

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Электроэнергетический
Специальность 5В071800 - Электроэнергетика
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Абдильдин Толебай Сериккалиевич
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта : «Электроснабжение сельскохозяйственного предприятия с использованием ветроустановок типа ВРТБ (ветровая роторная турбина Болотова) с резервным питанием от дизельной установки»

Утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.

Срок сдачи законченной работы « » _____ 20 г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

Исследуемым объектом является сельскохозяйственное предприятие, находящееся в Нурынском районе Карагандинской области.
На объекте находится пастбище в 2041 Га, где планируется выпас 1500 голов овец и 500 лошадей.
Потребление электроэнергии в летние сутки составляет 103,699 кВт.ч, в зимние - 112,124 кВт.ч.

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

Целью дипломного проекта является разработка оптимальной схемы электроснабжения сельскохозяйственного предприятия.
К основным задачам данной дипломной работы можно отнести: рассмотрение нескольких вариантов электроснабжения; выбор наиболее оптимального варианта электроснабжения по технико-экономическим показателям. В дипломном проекте будет проведен расчет нагрузки потребителей, а также выбор оборудования, используемое при автономном электроснабжении; построение схем электроснабжения; выбор мер по охране безопасности жизнедеятельности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Генеральный план сельскохозяйственного предприятия.
2. Схемы электроснабжения (принципиальные).
3. Выработка и потребление электроэнергии
4. Выработка и потребление электроэнергии трех вариантов электроснабжения

Рекомендуемая основная литература

1. Бугазко И.А., Левин М.С. Электроснабжения сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов.
2. Виссарионов В.И., Аерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Р.К., Солнечная энергетика, учебное пособие для вузов.
3. База данных по ветропотенциалу Карагандинской области, подготовленная в рамках ПРООН/ГЭФ и правительства Казахстана на «Казахстан - инициатива развития рынка ветроэнергии».
4. Каталоги компаний Grundfos, Astana Solar, Экоэнергомаш, ШТИЛЬ, SDMO Electric.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Основной	Болотов А.В.	11.	А. Болотов
Безопасность жизнедеятельности	Санатова Т.С.	10.4-22.05.14	Т. Санатова
Экономический	Валиева Л.Ш.	19.03.14-23.05.14	Л. Валиева

Аңдатпа

Берілген дипломдық жобада жаңартылмалы энергия көздерінің көмегімен ауылшаруашылық кәсіпорынды электрмен қамтамасыз етудің үш нұсқасы қарастырылды. Зерттелетін нысан мал жайылымы жоспарланатын жайылымдық өріс болып табылады. Электрмен қамтамасыз етудің бірінші нұсқасында роторлық жел турбиналары дизельдік генераторлармен бірге пайдаланылады, резервтік қорек көзі ретінде аккумуляторлық батареялар қолданылады. Екінші нұсқа – роторлық жел турбиналары мен аккумуляторлық батареяларды бірге пайдалану, резервтік қорек көзі – дизель-генераторлық құрылғы. Электрмен қамтамасыз етудің үшінші нұсқасы тек роторлық жел турбиналарының көмегімен жүзеге асады, резервтік қорек көзі аккумуляторлық батареялар түрінде беріледі. Техникалық-экономикалық салыстырма жасай келе, ең оңтайлы нұсқасы таңдалды.

Аннотация

В данном дипломном проекте были рассмотрены три варианта электроснабжения сельскохозяйственного предприятия при помощи возобновляемых источников энергии. Исследуемым объектом является пастбище, где планируется выпас скота. Первый вариант электроснабжения представляет собой комбинированное использование ветровых роторных турбин с дизельным генератором, в качестве резервного источника питания – аккумуляторные батареи. Второй вариант – комбинированное использование ветровых роторных турбин и аккумуляторных батарей, резервный источник питания – дизель-генераторная установка. Третий вариант электроснабжения осуществляется только при помощи ветровых роторных турбин, резервный источник питания представлен в виде аккумуляторных батарей. Исходя из технико-экономического сравнения был выбран наиболее оптимальный вариант.

Annotation

The given graduation project examines three options for electric power supply of agricultural enterprises by means of renewable energy sources. The object under study is pasture intended for grazing. The first electric power supply option is a combined use of rotor-type wind turbines with diesel generator as a backup power source, i.e. accumulator batteries. The second option is a combined use of rotor-type wind turbines and accumulator batteries, where backup power source is diesel driven generator. The third option considers the use of rotor-type wind turbines only, where backup power source is accumulator batteries. The best option was chosen based on the engineering and economical comparison.

Содержание

Введение	7
1 Расчет электроснабжения автономного объекта	9
1.1 Описание местности расположения площадки	9
1.2 Описание потребителя	9
1.3 Выбор скважинного насоса	10
1.4 Расчет нагрузки потребителя	14
1.5 Определение значения солнечной радиации	19
1.6 Выбор фотоэлектрической панели	21
1.7 Определение ветрового потенциала	23
1.8 Выбор ветрогенератора	25
1.9 Выработка электроэнергии КЭС ВРТЬ	29
1.10 Выбор типа аккумуляторных батареи и инвертора для объекта	33
2 Исследование эффективности использования комбинированной системы электроснабжения: КЭС ВРТЬ – дизельный генератор – аккумуляторные батареи	40
2.1 Комбинированное использование КЭС ВРТЬ и аккумуляторных батарей, резервное питание – дизель-генераторная установка	
2.2 Комбинированное использование дизель-генераторной установки и КЭС ВРТЬ, резервное питание – аккумуляторные батареи	46
2.3 Электроснабжение объекта при помощи КЭС ВРТЬ, резервное питание – аккумуляторные батареи	53
3 Выбор защитной аппаратуры и кабелей	56
4 Безопасность жизнедеятельности	62
4.1 Оценка влияния ветроустановок на окружающую среду	62
4.2 Молниезащита объекта	64
4.3 Защита от шума	66
4.4 Разработка сети зануления низковольтного оборудования	69
5 Экономическая часть. Определение экономической эффективности сравниваемых вариантов	72
5.1 Цели разработки проекта	72
5.2 Расчет экономической эффективности сравниваемых вариантов	72
5.3 Сравнение трех вариантов электроснабжения по методу минимальных приведенных затрат	79
Заключение	80
Список литературы	81
Приложение А	
Приложение Б	
Приложение В	
Приложение Г	

Введение

В данной дипломной работе рассматривается электроснабжение сельскохозяйственного предприятия при помощи возобновляемых источников энергии.

Переходя к актуальности данного проекта в первую очередь следует затронуть проблемы экологии. Большинство стран мира борются с количеством парниковых выброс в атмосферу, Казахстан не исключение. Республика Казахстан является участником Рамочной конвенции ООН по изменению климата, которую она ратифицировала в 1995г. В соответствии с Рамочной Конвенцией (РКИК ООН) Казахстан имеет обязательства по выполнению программ, связанных со снижением выбросов в атмосферу «парниковых газов» (ПГ), ответственных за происходящее глобальное потепление климата Земли. Одним из путей снижения выбросов ПГ является замещение традиционных источников энергии в виде нефти, угля и газа, возобновляемыми источниками энергии, такими как гидро, ветро и солнечная энергии, ресурсами которых так богат Казахстан [1]. В последние годы в Казахстане вышли ряд законопроектов, целью которых является развитие возобновляемых источников энергии. К ним относятся поправки в Закон Республики Казахстан о Возобновляемых источниках энергии, которые вышли в 2013 году, а также постановление правительства РК о развитии ветроэнергетики. Стимулом для развития альтернативной энергетики также является постоянные повышения цен на электроэнергию. Также стоит отметить, что большинство потребителей на территории Казахстана находятся далеко от линии электропередач и поэтому остаются без электроэнергии. Решением в данном случае является автономное электроснабжение при помощи возобновляемых источников.

Объектом электроснабжения данного дипломного проекта является сельскохозяйственное предприятие, находящееся в Нурынском районе Карагандинской области. На объекте есть пастбище в 2041 Га, где планируется выпас 1500 голов овец и 500 лошадей. На территории пастбища находятся несколько скважин, соответственно, в работе будет проведен выбор скважинного насоса. Будут построены дома для семей рабочего персонала, т.е. для пастухов и чабанов.

В работе будет предложено три варианта электроснабжения сельскохозяйственного предприятия. При первом варианте электроснабжения главным источником электроэнергии будут ветровые роторные турбины в комбинации с солнечными панелями, в пиковые часы мощность также будут выдавать аккумуляторные батареи, которые будут накапливать энергию в течении суток, а в качестве резервного источника питания была выбрана дизель-генераторная установка, работающая на полную нагрузку. Второй вариант представляет собой электроснабжение объекта, при котором основным источником энергии будет дизель-генераторная установка, работающая на среднее значение нагрузки потребителя. В часы пика

мощность будут выдавать ветрогенераторы с фотоэлектрическими панелями, а также аккумуляторные батареи, которые одновременно выступают и в качестве резервного источника питания. В третьем варианте электроэнергию будут вырабатывать только ветровые роторные турбины в комбинации с фотоэлектрическими панелями, в качестве резервного питания возьмем аккумуляторные батареи, работающие также в часы пика.

Целью данной дипломной работы является разработка оптимальной схемы электроснабжения сельскохозяйственного предприятия.

К основным задачам данной дипломной работы можно отнести: рассмотрение нескольких вариантов электроснабжения; выбор наиболее оптимального варианта электроснабжения по технико-экономическим показателям. Для достижения указанных целей поставлены следующие задачи: расчет нагрузки потребителей; ознакомление с перечнем оборудования, используемое при автономном электроснабжении; выбор оборудования; построение схем электроснабжения; технико-экономический расчет вариантов электроснабжения; выбор мер по охране безопасности жизнедеятельности.

Следует также затронуть значимость данного дипломного проекта. В наши дни, энергия ветра, наиболее популярна среди альтернативных источников электроэнергии, но пока не настолько, чтобы составить реальную конкуренцию традиционным энергоносителям. Кроме этого, сказывается недостаток информации и очевидная неготовность общества думать об экологически безмятежном будущем грядущих поколений. Поэтому подобного рода работы являются толчком для развития ветроэнергетики в нашей стране. Масштабы использования ветроэлектрических станций в Республике Казахстан с учётом их экономических преимуществ перед традиционными генерирующими источниками и имеющихся в стране возобновляемых энергетических ресурсов ограничены лишь технологическими соображениями и потребностью в электроэнергии. Наиболее перспективными регионами по совокупности способствующих развитию ветроэнергетики факторов представляются: в южной зоне – Алматинская, Жамбылская, Южно-Казахстанская области; в западной зоне – Мангистауская и Атырауская области; в северной зоне – Акмолинская область; в центральной зоне – Карагандинская область. Энергетически и экономически эффективное широкомасштабное использование ВЭС является перспективным инновационным направлением электроэнергетики, которое выгодно и для производителей, и для потребителей электроэнергии, выгодно оно и для государства. Республика Казахстан располагает достаточным экономическим потенциалом для стимулирования активного вовлечения возобновляемых источников энергии в энергобаланс страны. Для устойчивого рационального развития ветроэнергетики в Казахстане необходима Генеральная схема размещения ветроэлектрических станций, которая учитывала бы интересы потребителей, сетевых предприятий и инвесторов, а прежде всего - интересы энергетической безопасности государства.

1 Расчет электроснабжения автономного объекта

1.1 Описание местности расположения площадки

Рассматриваемый в данном проекте объект находится в Карагандинской области, которая в данное время не является энергодефицитной. Электроэнергия вырабатывается на Карагандинской ГРЭС-1, Карагандинской ГРЭС корпорации «Казахмыс», ТЭЦ-1,3 ТОО «Караганды-Жылу», ТЭЦ-2 ОАО «ИспатКармет», ТОО «Тентекская ТЭЦ», ТЭЦ-ПВС ОАО «ИспатКармет», Жезказганская ТЭЦ корпорации «Казахмыс», Балхашская ТЭЦ корпорации «Казахмыс», Кумкольская ГТЭС. Однако, из-за большой площади в Карагандинской области, так же как и во многих других областях нашей страны, остаются потребители малой и средней мощностей, которые не обеспечены электроэнергией.

Исследуемый объект – сельскохозяйственное предприятие, которое находится в Карагандинской области, в 40 км в юго-западном направлении от административного центра Нурина района – поселка Киевка.

1.2 Описание потребителя

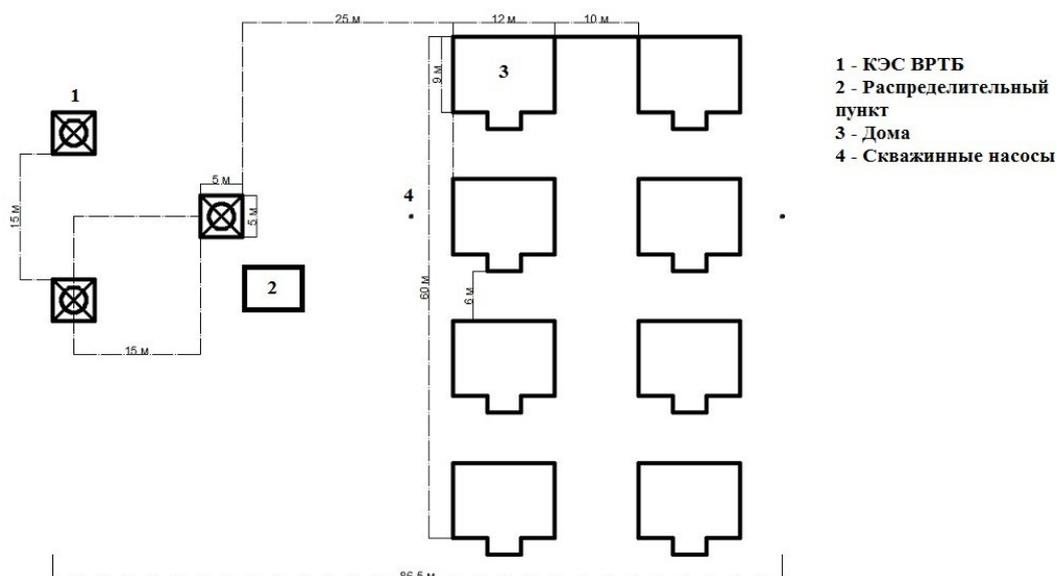


Рисунок 1.1 – Схема размещения потребителей

Выше было отмечено, что объектом данного проекта является сельскохозяйственное предприятие. На пастбищной территории, площадью 2041 Га и где планируется выпас скота, имеется несколько скважин, диаметром около 120 мм. Будут выбраны два скважинных насоса, которые

должны будут покрыть потребление воды скотом и рабочим персоналом: 1500 голов овец, 500 голов лошадей. Для содержания такого поголовья потребуется 5 пастухов и 3 чабана. С учетом того, что у каждого есть своя семья, требуемое количество домов – 8, которые нужно обеспечить электроэнергией.

На рисунке 1.1 представлена схема размещения потребителей и источников электроэнергии. На рисунке не указаны такие объекты как помещение для корма скота и места загона, так как они расположены далеко от домов и источников электроэнергии.

На схеме указаны ветровые роторные турбины, рядом с ними расположен распределительный пункт. Рядом с домами расположены скважинные насосы.

После описания исследуемого объекта следует перейти к выбору скважинного насоса, так как насос является основным потребителем электроэнергии.

1.3 Выбор скважинного насоса

Объект представляет собой пастбище, которое находится в Нуринском районе Карагандинской области, поселок Езинди. В данном районе находятся пять пастбищных объектов, в проекте будет рассмотрено пастбище размером в 2041 Га. На территории пастбища находятся большое количество скважин, куда будут остановлены скважинные насосы производства Grundfos. Известно, что диаметр скважин примерно равен 120 мм, глубина скважины около 18 метров, а подача воды должна быть 4 л/с.

