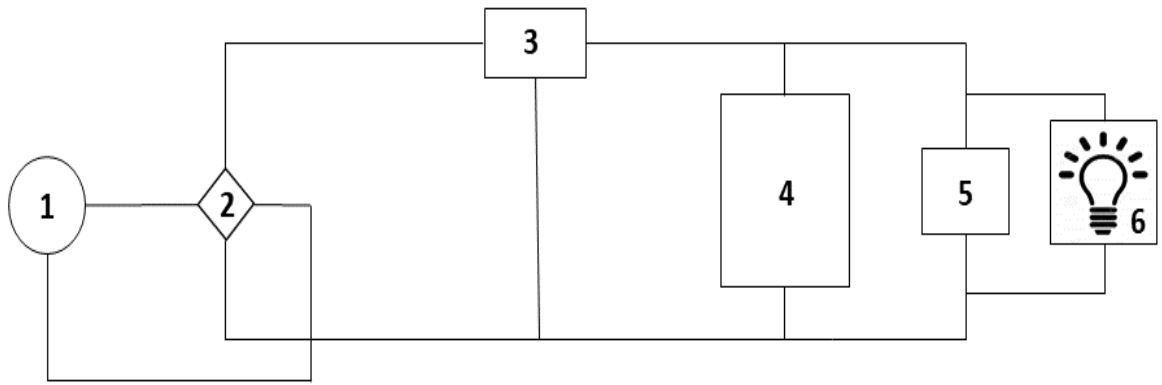


Рисунок 6П — Блок - схема проектируемой установки для микрогенерации  
 где 1 — генератор переменного тока;

- 2 — диодный мост;
- 3 — стабилизатор напряжения;
- 4 — блок аккумуляторных батарей;
- 5 — фото - реле;
- 6 — светодиодный светильник.

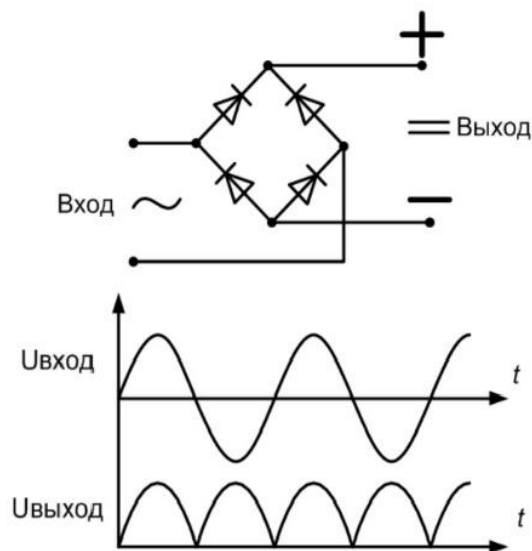


Рисунок 7П — Схема и характеристики диодного моста

					<i>130302.2019.198 ПЗ ВКР</i>					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Установки</i>					
<i>Разраб.</i>	<i>Прядеин</i>							<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Соломин</i>				<i>ЮУрГУ</i>					
<i>Н. Контр.</i>	<i>Аверина</i>							<i>Кафедра ЭССуСЭ</i>		
<i>Утв.</i>	<i>Кирпичникова</i>									
					<i>микрогенерации на основе</i>					
					<i>ВИЭ</i>					