Ниже представлен рисунок, при помощи которого осуществлялся выбор скважинного насоса. По оси абсцисс указан расход насоса в л/с и в м³/ч, а по оси ординат – максимальная глубина выкачки. Опираясь на данные скважины выбираем скважинный насос Grundfos SP 14A–7.

Таблица 1.1 – Технические характеристики SP 14A–7

Электродвигатель		Напряжение, В	С	В	А	D	E*	Масса, кг
Модель	Мощность, кВт							
MS 402	2.2	3x400	640	346	986	95	101	19

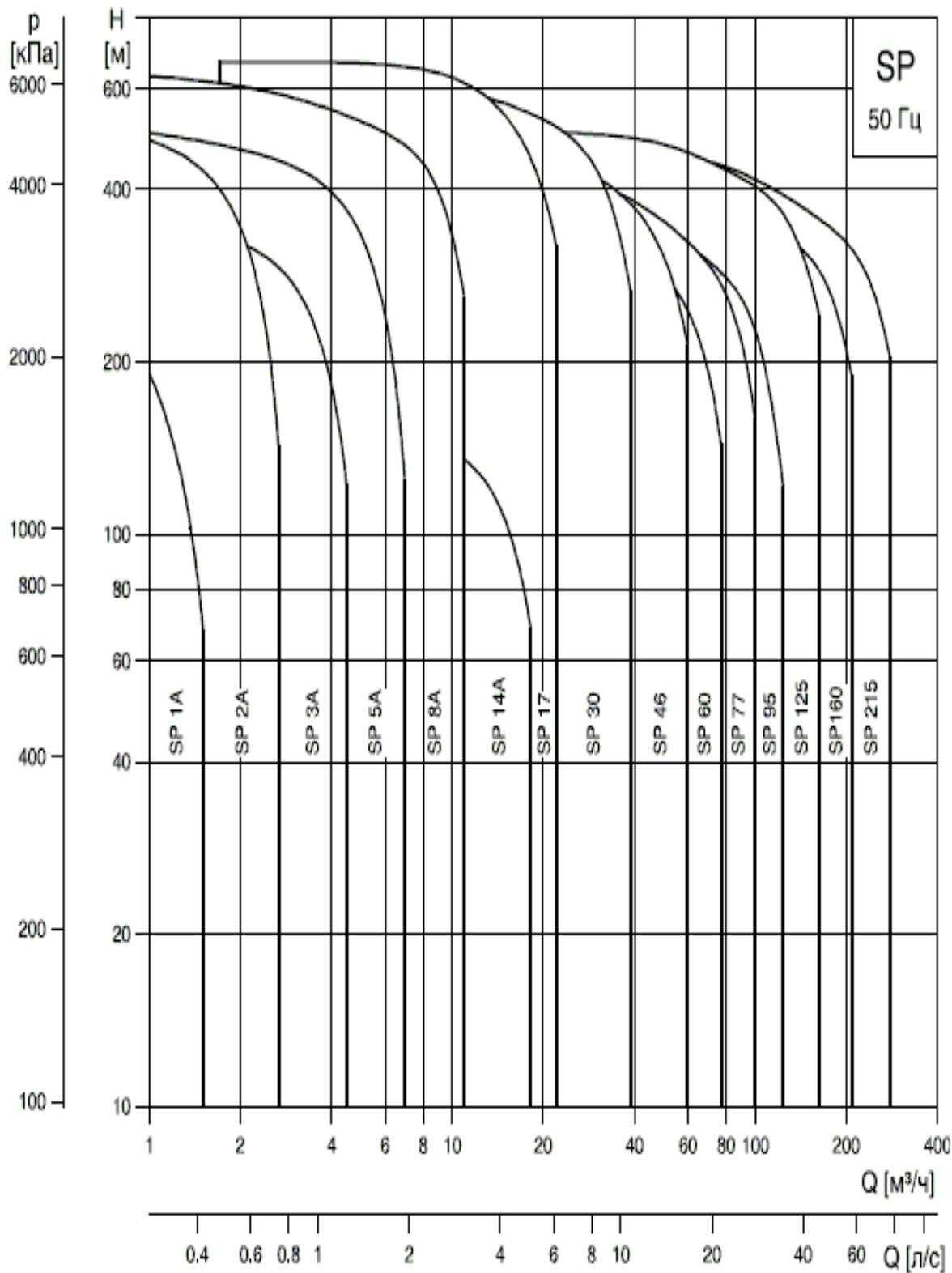


Рисунок 1.2 – Выбор скважинного насоса

После выбора скважинного насоса следует перейти к техническим характеристикам насоса.

На рисунке 1.3 представлен внешний вид скважинного насоса SP 14А-7, а также его размеры.

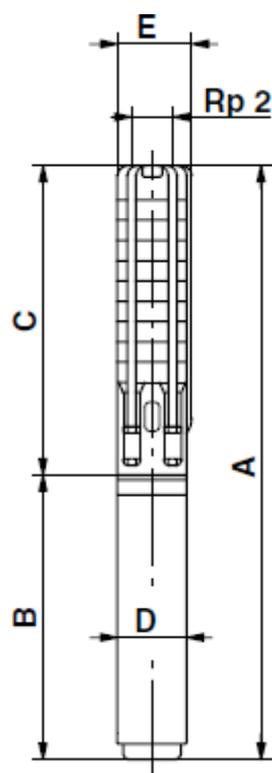


Рисунок 1.3 – Размеры насоса

Рабочие жидкости, а также материал, используемый в насосах расписан ниже.

Для перекачивания питьевой, технической и морской воды, а также минерализованной и горячей воды без абразивных или длинноволокнистых включений (содержание песка не более 50 г/м³). Рабочая жидкость не должна вступать в химические реакции с материалами, из которых изготовлен насос. Специальные исполнения насосов SP A-N и SP-N, изготовленные из нержавеющей стали 1.4401, и исполнения SP A-R и SP-R, изготовленные из нержавеющей стали 1.4539 по стандартам DIN, могут применяться для перекачивания агрессивных жидкостей [2].

В каждой серии насосы подразделяются на виды в зависимости от глубины выкачивания воды. На рисунке 1.4 представлена зависимость расхода воды от глубины выкачки. В соответствии с параметрами скважины из серии SP 14 A выбираем скважинный насос 7.

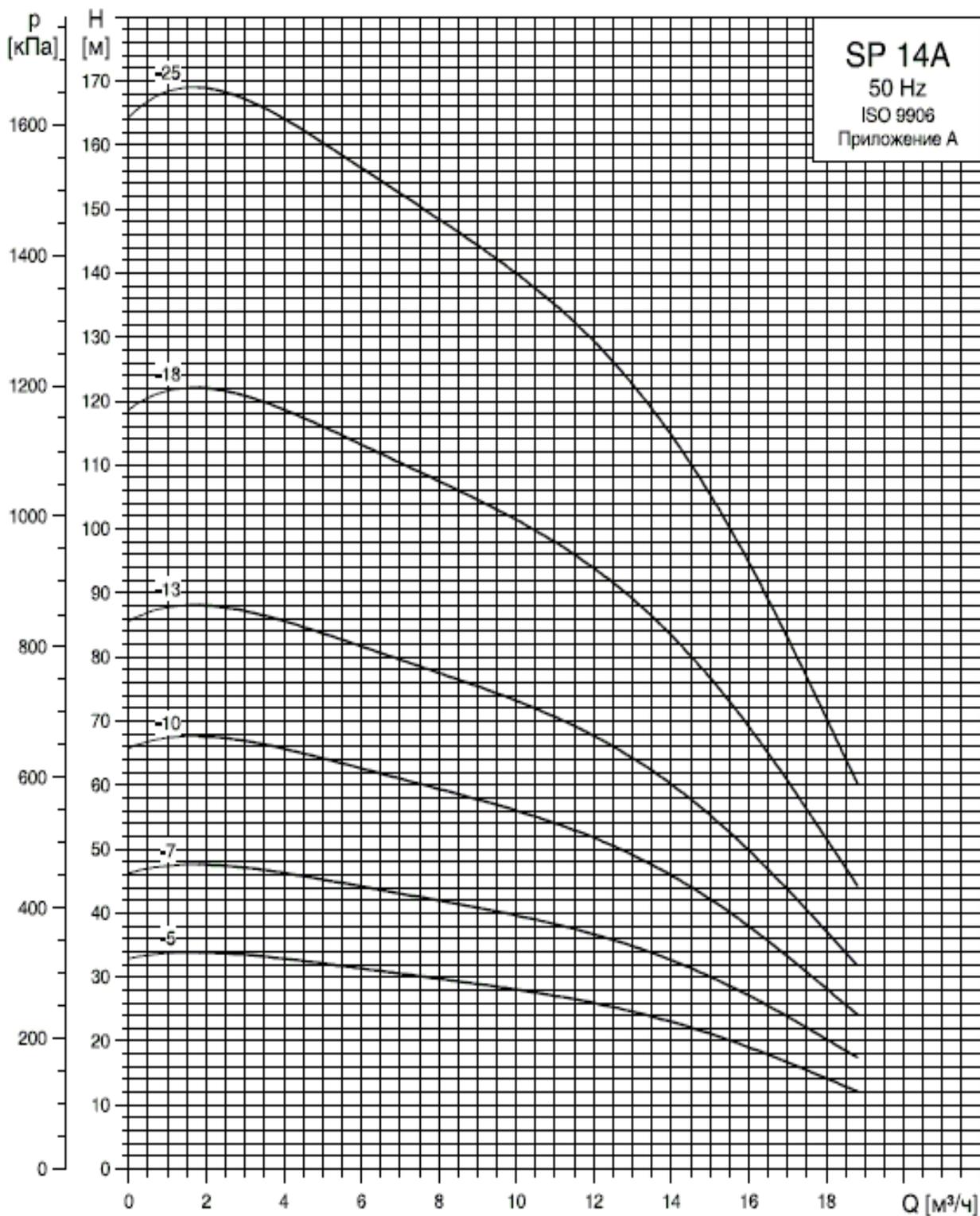


Рисунок 1.4 – Диаграммы характеристик

Помимо тех технических данных, которые можно найти на графиках и диаграммах, описывающие скважинный насос SP 14 A – 7, есть также более подробные данные в каталогах производителя данных насосов. К примеру, такие данные как максимальная температура, компоновка скважинного насоса, технические характеристики используемого электродвигателя и т.д. описаны в таблицах ниже.

Таблица 1.2 – Максимальная температура и глубина погружения насоса

Электродвигатель	Максимальная глубина погружения насоса, м	Скорость потока, обтекающего электродвигатель	Компоновка	
			Вертикальная	Горизонтальная
4-х дюймовый, MS402	150	Свободная конвекция, нулевая скорость	20°С	Рекомендуется установка охлаждающего кожуха на всасывании

Таблица 1.3 – Характеристики двигателя MS402

Обмотка	Частота	Класс защиты	Класс изоляции	Частота включения	Колебания напряжения
3 х 400 В - прямое включение	50 Гц	IP58	В до мощности 5,5 кВт (4-дюймовые)	не чаще 30 р/час или 300 р/сутки	+6/-10% от номинального напряжения электродвигателя

Как было уже отмечено выше максимальное потребление электроэнергии именно у скважинного насоса. Далее перейдем к расчету нагрузки потребителя.

1.4 Расчет нагрузки потребителя

На данный момент большинство удаленных потребителей находятся без подачи электроэнергии. Потребляемая ими мощность очень мала для протягивания к ним линии электропередач. В данной работе рассматриваемым объектом является сельскохозяйственное предприятие. Потребители электроэнергии в таких предприятиях работают в повторно-кратковременном режиме. Поэтому среднее значение мощности в течение часа работы отличается от номинальной мощности электроприемника. Для определения средней мощности используют коэффициент использования c .

Полная мощность, потребляемая приемниками предприятия, рассчитывается по формуле:

$$S = \frac{P_i \cdot K_{uc}}{\cos\varphi}, \quad (1.1)$$

где P_i – номинальная мощность электроприемника.

Произведем расчет в качестве примера расчет для первого приемника:

$$S_1 = \frac{0,5 \cdot 0,25}{0,75} = 0,166 \text{ кВ.}$$

Энергия, которую потребляют электроприемники рассчитывается по формуле:

$$W_i = S_i \cdot t_{\text{раб}}, \quad (1.2)$$

где S_i – Полная мощность, потребляемая приемниками;

$t_{\text{раб}}$ – время работы электроприемника.

Для первого электроприемника:

$$W_1 = 0,166 \cdot 24 = 3,984 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

В таблице 1.4 приведен список потребителей электроэнергии на сельскохозяйственном предприятии с указанием их номинальной мощности, коэффициента мощности и полной мощности с учетом коэффициента использования. Учтены повышения потребления с уменьшением светового дня. Количество электроэнергии, которую потребляет один дом за зимний и летний день, отражено в таблице 1.4. В данной таблице минимальный перечень бытового оборудования, необходимый для жизни. Также для точного выбора мощности ветроустановок типа ВРТБ важно знать почасовой суточный график потребления.

Таблица 1.4 – Нагрузки электроприемников одного дома

№	Наименование ЭП	Кол-во	P _{уст.} , кВт	P _Σ , кВт	Cosφ	K _{ис}	S, кВА	t _{раб.} , ч		Потребление кВт/ч	
								Зима	Лето	Зима	Лето
1	Холодильник	1	0,5	0,5	0,75	0,25	0,166	24	24	3,984	3,984
2	Стиральная машина	1	1	1	0,75	0,25	0,333	2	2	0,666	0,666
3	Пылесос	1	0,5	0,5	1	0,2	0,1	1	1	0,1	0,1
4	Общее освещение	5	0,10	0,5	1	1	0,5	8	6	4,0	3,0
5	Электрический чайник	1	2	2	1	0,25	0,5	2	1	1	0,5
6	Персональный компьютер	1	0,2	0,2	0,9	1	0,222	3	3	0,666	0,666
7	Утюг	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5
8	Телевизор	1	0,15	0,15	0,9	1	0,166	7	7	1,162	1,162

9	Микроволновая печь	1	0,6	0,6	1	0,25	0,15	1	1	0,15	0,15
---	--------------------	---	-----	-----	---	------	------	---	---	------	------

Ниже представлена таблица нагрузки скважинного насоса. Насос выбирался по параметрам скважины, глубина которого составляет 18 метров при напоре 4 л/с. На территории пастбища находится две скважины. Количество часов работы скважинного насоса определялось по объему потребляемой воды. На территории пастбища, площадью 2041 Га, происходит выпас 1500 голов овец и 500 голов лошадей. В среднем на одну овцу приходится 10 литров воды в сутки, а для лошади эта цифра равна 50. Для данного поголовья скота необходимо 5 пастухов (1500 овец) и 3 чабана (500 лошадей). С учетом коэффициента семейственности (3), на территории пастбища будут работать 8 семей (25 человек), для которых необходимо 8 домов. В среднем человек расходует 250 литров воды в сутки. Приняв во внимание все данные, вычисляется количество часов работы скважинного насоса. Получилось, что в среднем зимой насос будет работать 4 часа, а летом - 5.

Таблица 1.5 – Нагрузка скважинного насоса

№	Наименование ЭП	Кол- во	P _{уст} , кВт	P _Σ , кВт	Cos φ	K _{ис}	S, кВА	t _{раб} , ч		Потребление кВт/ч	
								Зима	Лето	Зима	Лето
10	Скважинный насос	2	2,2	4,4	0,8	0,65	3,575	4	5	14,3	17,875

В таблицах 1.6 и 1.7 приводятся информация о летнем и зимнем суточном графике нагрузок пастбища.

Таблица 1.6 – Суточный летний график потребления одного дома

№ час	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
0-1	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
1-2	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
2-3	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
3-4	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
4-5	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
5-6	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
6-7	1,328	0	0	4	0	0	0	0	0	0	5,328
7-8	1,328	0	0	4	0	0	0	1,328	0	3,575	10,231
8-9	1,328	0	0	0	0	0	0	1,328	0	3,575	6,231
9-10	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
10-11	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
11-12	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
12-13	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
13-14	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
14-15	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
15-16	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
16-17	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328

Продолжение таблицы 1.6

17-18	1,328	0	0	0	0	0	0	1,328	0	0	2,656
18-19	1,328	0	0	0	0	0	0	1,328	0	3,575	6,231
19-20	1,328	2,664	0,8	4	4	1,776	0	1,328	1,2	3,575	20,671
20-21	1,328	2,664	0	4	0	1,776	4	1,328	0	3,575	18,671
21-22	1,328	0	0	4	0	1,776	0	1,328	0	0	8,432
22-23	1,328	0	0	4	0	0	0	0	0	0	5,328
23-24	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328

Из таблицы следует, что максимум нагрузки падает на период от 19 до 20 часов и он составляет 1,554кВт в летнее время и 1,832кВт в зимнее время.

Таблица 1.7 – Суточный зимний график потребления одного дома

№ Час	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
0-1	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
1-2	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
2-3	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
3-4	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
4-5	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
5-6	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
6-7	1,328	0	0	4	4	0	0	0	0	0	9,328
7-8	1,328	0	0	4	0	0	0	1,328	0	3,575	10,231
8-9	1,328	0	0	0	0	0	0	1,328	0	3,575	6,231
9-10	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
10-11	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
11-12	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
12-13	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
13-14	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
14-15	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
15-16	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
16-17	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328
17-18	1,328	0	0	4	0	0	0	1,328	0	0	6,656
18-19	1,328	0	0	4	0	0	0	1,328	0	3,575	10,231
19-20	1,328	2,664	0,8	4	4	1,776	0	1,328	1,2	3,575	20,671
20-21	1,328	2,664	0	4	0	1,776	4	1,328	0	0	15,096
21-22	1,328	0	0	4	0	1,776	0	1,328	0	0	8,432
22-23	1,328	0	0	4	0	0	0	0	0	0	5,328
23-24	1,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,328

Итого потребление электроэнергии летом составило 103,699 кВт·ч, зимой – 112,124 кВт·ч. Суточные графики потребления электроэнергии строятся на основе данных, которые приведены в таблицах 1.6 и 1.7. Данные диаграммы представлены на рисунках 1.5 и 1.6. На рисунке 1.7 приведена совмещенная диаграмма суточного графика потребления электроэнергии одним домом.

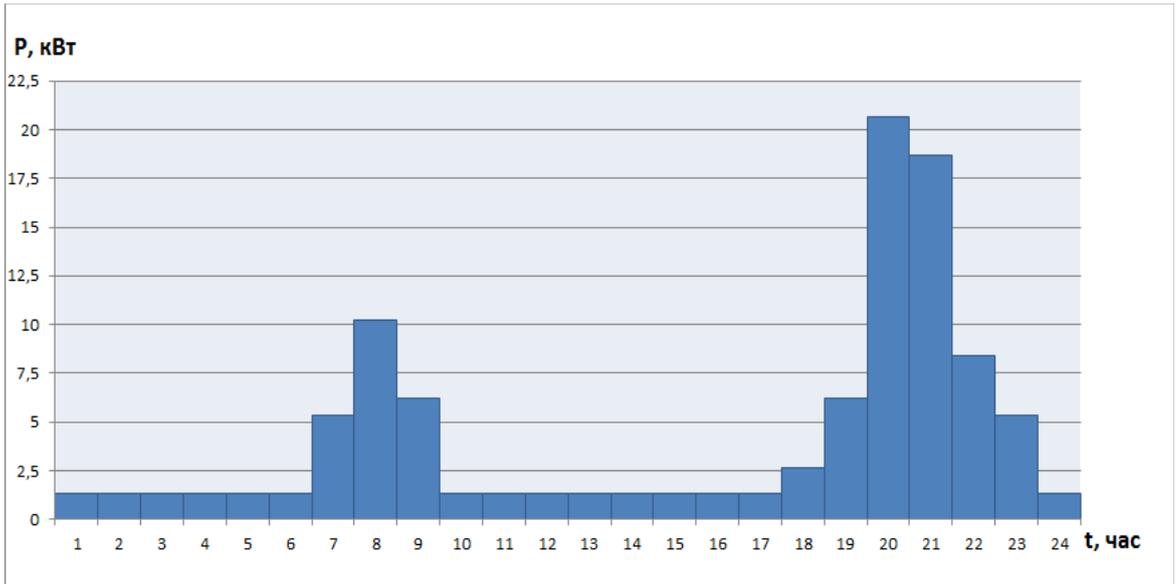


Рисунок 1.5 – Суточный график нагрузки (Лето)

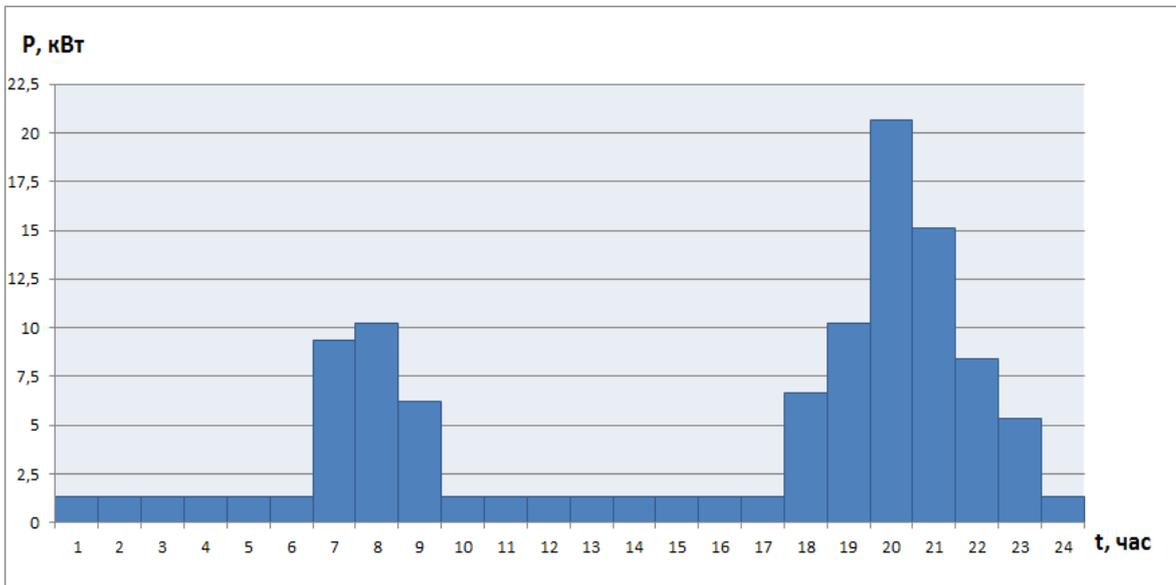


Рисунок 1.6 – Суточный график нагрузки (Зима)

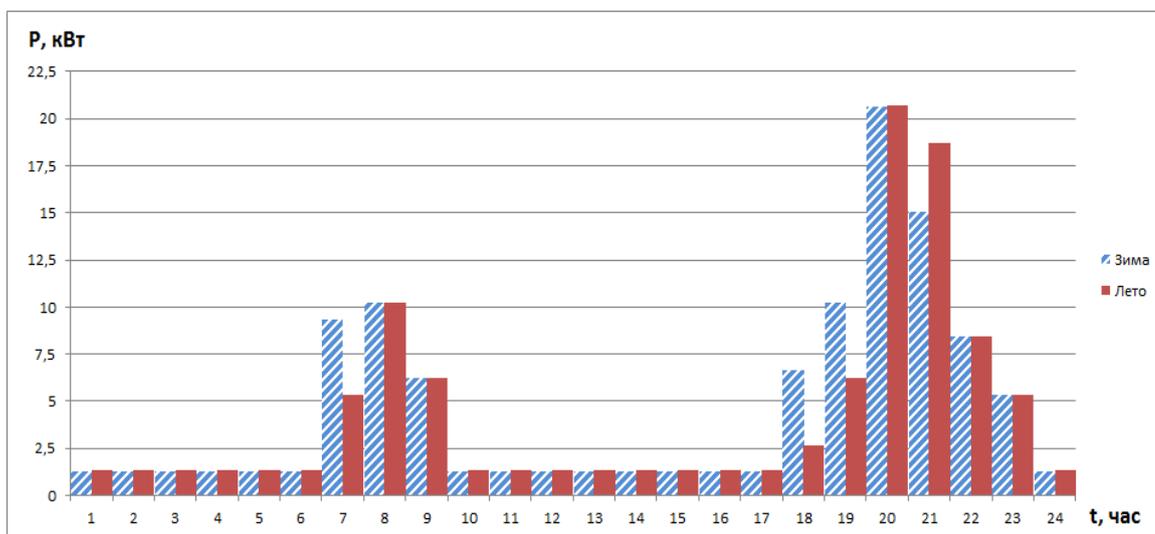


Рисунок 1.7 – Совмещенный летний и зимний суточные графики нагрузки для одного дома

После расчета нагрузок потребителей и построение суточных летних и зимних графиков перейдем к расчету солнечного и ветрового потенциала исследуемого региона [3].

1.5 Определение значения солнечной радиации

Исходными данными для расчета являются географические координаты места нахождения нашего объекта, а также значение максимальной солнечной радиации. Как указывалось ранее, объект находится в районе поселка Езинды. Соответственно географические координаты северной широты объекта равны 49°.

Расчет производится по следующим формулам. Склонение Солнца δ в данные сутки n определяется по формуле Купера:

$$\delta = \delta_0 \cdot \sin\left(\frac{360 \cdot (284 + n)}{365}\right) \quad (1.3)$$

где $\delta_0 = +23^\circ 27' = 23,45^\circ$ для северного полушария;
 n – номер суток с начала года.

Для расчета принимаем средний день в январе, т.е. номер суток с начала года будет равен 15.

$$\begin{aligned} \delta &= 23,45 \cdot \sin\left(\frac{360 \cdot (284 + 15)}{365}\right) = 23,45 \cdot \sin 294,9 = 23,45 \cdot (-0,907) \\ &= -21,31^\circ. \end{aligned}$$

Продолжительность солнечного дня в данные сутки в точке А - T_c рассчитывается по формуле:

$$T = \frac{2}{15} \cdot (\arccos[-\operatorname{tg}\varphi_0 \cdot \operatorname{tg}\delta]), \quad (1.4)$$

где φ_0 – северная широта;
 δ – склонение Солнца.

$$\begin{aligned} T_c &= \frac{2}{15} \cdot \arccos[-\operatorname{tg}49^\circ \cdot \operatorname{tg}(-21,31^\circ)] = \frac{2}{15} \cdot \arccos[-1,15 \cdot (-0,39)] \\ &= \frac{2}{15} \cdot 63,35 = 8,45 \text{ ч.} \end{aligned}$$

Следующим этапом будет расчет изменения мощности потока солнечной радиации. Расчет производим по следующим формулам:

$$R_h = R_{hmax} \cdot \sin\left(\frac{180 \cdot t}{c}\right), \quad (1.5)$$

где R_{hmax} – максимальная солнечная радиация для данной территории;
 T_c - продолжительность солнечного дня.

Опираясь на справочные данные, нам известно, что максимальная солнечная радиация Нуринского района составляет 700 Вт/м².

$$R_h = 700 \cdot \sin\left(\frac{180 \cdot 1}{254,3 \cdot 8,45}\right) = 700 \cdot \sin 21,3 = 700 \cdot 0,36 = \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Таблица 1.8 – Расчет солнечной радиации в течении суток

Вр.мест гр	t',ч	ta,ч	Rh, Вт/м2	Вр.мест гр	t',ч	ta,ч	Rh, Вт/м2
1	0	1	0,00	13	5	13,77	671,14
2	0	2	0,00	14	6	14,77	553,03
3	0	3	0,00	15	7	15,77	359,35
4	0	4	0,00	16	8,45	16,77	0,00
5	0	5	0,00	17	0	17	0,00
6	0	6	0,00	18	0	18	0,00
7	0	7	0,00	19	0	19	0,00
8	0	8,77	0,00	20	0	20	0,00

9	1	9,77	254,30	21	0	21	0,00
10	2	10,77	473,85	22	0	22	0,00
11	3	11,77	628,65	23	0	23	0,00
12	4	12,77	697,55	24	0	24	0,00

В таблице 1.8 посчитан потенциал солнечной радиации в каждый час суток. Суммарная мощность потока радиации равна 3637,86 Вт/м². Исходя из этих данных следует выбрать фотоэлектрические панели [4].

1.6 Выбор фотоэлектрической панели

Были выбраны фотоэлектрические панели отечественного производителя Astana Solar – KZ PV 230 M60. Основной причиной выбора данных фотоэлектрических панелей была – отечественный производитель, соответственно, цена ниже других зарубежных производителей.

Особенности данных панелей:

- казахстанский кремний высокого качества;
- сертификат соответствия нормам: IEC61215, IEC61730-1, IEC61730-2 от сертифицирующей европейской организации «Certisolis»;
- экологическая безопасность;
- высокий КПД: от 16%;
- эксплуатационная гарантия 25 лет;
- контроль качества на всех уровнях производства;
- автоматизированный процесс технологического производства.

На рисунке 1.8 показаны размеры выбранной фотоэлектрической панели, ее передний и задний виды, а также размеры сечений.

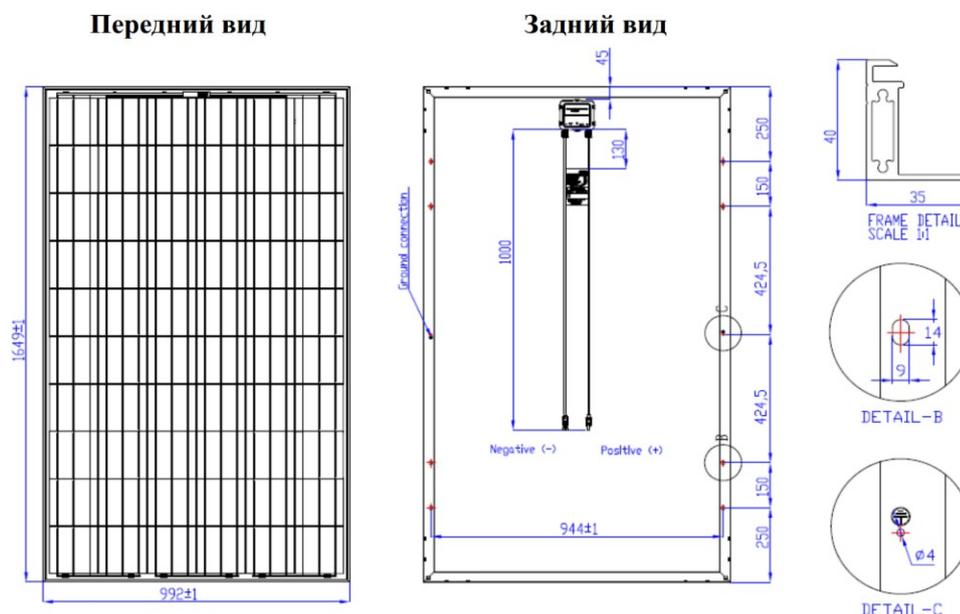


Рисунок 1.8 – Фотоэлектрическая панель KZ PV 230 M60

Ниже представлена таблица с характеристиками фотоэлектрической панели. Размеры фотоэлектрического модуля понадобятся для расчета выдачи мощности одной панелью.