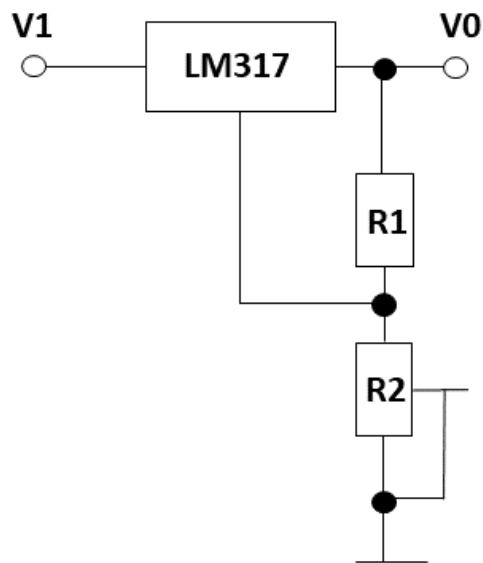


Рисунок 8П — Схема стабилизатора LM317T

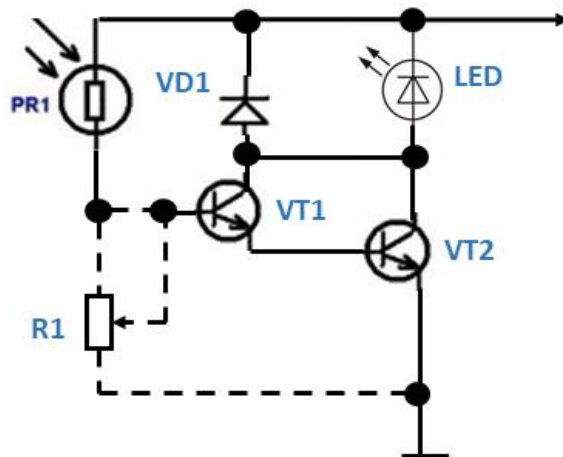


Рисунок 9П — Схема фотореле

					<i>130302.2019.198 ПЗ ВКР</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Установки</i>		
<i>Разраб.</i>	<i>Прядеин</i>						
<i>Провер.</i>	<i>Соломин</i>				<i>ЮУрГУ</i> <i>Кафедра ЭССуСЭ</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Аверина</i>						
<i>Утв.</i>	<i>Кирпичникова</i>						
					<i>микروгенерации на основе</i> <i>ВИЭ</i>		



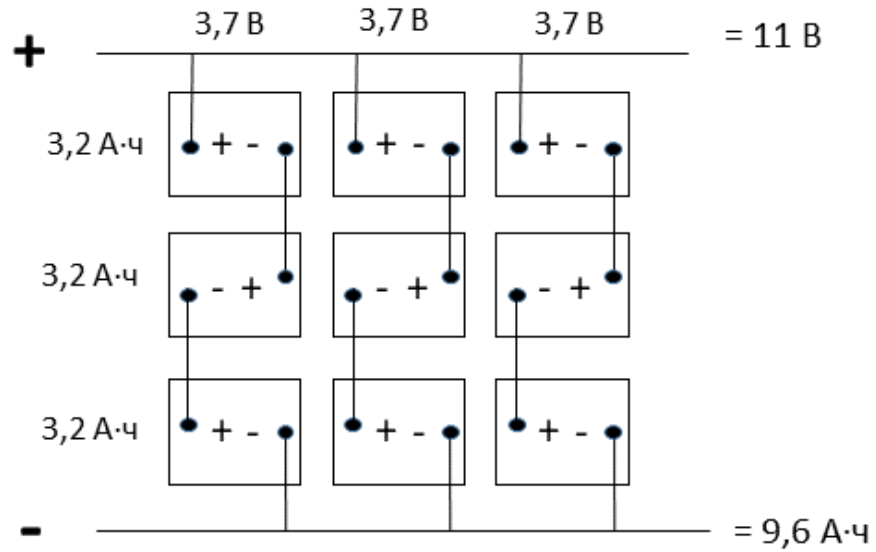


Рисунок 10 П — Схема соединения аккумуляторных батарей

Таблица 3П — Стоимость оборудования ВЭУ.

Компонент ВЭУ	Цена за 1шт, руб.	Количество, шт.	Стоимость, руб.
Кулер	10	20	200
Моторчик	25	20	500
Диодный мост	31	1	31
Стабилизатор LM317T-DG	18	1	18
Аккумуляторы	150	9	1350
Светильник	300	1	300
Фотореле	200	1	200
Дополнительное оборудование	1000	1	1000
		Итого	3600

					<i>130302.2019.198 ПЗ ВКР</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>Установки</i>		
Разраб.	Прядеин						
Провер.	Соломин				<i>микрогенерации на основе</i>		
Н. Контр.	Аверина						
Утв.	Кирпичникова				<i>ВИЭ</i>		
					Лит.	Лист	Листов
					<i>ЮУрГУ</i>		
					<i>Кафедра ЭССиСЭ</i>		