Таблица 1.9 – Характеристики фотоэлектрического модуля

Параметры	Описание
Тип фотоэлектрических ячеек	Монокристаллические 6" (156 x 156 мм)
Конфигурация модуля	6 колонок x 10 рядов
Размеры	1649 мм x 992 мм x 40 мм
Вес	19,5 кг
Стекло	Закаленное, с низким содержанием железа
Материал рамок	Анодированный алюминиевый сплав
Максимальная нагрузка на поверхность	5,400 Па согласно IEC 61215
Рабочие температуры	-40°C до 80°C
Относительная влажность	0 до 100 %

Согласно таблице 1.9, выбранные фотоэлектрические панели обладают высокой температурной стойкостью и влагостойкостью. Ниже представлены электрические характеристики.

Таблица 1.10 – Электрические характеристики

Электрические характеристики	220 Вт. ум	225 Вт. ум	230 Вт. ум	235 Вт. ум	240 Вт. ум
Оптимальное рабочее напряжение (V_{mp})*	29.4	29.5	29.6	29.7	29.8
Оптимальный рабочий ток (I_{mp})*	7.5	7.6	7.7	7.9	8.1
Напряжение разомкнутой цепи (V_{oc})*	36.8	37.0	37.1	37.2	37.4
Ток короткого замыкания (I_{sc})*	8.3	8.4	8.4	8.7	8.8
Нормальная рабочая температура фотоэлемента (NOCT)	46.0 °C +/- 2°C				
Поправочный коэффициент электрического тока (TkI_{sc})	(0.06) %/ °C				
Поправочный коэффициент напряжения (TkV_{oc})	-(0.33) %/ °C				
Поправочный коэффициент мощности (TkP_{max})	-(0.45) %/ °C				
Максимальное рабочее напряжение	1000 В для IEC				
Все параметры приведены к стандартным условиям испытаний: Оптическая область спектра AM(AirMass) 1.5; плотность потока солнечной энергии 1000 Вт/м ² ; температура фотоэлектрических солнечных элементов 25 °C					
* Предварительное, финальный параметр в пределах ±5%					

Определив потенциал солнечной радиации перейдем к определению ветрового потенциала исследуемого региона [5].

1.7 Определение ветрового потенциала

Одной из основных задач является определение ветрового потенциала Карагандинского района. Данные для расчета взяты с официального сайта Комитета по Возобновляемым Источникам Энергии, из базы данных по ветропотенциалу для Карагандинской области [6].

Годичные измерения скорости и направления ветра для оценки ветрового потенциала были осуществлены в соответствии с международными стандартами (IEA/IEC).

В течении одного года проводились замеры скорости ветра в данном регионе. Из проведенного исследования была измерена скорость ветра каждые 10 минут в течении одного года. Наибольшая скорость в регионе достигала 26 м/с. Упорядочив в порядке убывания скорости ветра я подсчитывал какое количество часов в году дует та или иная скорость. Скорость ветра ниже 3 м/с не учитывалась, так как ниже данного показателя ветровые роторные турбины не вырабатывают мощность. Расчеты проводились в экселе и в таблице 1.11 представлены скорости ветра, число часов в год, когда наблюдалась данная скорость ветра и ветровой потенциал.

Таблица 1.11 – Ветровой потенциал Карагандинской области

Скорость ветра, м/с	Время, час	Ветровой потенциал, кВт
26	0,666	7,16
25	2,666	25,47
24	2	16,9
23	2,333	17,36
22	2,666	17,36
21	3,833	21,7
20	5,166	25,27
19	11,833	49,63
18	19,833	70,73
17	24	72,1
16	39,666	99,35
15	67,833	139,99
14	102,666	172,27
13	132	177,33
12	162,166	171,35
11	206,5	168,07
10	327,833	200,47

Продолжение таблицы 1.11

9	509,5	227,12
8	675,5	211,49
7	846	177,44
6	870,83	115,02
5	866,5	66,23
4	698,666	27,34

Ветровой потенциал Карагандинской области вычислялся [7]:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \cdot t, \quad (1.6)$$

где ρ – плотность воздуха, 1,223 кг/м³;

V – скорость ветра;

t – время, в течении которого дул ветер со скоростью V .

Для примера проведем расчет для скорости 26 м/с:

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1,223 \cdot 26^3 \cdot 0,666 = 7,16 \text{ кВт.}$$

По данным таблицы 1.11 строится график зависимости скорости ветра от потенциальной мощности ветра.

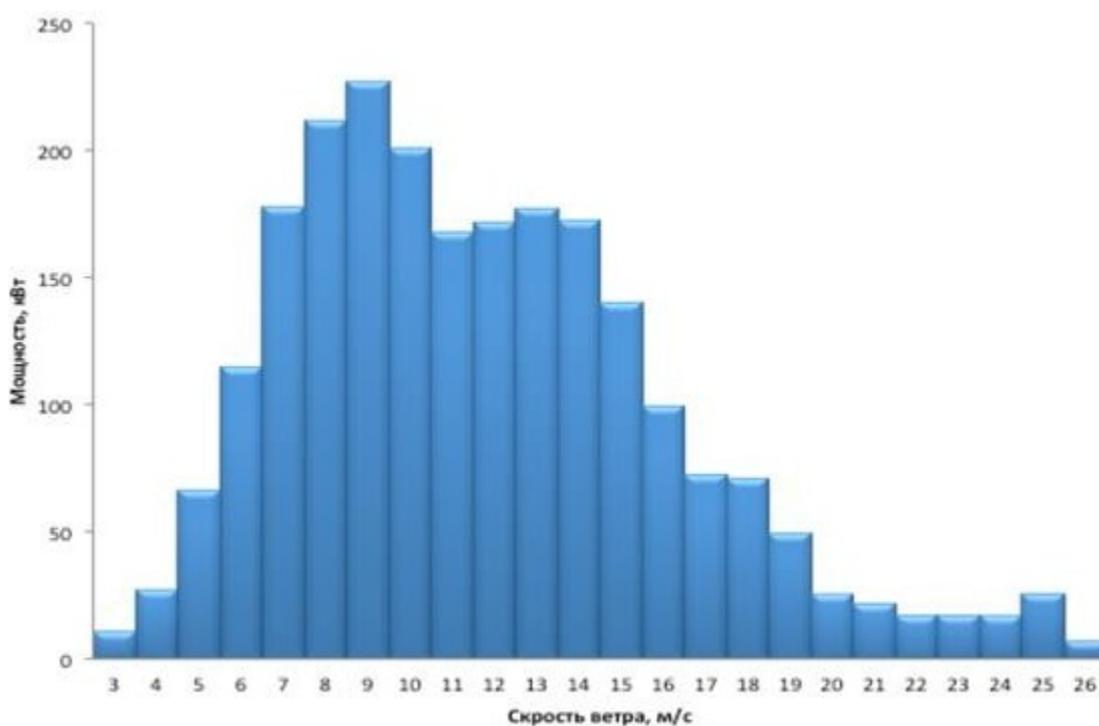


Рисунок 1.9 – Ветровой потенциал региона

Изучая график, представленный на рисунке 1.9, видно, что наибольший ветровой потенциал в данном регионе при скоростях ветра от 7 до 11 м/с. После того как просчитали ветровой потенциал, перейдем к выбору ветрогенератора.

1.8 Выбор ветрогенератора

Для выработки электроэнергии была выбрана Комплексная энергетическая система «Ветровая Роторная Турбина Болотова» (КЭС ВРТБ) мощностью 10 кВт.

ВРТБ - ветроэлектростанция с вертикально расположенным валом генератора (VAWT). Основным преимуществом конструкции ветростанции является ее независимое «наведение на ветер». Ветросиловая часть принимает ветер с любой стороны автоматически без каких-либо настроечных операций и не требует разворота станции при изменении направления ветра. Неограниченная скорость вращения ротора позволяет работать со всеми встречающимися ветрами, включая штормовые. Внутренняя аэродинамика модулей согласована с местными свойствами ветра, а количество установленных модулей определяется требуемой мощностью ветроэлектростанции. Ветросиловая часть станции сконструирована таким образом, что позволяет преобразовать с высоким КПД кинетическую энергию ветра в механическую энергию вращения вала и работоспособна в любом диапазоне встречающихся в природе ветров.

В результате использования уникального решения системы ротор-статор, которая «форсирует» поступающий ветер, а также грамотного решения электрической схемы и генератора стало возможным преобразование кинетической энергии ветра в механическую на уровне 39-42 % и преобразование механической энергии в электрическую на уровне 90-94 % соответственно. Модульная конструкция позволяет установить необходимую мощность для потребителя, основываясь на характеристиках ветра в месте установки. Другое преимущество ветроэлектростанции - расположение генератора, электрической схемы и аккумуляторов на уровне земли. Это позволяет своевременно, легко и без больших затрат производить техническое обслуживание станции. Как результат - низкая стоимость кВт·ч электроэнергии и удобство эксплуатации.

Комплексная Энергетическая Система «Ветровая Роторная Турбина Болотова» (КЭС ВРТБ) предназначена для эффективного энергоснабжения технической аппаратуры и оборудования отдаленно-дислоцированных объектов (в т.ч. коммуникации и связи) в различных макроклиматических районах их размещения.

КЭС ВРТБ – гибридный комплекс преобразования энергии возобновляемых источников (ветер, Солнце), безопасный для окружающей

среды, представляющий собой блочно-модульную систему наземного размещения в составе:

- ветровой роторной турбины ВРТБ4М2 (контрвращение);
- балансирующего фотоэлектрического устройства БУСБ;
- единой (унифицированной) опоры для размещения ВРТБ и БУСБ на грунте;
- блока аккумуляторных батарей;
- инверторно-зарядной системы КЭС ВРТБ;
- системы мониторинга за параметрами работы КЭС ВРТБ.



Рисунок 1.10 – КЭС ВРТБ

КЭС ВРТБ обеспечивает работоспособность оборудования отдаленно-дислоцированных объектов в различных режимах путем качественного преобразования кинетической энергии ветрового потока и солнечной инсоляции в электрическую (220В, 50Гц).

Особенности:

- надежность;
- высокая безопасность (нет открытых движущихся частей);

- экологичность (отсутствие генерации низкочастотных колебаний);
- конструктивная законченность;
- температурная стойкость и ветростойкость;
- повышенный ресурс;
- минимальные затраты при эксплуатации (не требует дежурного персонала, техническое обслуживание – 1 раз в год).

Ветровая роторная турбина ВРТБ – принципиально новая машина преобразования кинетической энергии ветра в экологически чистую электроэнергию на основе инновационных технологий, характеризующуюся:

- бесшумностью при эксплуатации;
- визуальной пассивностью;
- использованием принципа контрвращения;
- запатентованной структурно-компоновочной схемой «ротор – статор»;
- отсутствием необходимости «наведения на ветер» без настроечных операций и приспособлений (т.е. возможностью воспринимать ветер любого направления и интенсивности, особенно, в условиях динамических изменений скорости ветра и «розы ветров», включающей восходящие и нисходящие потоки, что характерно для горного рельефа местности), «выхода из-под ветра» при буревых порывах;
- автоматическим моментом страгивания;
- широким диапазоном скоростей ветра, при котором обеспечивается работоспособность роторной турбины в условиях механического и / или электрического саморегулирования;
- модульностью построения, упрощающей транспортировку, монтаж и позволяющей увеличивать мощность установки в зависимости от параметров ветрового потока в месте эксплуатации, не меняя типоразмеров базовых элементов конструкции;
- антиобледенительной способностью конструкции;
- оригинальным блоком управления с коммутационным оборудованием, обеспечивающим оптимальный режим зарядки блока АБ и эффективную защиту электрогенератора.

Установка наиболее полно отвечает как современным требованиям с точки зрения конструктивных решений, так и требованиям эргономики и эстетики.

Балансирующее фотоэлектрическое устройство БУСБ представляет собой законченное схемотехническое решение, обеспечивающее максимально эффективный способ преобразования солнечной инсоляции в ток зарядки блока аккумуляторных батарей (солнечные модули типа ФСМ / VRTB, собранные по последовательно-параллельной схеме в едином каркасе, универсальный узел крепления, коммутация).

Далее в таблице 1.12 представлены технические характеристики КЭС ВРТБ. На рисунке 1.11 изображен график зависимости мощности ВРТБ от скорости ветра. Исходя из этого графика далее будет посчитана вырабатываемая мощность.

Таблица 1.12 – Технические характеристики

Эксплуатационные свойства турбины	
Номинальная скорость ветра	12,3 м/с
Стартовая скорость	2 м/с
Скорость отключения	нет
Физические параметры турбины	
Ометаемая площадь (4 модуля)	16 кв. м
Вес модуля	750 кг
Диапазон температур	(-40)÷(+40)°С
Уровень шума турбины	
При скорости ветра 8 м/с на расстоянии 3 м	<35дБА
Генератор ВРТБ	
Тип	3-фазный на постоянных магнитах
Номинальное напряжение	420В АС
Номинальный ток	25 А
Номинальная скорость	125 об./мин
Максимальная скорость	250 об./мин
Диапазон температур	(-40)÷(+40)°С
Балансирующее зарядное устройство	
Мощность	3-6 кВт
Годовая производительность энергии	
Если 10÷40% в году скорость ветрового потока — номинальная	9980÷37450 кВА*ч
Выходные характеристики системы	
Напряжение, частота	220ВАС, 50Гц, синус

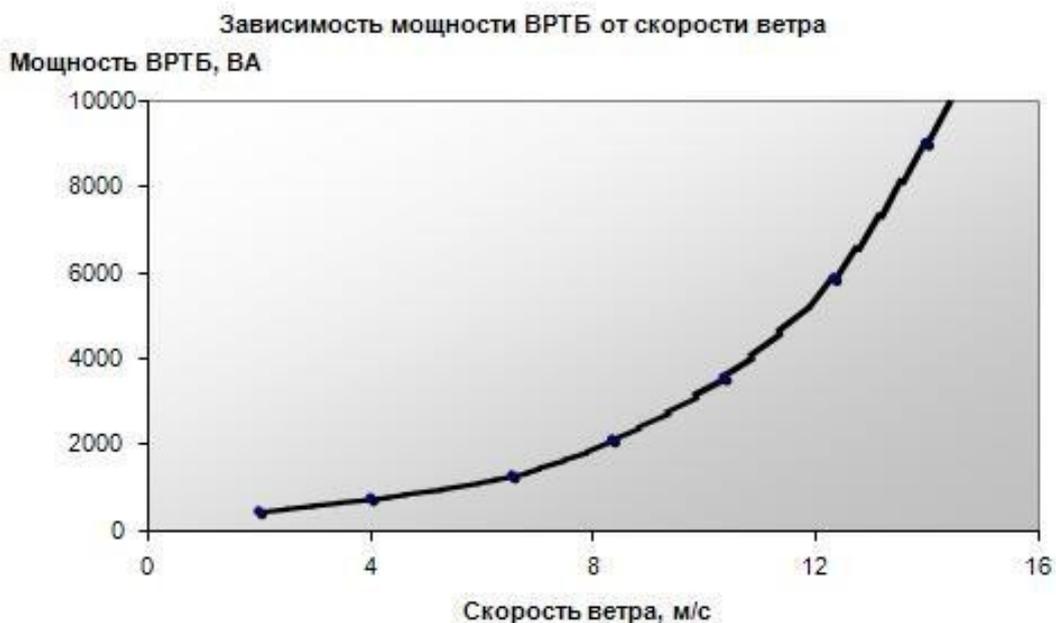


Рисунок 1.11 – Зависимость мощности ВРТБ от скорости ветра

После описания технической части КЭС ВРТБ, следует перейти к расчету вырабатываемой электроэнергии [8].

1.9 Выработка электроэнергии КЭС ВРТБ

1.9.1 Расчет для лета

По данным суточного летнего графика потребления электроэнергии была выбрана Комплексная Энергетическая Система «Ветровая Роторная Турбина Болотова» (КЭС ВРТБ).

Для расчета энергии ветрового потока опять воспользуемся значениями базы данных по ветропотенциалу для Карагандинской области в летнее время [6].

Выбрали среднестатистический летний день и рассчитали среднюю скорость ветра в каждый час суток, эти данные занесли во второй столбец таблицы 1.13. В третьем столбце записаны данные по ветровому потенциалу в каждый час суток. Удельная мощность воздушного потока представляется как энергия, поступающая через его сечение площадью 1 м^2 , расположенное перпендикулярно его направлению. Величина развиваемой мощности зависит от плотности воздуха, скорости его движения и определяется выражением 1.6, проведем расчет для первого часа суток:

$$P = \frac{1}{7,28^2} \cdot 1,223 \cdot \dots \cdot 1 = \dots \text{ Вт/м}^2.$$

Величина электроэнергии, вырабатываемая Комплексной Энергетической Системой «Ветровая Роторная Турбина Болотова» (КЭС ВРТБ), должна покрывать потребность в электроэнергии за сутки изучаемого объекта. С учетом того, что коэффициент полезного действия КЭС ВРТБ равен 35%, таких агрегатов потребуется в количестве 3 штук. Мощность, вырабатываемая одной КЭС ВРТБ рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{в}} = \rho \cdot V^3 \cdot t \cdot \dots \cdot n, \quad (1.7)$$

где ρ – плотность воздуха, $1,223 \text{ кг/м}^3$;

V – скорость ветра;

t – время, в течении которого дул ветер со скоростью V ;

F – ометаемая площадь (4 модуля);

– КПД КЭС ВРТБ;

n – количество КЭС ВРТБ.

Посчитаем выработку электроэнергии КЭС ВРТБ для первого часа:

$$P_{\text{в } 1} = \frac{1}{2} \cdot 1,223 \cdot 7,28^3 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 0,35 = 3,97 \text{ кВт.}$$

Мощность фотоэлектрических панелей, в количестве 24 штук, определяется по формуле:

$$P_{\text{ФЭП}} = \frac{1}{2} \cdot R_h \cdot S \cdot 5 \cdot n, \quad (1.8)$$

где R_h – мощности потока солнечной радиации (таблица 1.8);

S – площадь ФЭП (таблица 1.9);

5 – КПД ФЭП;

n – количество ФЭП.

Показательный расчет проведем для девятого часа суток:

$$P_{\text{ФЭП}} = \frac{1}{2} \cdot 254,3 \cdot 1,649 \cdot 0,992 \cdot 0,17 \cdot 24 = 1,59 \text{ кВт.}$$

Таблица 1.13 – Выработка электроэнергии в летнее время

Время суток, час	Скорость ветра, м/с	Энергия ветра, Вт/м ²	Мощность ВРГБ, кВт	Мощность панелей, кВт	Общая мощность
1	7,28	236,37	3,97	0	3,97
2	8,03	316,62	5,32	0	5,32
3	6,98	208,28	3,50	0	3,50
4	6,41	160,92	2,70	0	2,70
5	5,53	103,53	1,74	0	1,74
6	3,78	33,01	0,55	0	0,55
7	4,88	70,98	1,19	0	1,19
8	4,85	69,85	1,17	0	1,17
9	5,09	80,51	1,35	1,59	2,95
10	6,77	190,12	3,19	2,97	6,17
11	9,05	453,27	7,61	3,94	11,56
12	9,08	457,21	7,68	4,38	12,06
13	8,89	430,09	7,23	4,21	11,44
14	8,50	375,64	6,31	3,47	9,78
15	8,79	415,09	6,97	2,25	9,23
16	8,34	355,22	5,97	0	5,97
17	8,83	420,67	7,07	0	7,07
18	8,89	430,09	7,23	0	7,23
19	9,27	487,50	8,19	0	8,19
20	8,92	433,90	7,29	0	7,29
21	7,87	298,42	5,01	0	5,01
22	7,62	271,04	4,55	0	4,55
23	7,17	225,10	3,78	0	3,78
24	7,59	266,88	4,48	0	4,48

Аналогичные расчеты были проведены для остальных часов и данные занесены в таблицу 1.13.

По данным таблицы 1.13 построим график выработки электроэнергии за летние сутки.

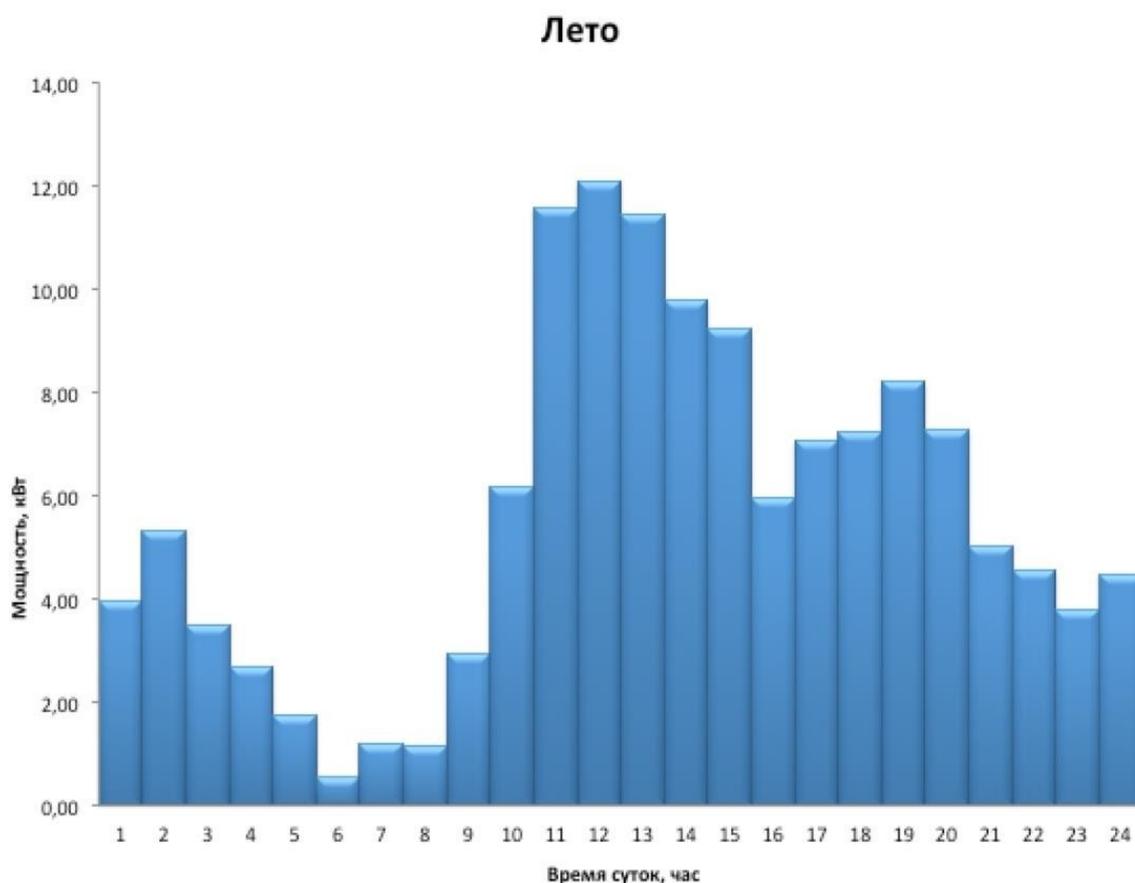


Рисунок 1.12 – Выработка электроэнергии в летнее время

При сравнении графиков летних суточных нагрузок и выработки электроэнергии в летнее время (рисунки 1.5 и 1.12) видим, что в некоторое время суток мощность, вырабатываемая КЭС ВРТБ, покрывает потребление электроэнергии. Но в пиковые часы потребление велико, поэтому появляется недостаток электроэнергии, которую можно восполнить мощностью, накопленной в аккумуляторных батареях в часы минимального потребления энергии.

Складываем мощности, которых не хватает в часы пика. Получилось что в часы дефицита электроэнергии аккумуляторные батареи в сумме должны выдавать 49,7 кВт. Исходя из этих данных выбираем аккумуляторные батареи.

1.9.2 Расчет для зимы

По данным суточного зимнего графика потребления электроэнергии можем подобрать Комплексную Энергетическую Систему «Ветровая Роторная Турбина Болотова» (КЭС ВРТБ).

Для расчета энергии ветрового потока опять воспользуемся значениями базы данных по ветропотенциалу для карагандинской области в зимнее время [6].

Выбрали среднестатистический зимний день и рассчитали среднюю скорость ветра в каждый час суток. Проведем аналогично летнему расчет для зимнего периода времени. Данные отражены в таблице 1.14

Т а б л и ц а 1.14 – Выработка электроэнергии в зимнее время

Время суток, час	Скорость ветра, м/с	Энергия ветра, Вт/м ²	Мощность ВРТБ, кВт	Мощность панелей, кВт	Общая мощность
1	14,73	1952,80	32,81	0	32,81
2	13,18	1400,95	23,54	0	23,54
3	11,02	819,45	13,77	0	13,77
4	9,39	506,30	8,51	0	8,51
5	8,47	372,19	6,25	0	6,25
6	6,85	196,80	3,31	0	3,31
7	7,73	282,35	4,74	0	4,74
8	6,15	142,01	2,39	0	2,39
9	5,66	111,04	1,87	1,59	3,46
10	1,83	3,75	0,06	2,97	3,04
11	1,77	3,36	0,06	3,94	4,01
12	1,52	2,13	0,04	4,38	4,42
13	2,30	7,46	0,13	4,21	4,34
14	2,58	10,46	0,18	3,47	3,65
15	3,70	31,00	0,52	2,25	2,78
16	4,88	70,98	1,19	0	1,19
17	5,22	86,88	1,46	0	1,46
18	6,43	162,90	2,74	0	2,74
19	5,92	127,15	2,14	0	2,14
20	6,06	135,76	2,28	0	2,28
21	7,79	289,58	4,86	0	4,86
22	11,57	948,13	15,93	0	15,93
23	12,33	1147,03	19,27	0	19,27
24	12,45	1180,19	19,83	0	19,83

По данным таблицы 1.14 построим график выработки электроэнергии за зимние сутки.

Зима

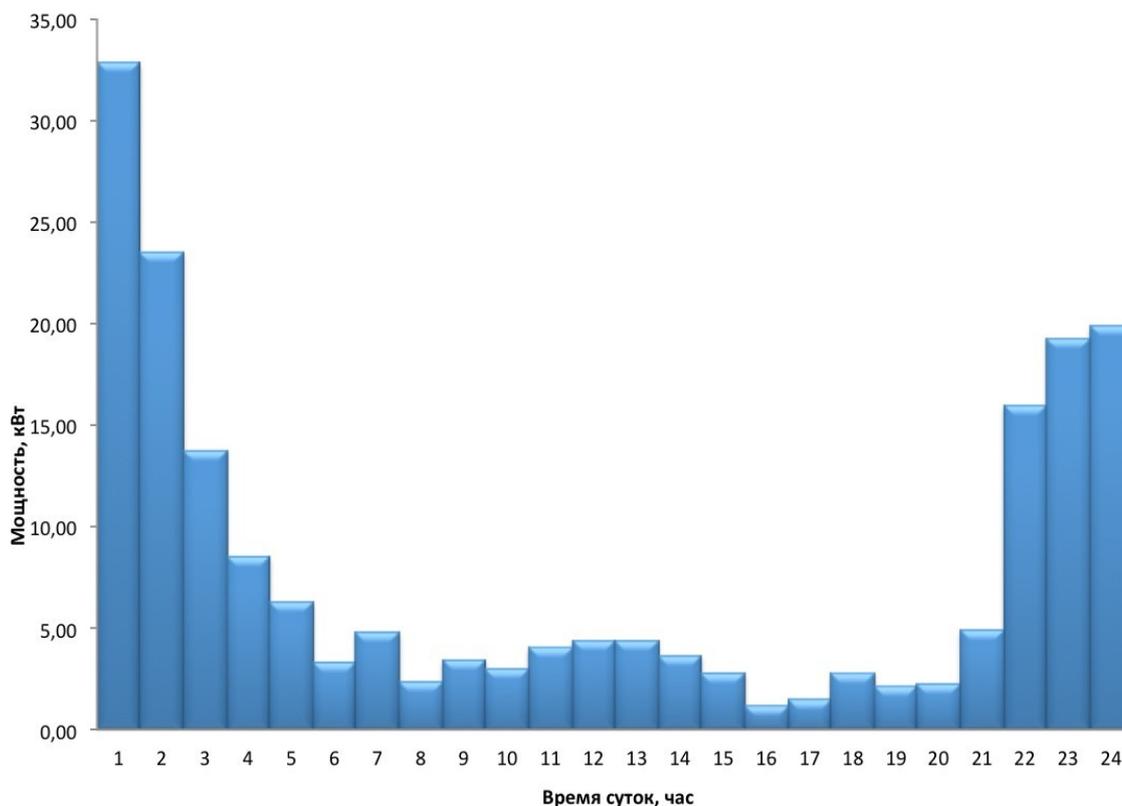


Рисунок 1.13 – Выработка электроэнергии в зимнее время

При сравнении графиков зимних суточных нагрузок и выработки электроэнергии в зимнее время (рисунки 1.6 и 1.13) видим, что в некоторое время суток мощность, вырабатываемая КЭС ВРГБ, покрывает потребление электроэнергии. Но в пиковые часы потребление велико, поэтому появляется недостаток электроэнергии, которую можно восполнить мощностью, накопленной в аккумуляторных батареях в часы минимального потребления энергии.

Складываем мощности, которых не хватает в часы пика. Получилось что в часы дефицита электроэнергии аккумуляторные батареи в сумме должны выдавать 20,4 кВт. Исходя из этих данных выбираем аккумуляторные батареи.

1.10 Выбор типа аккумуляторных батарей и инвертора для объекта

1.10.1 Выбор аккумуляторных батарей

Следующим этапом является выбор аккумуляторов для системы автономного электроснабжения. Существует много фирм, производящие аккумуляторные батареи для автономных и резервных систем: fiamm, shoto, delta, haze, rolls, sonnenschein. Данные аккумуляторы рассчитаны на циклические режимы работы и регулярный глубокий разряд.

Были выбраны промышленные аккумуляторы Fiamm 12 SP235. Прежде чем перейти к описанию технических характеристик данной батареи, следует упомянуть об аккумуляторных батареях с технологией AGM, в чем их преимущество и почему мы остановили выбор именно на этих батареях.

AGM (Absorbent Glass Mat) батареи – герметичные, необслуживаемые, не требуют вентилируемого помещения для установки. Аккумуляторные батареи типа AGM отлично функционируют в буферном режиме, т.е. в режиме подзарядки. В таком режиме батареи служат до 10-12 лет. Если же их использовать в циклическом режиме (т.е. постоянно заряжать-разряжать на хотя бы 30%-40% от емкости), то их срок службы сокращается.

Такие батареи используются в источниках бесперебойного питания (UPS); вообще UPS предназначены для аварийного завершения работ, а не для питания нагрузки в постоянном режиме – один из критериев выбора батарей.

Гелиевые батареи лучше выдерживают циклические режимы заряда-разряда. Их применение более желательно в системах автономного электроснабжения. Однако они дороже AGM батарей и тем более стартерных.

Почти все герметичные аккумуляторы могут устанавливаться на бок. Однако производитель обычно рекомендует устанавливать батареи в «нормальной», вертикальной позиции.

Такие АБ имеют большую, по сравнению со стартерными батареями, толщину пластин электродов, поэтому срок их службы в режиме длительного разряда намного превышает срок работы стартерных батарей.

В связи с этим, в системах на базе возобновляемых источников энергии, а также в системах бесперебойного питания, целесообразно использовать, хотя и более дорогие, герметичные, необслуживаемые АБ. Солнечная батарея, термоэлектрический генератор и небольшой мощности ветроэлектрическая установка вырабатывают сравнительно небольшой ток, поэтому заряд аккумуляторных батарей длится много часов и в этом случае подходят даже самые дешевые из необслуживаемых АБ.

Моноблоки серии SP – герметизированные клапанно-регулируемые необслуживаемые свинцово-кислотные аккумуляторные батареи, электролит которых абсорбирован в стекловолокнистый наполнитель, служащий одновременно сепаратором (технология AGM). Экономическое решение для источников бесперебойного питания (UPS).

Моноблоки полностью удовлетворяют всем требованиям, предъявляемым к герметизированным батареям, не требуют обслуживания и доливки воды в течение всего срока службы. Низкое газовыделение, благодаря высокой степени рекомбинации газов (97%). Низкое внутреннее сопротивление. Отличные характеристики при кратковременных (в течении нескольких секунд или минут) и длительных многочасовых разрядах и разрядах с высокими токами. Возможна эксплуатация аккумуляторных батарей в любом положении.



Рисунок 1.14 – Аккумулятор Fiamm 12 SP235

Применение:

- аккумуляторы общего применения;
- системы и источники бесперебойного питания;
- производство и передача электроэнергии;
- телекоммуникации.

Технические характеристики.

1) Положительные и отрицательные решетчатые пластины состоят из прочной решетки из свинца, на которые нанесена активная масса. Решетки отливаются из сплава свинца и кальция.

2) Сепараторы. Положительные пластины полностью изолируются от отрицательных пластин микропористыми сепараторами из стекловолокна, которые пропитаны электролитом.

3) Корпус и крышка батареи изготовлены из полимерного пластика типа ABS (Акрилонитрильный Бутадиен Стирол). Толстые стенки корпуса сконструированы так, чтобы выдерживать без деформаций возможные внешние ударные воздействия.

4) Размещение батареи: аккумуляторы могут быть размещены в батарейных кабинетах, на специализированных стеллажах или на подготовленной поверхности пола рабочей комнаты.

5) Клеммы: Аккумуляторный батареи оснащаются резьбовыми клеммами М6 или М8. Изоляторы клемм, разработанные для предотвращения возможной утечки электролита из батареи, надежны при различных внешних условиях эксплуатации и цикличности.

6) Предохранительные клапаны: каждый элемент снабжен одним односторонним предохранительным клапаном, обеспечивающим сброс газа в случае, если внутреннее давление превысит безопасное значение.

7) Электролит – раствор серной кислоты, абсорбированный в сепараторе.

8) Срок службы: 10 лет при 20°C (Eurobat).

Отличительные особенности:

- экономичность;
- технология AGM;
- универсальность применения (буферный и циклический режимы);
- надежность;
- расчетный срок службы: 10 лет.

Таблица 1.15 – Технические данные АБ

Тип аккумулятора	U, В	C, · I	Д, мм	Ш, мм	В, мм	Вес, кг
12 SP 235	12	235	500	260	235	75

Электрические характеристики:

- рекомендуемое значение зарядного напряжения при 20°C - 25°C:
- циклический режим эксплуатации (заряд – разряд) 14,40 – 15,00/ моноблок;

- буферный режим эксплуатации (в режиме поддерживающего заряда) 13,50-13,80 В / моноблок;

- максимальный ток заряда при 20°C - 25°C: 0,25хС (номинальная емкость) (А);

- температурная компенсация значения зарядного напряжения моноблока: -15 мВ/°С;

- саморазряд при 20°C : < 2% / месяц от номинальной емкости С [9].

Для работы всей системы также необходим инвертор.

1.10.2 Выбор инвертора

Инвертор – преобразовывает ток из постоянного, который накапливается в аккумуляторных батареях, в переменный, который потребляют большинство электроприемников.

В пиковые часы потребления электроэнергии возрастает до 20,6 кВт, поэтому выбираем инвертор мощностью 24 кВт, который может покрыть данную нагрузку. Так как значение мощности

Инверторные системы ШТИЛЬ 24 кВт 48 В.

Оборудование предназначено для организации электроснабжения в телекоммуникационной, энергетической и транспортной сферах. Система может включать в себя одну или несколько групп инверторов (до 16) моделей PS48/2000K и PS60/2000K. Суммарная мощность составляет 24 000 Вт.

Функциональные особенности:

- резервирование и масштабируемость;

- децентрализованный байпас: каждый инвертор системы имеет свой байпас, байпасы инверторов работают синхронно;
- возможность построения однофазной системы с резервированием N+1;
- малые искажения потребляемого тока без использования громоздких и дорогостоящих фильтров;
- совместимость с нагрузками, потребляющими импульсный ток (с коэффициентом амплитуды до 4:1);
- низкий коэффициент нелинейных искажений (<2% для линейной нагрузки);
- возможность «горячей замены» инверторов системы;
- высокий КПД (до 94%);
- сигнальный интерфейс (контакты синхронизации, выдачи ошибок и аварий);
- повышенная механическая прочность;
- высокая надежность и долговечность, 100% выходной контроль;
- масса: 130 кг.

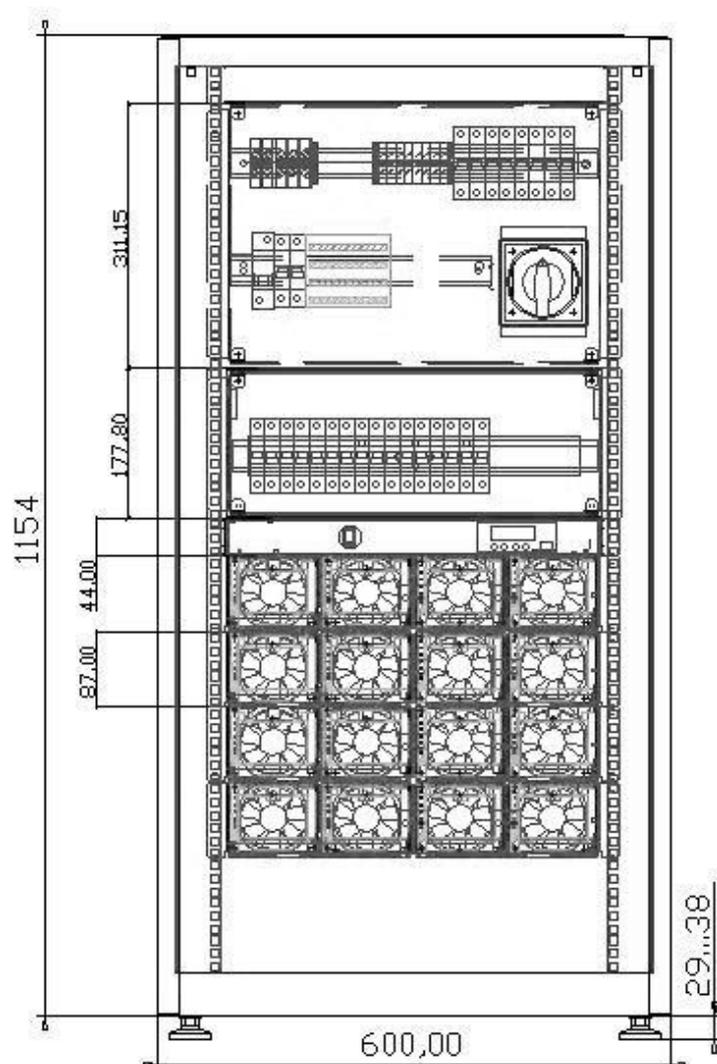


Рисунок 1.15 – Инверторные системы ШТИЛЬ 24 кВт 48 и 60 В

На рисунке выше представлена группа инверторов и их расположение. В таблицах 1.16, 1.17, 1.18 представлены технические характеристики группы инверторов.

Таблица 1.16 – Входные параметры

Параметр	Значение
Минимальное входное напряжение АС	270 В
Диапазон входных напряжений	40,5-60/ 50,6-75 В
Максимальное входное напряжение АС	180 В

Таблица 1.17 – Выходные параметры

Параметр	Значение
Максимальная выходная мощность:	24 кВт
КНИ:	<2% (для линейной нагрузки)
Стабилизация выходного напряжения:	+1,5/-1,5%
Пульсации:	2% рк-рк (20 Гц/20 МГц)
Номинальное выходное напряжение:	220 В ±1,5%
КПД:	94% (при работе от ист. переменного тока), 86% (при работе от ист. постоянного тока)

Таблица 1.18 – Сервисные функции и защита

Параметр	Значение
Защита от неправильной полярности:	плавкий предохранитель в каждом инверторе
Защита от перегрузки и КЗ:	программируемое ограничение выходного тока
Защита от пониженного входного напряжения:	есть
Защита от повышенного входного напряжения:	есть
Байпас:	+
Ручной (сервисный) байпас:	+

Функции и параметры контроллера:

- адрес устройства (при работе в связке нескольких инверторов);
- выходное напряжение;
- порог ограничения по выходному току;
- выходная частота;
- установить автоматический прерыватель (ВКЛ/ВЫКЛ);

- установить температуру системы, внутреннюю температуру и температуру окружающей среды;
- установить статус светового индикатора (ВКЛ/ВЫКЛ);
- пароль для 2-х уровней доступа к настройкам;
- другие функции и режимы.

Сигнализация и интерфейсы:

- ЖКИ, дополнительная светодиодная индикация и клавиатура;
- RS485 для связи с контроллерами (удалённый мониторинг);
- "Сухие контакты" - ошибка/авария;
- контакты дистанционного управления (включение/выключение);
- контакты управления байпасом;
- контакты синхронизация (для построения однофазных и трёхфазных конфигураций при параллельной работе).

Подключение:

- шины "+", "-" для подключения источника постоянного тока.
- автоматические выключатели для подключения нагрузки и цепи байпас (количество может оговариваться при заказе).
- сигнальный разъем (femalehighdensitysub-D 15 pins).

Климатическое исполнение:

- температура окружающей среды от 0 °С до +40 °С (полная нагрузка).
- относительная влажность воздуха до 90% без конденсата.

Температура хранения -40 °С до +85 °С.

Выбрав оборудование для обеспечения электроэнергией сельскохозяйственного объекта, рассмотрим три варианта электроснабжения [10].

2 Исследование эффективности использования комбинированной системы электроснабжения: КЭС ВРТБ – дизельный генератор – аккумуляторные батареи

2.1 Комбинированное использование КЭС ВРТБ и аккумуляторных батарей, резервное питание – дизель-генераторная установка

Рассмотрим первый вариант электроснабжения, когда основным источником электроэнергии является Комплексная энергетическая система ВРТБ мощностью 10 кВт. Выше было посчитано, какую мощность может выработать КЭС ВРТБ (ветер + солнце) зимой и летом. Сравнивая графики потребления электроэнергии и графики выработки электроэнергии зимой (рисунки 1.6 и 1.13) и летом (рисунки 1.5 и 1.12) видно, что большую часть времени КЭС ВРТБ (10 кВт, а также ФЭП), покрывает потребность в электроэнергии, но в пиковые часы ее мощности не хватает. В этом случае используем аккумуляторные батареи, которые будут накапливать мощность в течении суток и выдавать в часы нехватки электроэнергии.

Однако, следует учесть безветренные и пасмурные дни, когда выработка электроэнергии КЭС ВРТБ резко снижается. Количество таких дней в году в среднем равно 20, когда должно срабатывать резервное питание. В качестве резервного питания выберем дизель-генераторную установку, который будет в течении суток полностью покрывать потребность в электроэнергии.

Ниже представлена схема электроснабжения первого варианта.

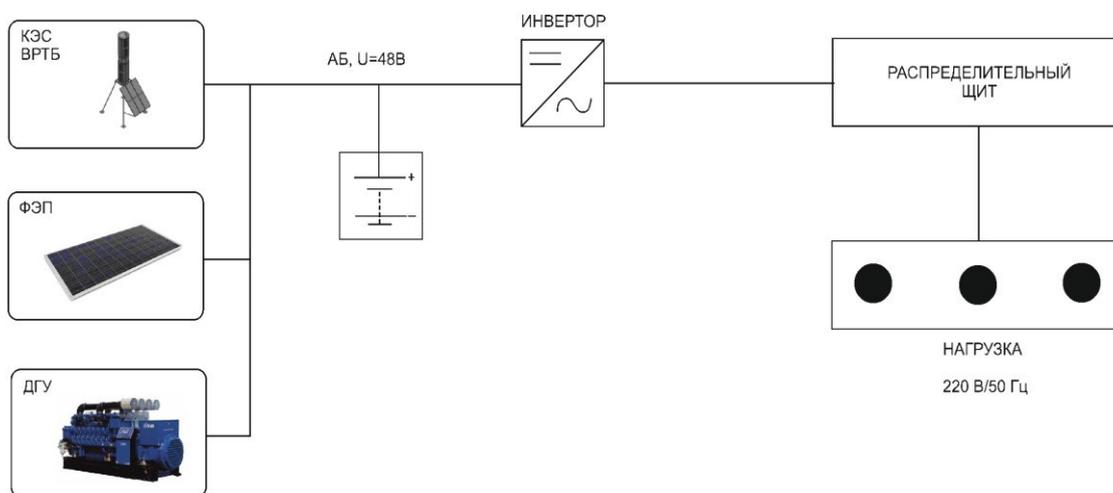


Рисунок 2.1- Схема электроснабжения первого варианта

2.1.1 Расчет количества аккумуляторных батарей в летнее время

Количество электроэнергии, которую нужно сохранить в аккумуляторных батареях было посчитано выше и составило летом – 49,7кВт·ч.

Так как аккумуляторные батареи не способны полностью отдавать накопленную электроэнергию, следует учесть коэффициент отдачи, равный 1,6:

$$W = W_A \cdot k_{от}, \quad (2.1)$$

где W_{AB} – энергия, которую нужно накопить в АБ;
 $k_{от}$ – коэффициент отдачи.

$$W = 49700 \cdot 1,6 = 79520 \text{ Вт.}$$

Необходимая общая ёмкость аккумуляторов в А·ч:

$$C_6 = \frac{W}{U}, \quad (2.2)$$

где W – количество энергии, которую можно получить от аккумуляторов;
 U – напряжение каждого из аккумуляторов.

$$C_6 = \frac{79520}{12} = 6626,66 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Количество аккумуляторных батарей:

$$n = \frac{C_6}{C}, \quad (2.3)$$

где $C_{необ}$ – необходимая общая емкость аккумуляторов;
 C – емкость одной АБ.

$$n = \frac{6626,66}{235} = 28.$$

В связи с тем, что входное напряжение инвертора $U_{инв}=48$ В все аккумуляторные батареи подключаются в 7 групп, в каждой группе по четыре АБ подключены параллельно.

2.1.2 Расчет количества аккумуляторных батарей в зимнее время
 Количество электроэнергии, которую нужно сохранить в аккумуляторных батареях было посчитано выше и составило летом – 20,4 кВт·ч.

Так как аккумуляторные батареи не способны полностью отдавать накопленную электроэнергию, следует учесть коэффициент отдачи, равный 1,6:

$$W = 20400 \cdot 1,6 = 32640 \text{ Вт.}$$

Необходимая общая ёмкость аккумуляторов в А·ч:

$$C_6 = \frac{W}{U} = \frac{32640}{12} = 2720 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Количество аккумуляторных батарей:

$$n = \frac{C_6}{C} = \frac{2720}{235} = 12.$$

Так как в летнее время требуется большее количество аккумуляторных батарей, выбирается первый вариант. Теперь следует выбрать дизель-генераторную установку, которая будет работать в качестве аварийного источника питания.

2.1.3 Выбор дизельной электростанции в качестве резервного источника питания

Основной задачей дизельного генератора является временное обеспечение электроэнергией потребителей в том случае, когда скорость ветра опускается до значений, при которых выработка электроэнергии не возможна.

Перед тем как выбрать дизельный генератор, следует просчитать нагрузки на объекте. При этом необходимо учитывать такой технический нюанс, как пусковой ток. Пусковой, он же «кратковременный» ток, возникает при запуске электроприбора (чаще всего содержащего двигатель) и может превышать номинальную мощность в несколько раз. Поэтому крайне важно учитывать пусковые токи. В противном случае снижается качество электроэнергии, так как установка не сможет справиться с высокими пусковыми токами.

Таблица 2.1 – Мощность потребителей с учетом пусковых токов

№	Наименование ЭП	Кол-во	$P_{уст}$, кВт	P_{Σ} , кВт	Кратность (превышение) пусковых токов	Мощность, с учетом кратности, кВт
1	Холодильник	1	0,5	0,5	3	1,5
2	Стиральная машина	1	1	1	3,5	3,5
3	Пылесос	1	0,5	0,5	1,2	0,6
4	Общее освещение	5	0,10	0,5	1	0,5
5	Электрический чайник	1	2	2	1	2
6	Персональный компьютер	1	0,2	0,2	1,2	0,24

Продолжение таблицы 2.1

7	Утюг	1	1	1	1	1
8	Телевизор	1	0,15	0,15	1	0,15
9	Микроволновая печь	1	0,6	0,6	1	0,6
10	Насос	2	2,2	4,4	4	17,6
Итого						27,69

Если выбранная мощность электростанции близка к расчетной мощности электроприемников, то в случае дальнейшего увеличения нагрузки, может случиться перегрузка генератора. Если же мощность выбранного дизельного генератора завышена, то это может плохо сказаться при его эксплуатации. Дизельный генератор не должен продолжительно работать на нагрузку, которая меньше 25% от ее номинальной мощности. Оптимальный диапазон нагрузок для продолжительной и эффективной работы электростанции - это 35-75% от ее номинала. Соответственно, мощность генератора должна быть выше:

$$N = 27,69 \cdot 1,25 = 34,61 \text{ кВт}$$

Исходя из расчетов была выбрана Дизельная электростанция SDMO J44K. В таблице 2.2 отражены основные данные и технические характеристики установки.

Таблица 2.2 – Общие данные SDMO J44K

Параметр	Значение
Производитель	SDMO (Франция)
Модель	J44K
Максимальная мощность	44 кВА / 35 кВт
Номинальная мощность	40 кВА / 32 кВт
Базовая мощность	32 кВА / 26 кВт
Максимальная сила тока, А	63
Номинальный ток в основном режиме, А	58
Напряжение, В	230/400
Уровень шума, дБ	63

Максимальная мощность – мощность, которую способен отдавать агрегат в течении времени до 500 (20 суток) часов ежегодно, из которых не более 300 часов приходится на непрерывную работу с перерывами на техническое обслуживание.

Номинальная мощность – максимальная мощность в последовательности меняющихся мощностей, которые могут обеспечиваться в течение неограниченного времени с перерывами на техническое обслуживание.

Базовая мощность – мощность, которую электроагрегат способен непрерывно обеспечивать в течение неограниченного времени ежегодно с перерывами на техническое обслуживание.

В таблице 2.3 описаны технические характеристики двигателя в дизель-генераторной установке.

Таблица 2.3 – Двигатель

Параметр	Значение
Производитель двигателя	JohnDeere (США)
Модель двигателя	3029TF120
Кол-во и расположение цилиндров	3, рядное
Максимальная мощность двигателя, кВт	40
Частота вращения, об/мин	1500
Тип охлаждения	жидкостное
Объём двигателя, л	2.9
Объём масляной системы, л	6
Удельный расход топлива, л/кВт*ч	0.35
Расход топлива при 100% нагрузке, л/час	11.2
Расход топлива при 75% нагрузке, л/час	8.4
Расход топлива при 50% нагрузке, л/час	5.6

Также в данной таблице выражены данные по расходу топлива в зависимости от загрузки двигателя. Более точные данные показаны на графике рисунка 2.2. Верхняя прямая относится к выбранной установке. Согласно графику, в случае максимальной нагрузки расход топлива составит около 9,5 л/ч.

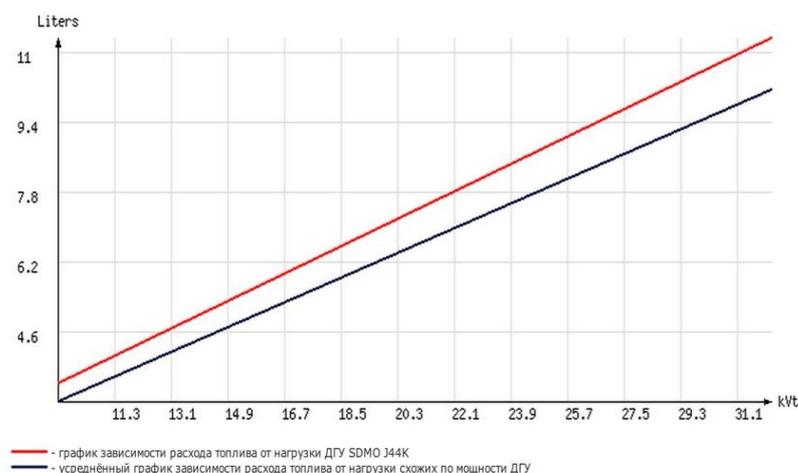


Рисунок 2.2 – График расхода топлива

Дизель-генераторную установку можно приобрести в разных комплектациях, в данном случае был выбран наиболее простой вариант – открытое исполнение. Тогда нужно будет учесть дополнительное помещение для установки. В таблице 2.4 записаны габариты установки открытого исполнения [11].

Таблица 2.4 – Габариты и вес (открытое исполнение)

Параметр	Значение
Габариты, мм	1700x890x1220
Ёмкость бака, л	100
Макс. автономия (при нагрузке 100%), ч	8.9
Макс. автономия (при нагрузке 75%), ч	11.9
Макс. автономия (при нагрузке 50%), ч	17.9
Масса, кг	820

Помимо габаритов в таблице также указаны немаловажные величины – максимальное число часов автономной работы установки в зависимости от загрузки. Более точные данные показаны на рисунке 2.3, где нижняя кривая относится к выбранной установке.

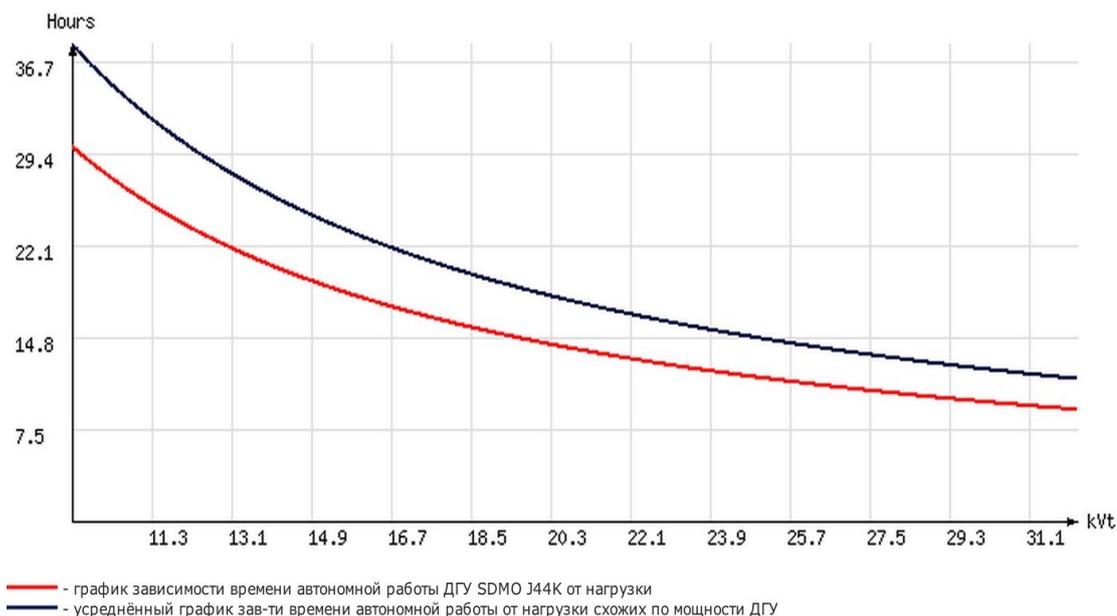


Рисунок 2.3 – График зависимости времени автономной работы ДГУ от нагрузки

Итого, первый вариант электроснабжения представляет собой комбинированную работу роторной турбины и аккумуляторных батарей с резервным питанием (дизель-генераторная установка). Несомненным плюсом данного варианта является стабильный, бесперебойный, а главное надежный

источник резервного питания – дизельная установка. Однако, есть и обратные стороны использования данных установок на максимальную нагрузку. Несмотря на то, что мы учли в данной работе перегрузки и недогрузки дизель-генераторных установок, потребляемая нагрузка не всегда изменяется по шаблону и нагрузка может отклоняться на большие значения от расчетных. Работа установки в таком режиме резко снижает эксплуатационный срок. С другой стороны этот недостаток не так критичен в связи с тем, что количество безветренных дней в регионе не достигает больших цифр.

2.2 Комбинированное использование дизель-генераторной установки и КЭС ВРТЬ, резервное питание – аккумуляторные батареи

Второй вариант представляет собой электроснабжение сельскохозяйственного предприятия, основным источником питания которого будет дизель-генераторная установка. В пиковые часы покрывать потребление будет Комплексная энергетическая система ВРТЬ мощностью 10 кВт, в качестве резервного питания примем аккумуляторные батареи.

Ниже представлена схема электроснабжения второго варианта.

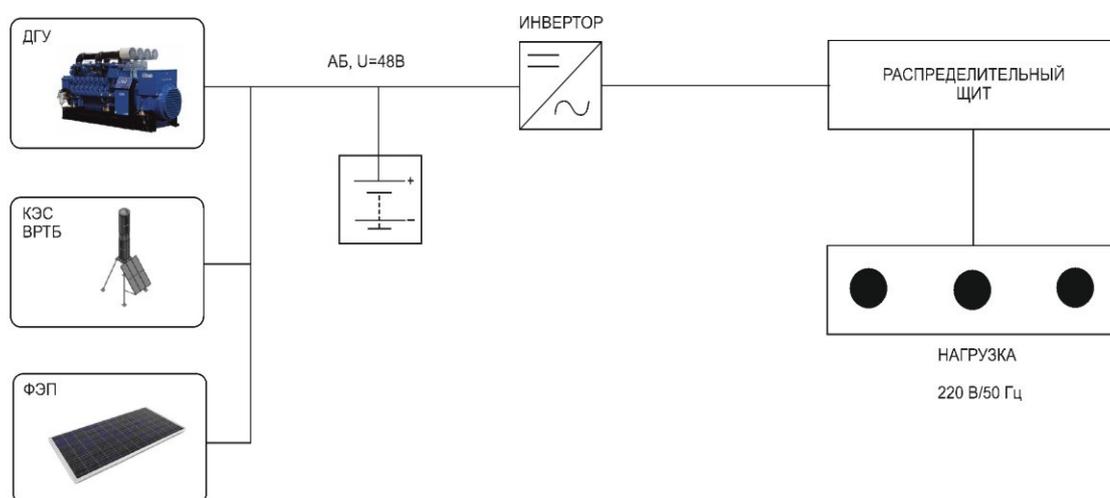


Рисунок 2.4- Схема электроснабжения первого варианта

2.2.1 Выбор дизельной электростанции в качестве основного источника питания

Дизель-генераторную установку выберем по средней потребляемой нагрузке, которая в летнее время равна 4,32 кВт·ч, в зимнее – 4,67. Соответственно, выберем дизель-генераторную установку SDMO T9HK, чьи основные параметры приведены в таблице ниже.

Максимальная мощность – мощность, которую способен отдавать агрегат в течении времени до 500 (20 суток) часов ежегодно, из которых не более 300 часов приходится на непрерывную работу с перерывами на техническое обслуживание..

Номинальная мощность – максимальная мощность в последовательности меняющихся мощностей, которые могут обеспечиваться в течении неограниченного времени с перерывами на техническое обслуживание.

Базовая мощность – мощность, которую электроагрегат способен непрерывно обеспечивать в течение неограниченного времени ежегодно с перерывами на техническое обслуживание.

Таблица 2.5 – Общие данные SDMO T9HK

Параметр	Значение
Производитель	SDMO (Франция)
Модель	T9HK
Максимальная мощность	9 кВА / 7 кВт
Номинальная мощность	8 кВА / 7 кВт
Базовая мощность	7 кВА / 5 кВт
Максимальная сила тока, А	13
Номинальный ток в основном режиме, А	12
Напряжение, В	230/400
Уровень шума, дБ	78

Таблица 2.6 – Двигатель

Параметр	Значение
Производитель двигателя	Mitsubishi (Япония)
Модель двигателя	L2E
Кол-во и расположение цилиндров	2, рядное
Максимальная мощность двигателя, кВт	9.68
Частота вращения, об/мин	3000
Тип охлаждения	воздушное
Объем двигателя, л	0.64
Объем масляной системы, л	2.4
Удельный расход топлива, л/кВт*ч	0.529
Расход топлива при 100% нагрузке, л/час	3.5
Расход топлива при 75% нагрузке, л/час	2.6
Расход топлива при 50% нагрузке, л/час	1.7

Также в данной таблице выражены данные по расходу топлива в зависимости от загрузки двигателя. Более точные данные показаны на графике рисунка 2.5. Верхняя прямая относится к выбранной установке.

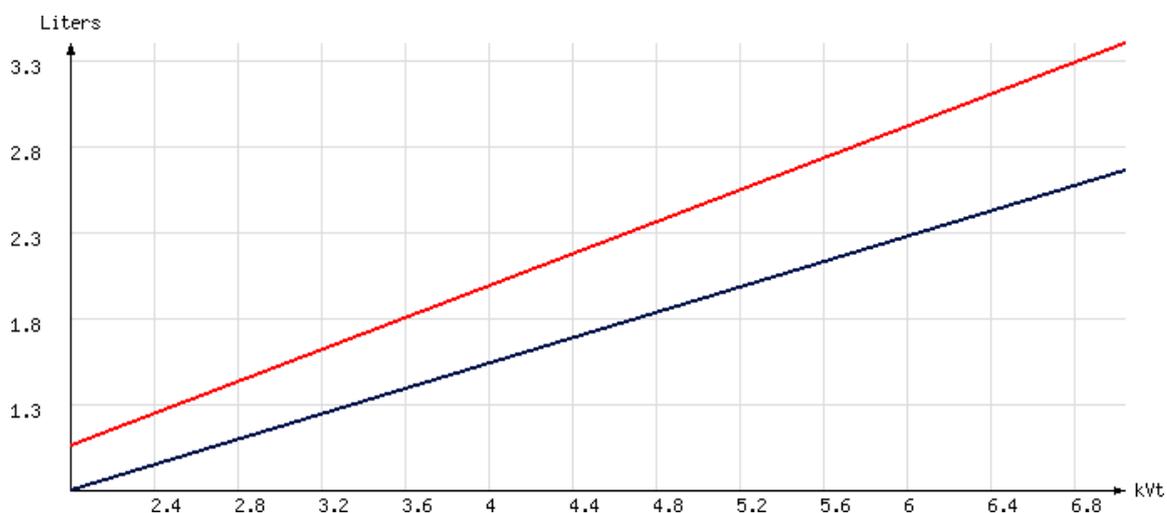


Рисунок 2.5 – График расхода топлива

В таблице 2.7 записаны габариты установки открытого исполнения.

Таблица 2.7 – Габариты и вес (открытое исполнение)

Параметр	Значение
Габариты, мм	1220x700x922
Ёмкость бака, л	50
Макс. автономия (при нагрузке 100%), ч	14.4
Макс. автономия (при нагрузке 75%), ч	19.2
Макс. автономия (при нагрузке 50%), ч	28.8
Масса, кг	240

Максимальное число часов автономной работы установки в зависимости от загрузки были отражены в таблице 2.7. Более точные данные показаны на рисунке 2.6, где нижняя кривая относится к выбранной установке.

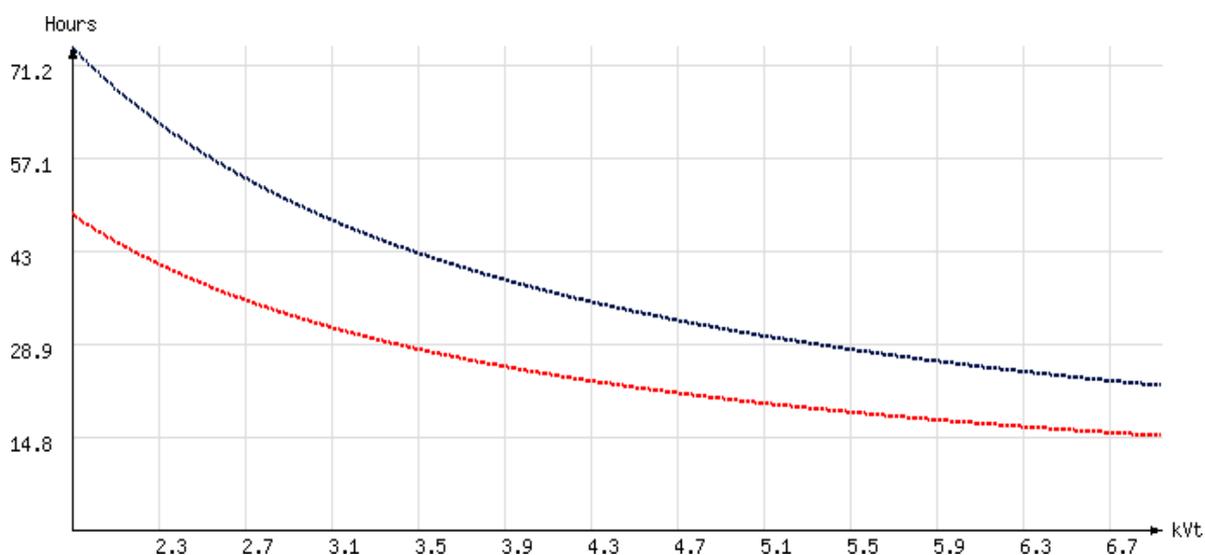


Рисунок 2.6 – График зависимости времени автономной работы ДГУ от нагрузки

Закончив описание дизель-генераторной установки перейдем к расчету количества аккумуляторных батарей, которые будут использоваться в качестве резервного источника питания [12].

2.2.2 Расчет количества аккумуляторных батарей в зимнее время

Дизель-генераторная установка будет работать постоянно и покрывать основную потребность в электроэнергии. На рисунке 2.7 представлен график потребления электроэнергии зимой и работа дизельной электростанции. Видно, что в пиковые часы появляется нехватка энергии, которую будет покрывать КЭС ВРТБ.

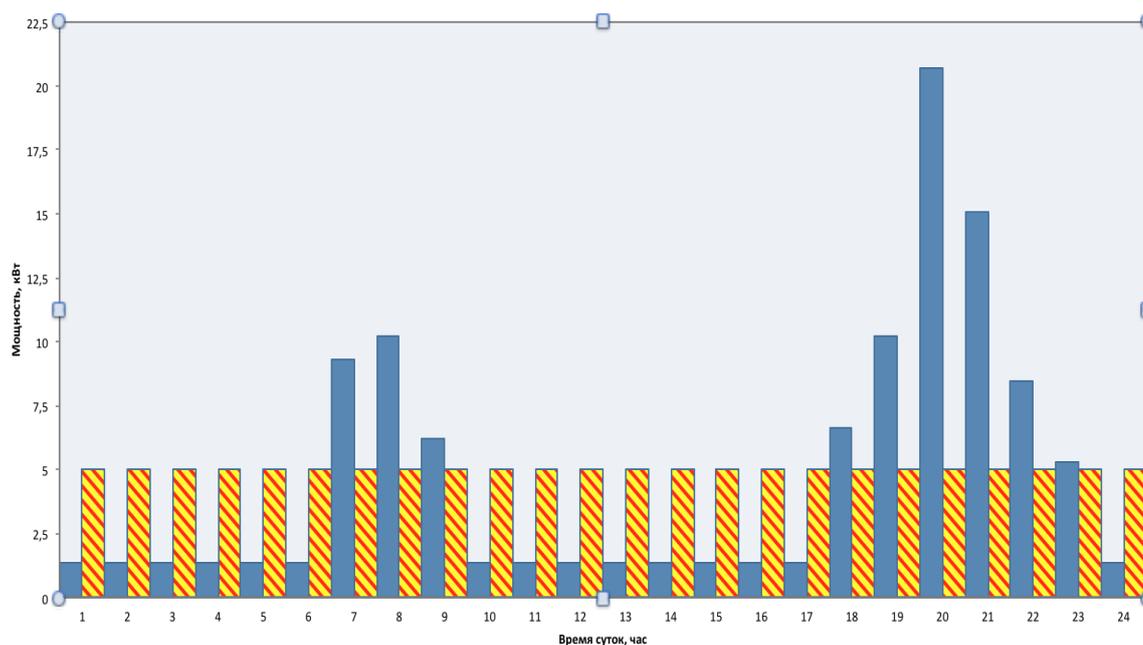


Рисунок 2.7 – Потребление зимой и мощность ДГУ

Из таблицы 1.14 возьмем значения выработки электроэнергии КЭС ВРТБ (ветер + солнце) и занесем данные в пятый столбец таблицы 2.8.

Таблица 2.8 – Нехватка электроэнергии зимой

Время суток, час	Дизель, кВт	Потребление, кВт	Дизель-потребность	ВРТБ + солнце, кВт	Нехватка, кВт
1	5	1,328	3,672	32,81	-
2	5	1,328	3,672	23,54	-
3	5	1,328	3,672	13,77	-
4	5	1,328	3,672	8,51	-
5	5	1,328	3,672	6,25	-
6	5	1,328	3,672	3,31	-
7	5	9,328	-4,328	4,74	-
8	5	10,231	-5,231	2,39	-2,85
9	5	6,231	-1,231	3,46	-
10	5	1,328	3,672	3,04	-

Продолжение таблицы 2.8

11	5	1,328	3,672	4,01	-
12	5	1,328	3,672	4,42	-
13	5	1,328	3,672	4,34	-
14	5	1,328	3,672	3,65	-
15	5	1,328	3,672	2,78	-
16	5	1,328	3,672	1,19	-
17	5	1,328	3,672	1,46	-
18	5	6,656	-1,656	2,74	-
19	5	10,231	-5,231	2,14	-3,09
20	5	20,671	-15,671	2,28	-13,39
21	5	15,096	-10,096	4,86	-5,23
22	5	8,432	-3,432	15,93	-
23	5	5,328	-0,328	19,27	-
24	5	1,328	3,672	19,83	-
Итого			-47,204	Итого	24,56

Зимой в пиковые часы (8, 19, 20, 21) потребность в электроэнергии выше вырабатываемой мощности дизель-генераторной установкой и КЭС ВРТБ. Поэтому в качестве резервного источника питания возьмем аккумуляторные батареи, накапливающие в течение суток электроэнергию, вырабатываемая КЭС ВРТБ.

Расчет количества аккумуляторных батарей будет проведен с учетом двадцати безветренных и пасмурных дней в году. Значения со знаком «-» в столбце «дизель-потребность», указывают на часы, когда мощности дизельной установки не хватает для покрытия потребности в электроэнергии. В безветренные дни эту потребность будут покрывать аккумуляторные батареи. Из таблицы 2.7 видим, что при комбинированной работе КЭС ВРТБ и дизель-генераторной установки суммарная нехватка энергии равна 24,56 кВт, а при работе только ДГУ – 47,204 кВт. Соответственно, количество аккумуляторных батарей будут выбраны для большего значения мощности. В главе 2.1.1 был проведен расчет количества АБ для 49,7 кВт, поэтому в данном случае также примем 28 аккумуляторных батарей (7 групп по 4 штуки).

2.2.3 Расчет количества аккумуляторных батарей в летнее время

Дизель-генераторная установка будет работать постоянно и покрывать основную потребность в электроэнергии. На рисунке 2.8 представлен график потребления электроэнергии летом и работа дизельной электростанции. Видно, что в пиковые часы появляется нехватка энергии, которую будет покрывать КЭС ВРТБ.

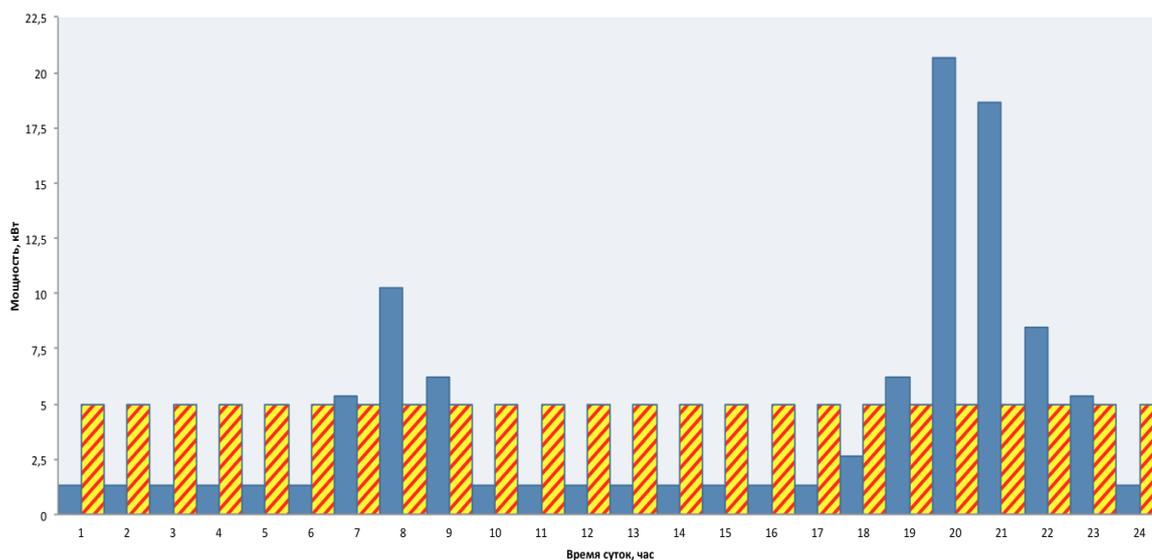


Рисунок 2.8 – Потребление летом и мощность ДГУ

Из таблицы 1.13 возьмем значения выработки электроэнергии КЭС ВРТЬ (ветер + солнце) в летнее время.

Таблица 2.9 – Нехватка электроэнергии летом

Время суток, час	Дизель, кВт	Потребление, кВт	Дизель-потребность	ВРТЬ + солнце, кВт	Нехватка, кВт
1	5	1,328	3,672	3,97	-
2	5	1,328	3,672	5,32	-
3	5	1,328	3,672	3,50	-
4	5	1,328	3,672	2,70	-
5	5	1,328	3,672	1,74	-
6	5	1,328	3,672	0,55	-
7	5	5,328	-0,328	1,19	-
8	5	10,231	-5,231	1,17	-
9	5	6,231	-1,231	2,95	-4,06
10	5	1,328	3,672	6,17	-
11	5	1,328	3,672	11,56	-
12	5	1,328	3,672	12,06	-
13	5	1,328	3,672	11,44	-
14	5	1,328	3,672	9,78	-
15	5	1,328	3,672	9,23	-
16	5	1,328	3,672	5,97	-
17	5	1,328	3,672	7,07	-
18	5	2,656	2,344	7,23	-
19	5	6,231	-1,231	8,19	-
20	5	20,671	-15,671	7,29	-
21	5	18,671	-13,671	5,01	-8,38
22	5	8,432	-3,432	4,55	-8,66
23	5	5,328	-0,328	3,78	-
24	5	1,328	3,672	4,48	-
Итого			-41,123	Итого	-21,10

Летом в пиковые часы (9, 21, 22) потребность в электроэнергии выше вырабатываемой мощности дизель-генераторной установкой и КЭС ВРТБ. Поэтому в качестве резервного источника питания возьмем аккумуляторные батареи, накапливающие в течение суток электроэнергию, вырабатываемая КЭС ВРТБ.

Расчет количества аккумуляторных батарей будет проведен с учетом двадцати безветренных и пасмурных дней в году. Значения со знаком «-» в столбце «дизель-потребность», указывают на часы, когда мощности дизельной установки не хватает для покрытия потребности в электроэнергии. В безветренные дни эту потребность будут покрывать аккумуляторные батареи. Из таблицы 2.9 видим, что при комбинированной работе КЭС ВРТБ и дизель-генераторной установки суммарная нехватка энергии равна 21,1 кВт, а при работе только ДГУ – 41,123 кВт.

Расчет количества АБ проведем для мощности 41,123 кВт.

Так как аккумуляторные батареи не способны полностью отдавать накопленную электроэнергию, следует учесть коэффициент отдачи, равный 1,6:

$$W = 41123 \cdot 1,6 = 65796,8 \text{ Вт.}$$

Необходимая общая ёмкость аккумуляторов в А·ч:

$$C_6 = \frac{65796,8}{12} = 5483 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Количество аккумуляторных батарей:

$$n = \frac{5483}{235} = 24.$$

Так как в зимнее время требуется большее количество аккумуляторных батарей, то количество АБ выбирается из расчетов для зимнего времени, т.е. в количестве 28 штук.

Энергия, которую выдают АБ в пиковые часы, компенсируются в течении суток, поэтому нет необходимости в увеличении числа батарей. Также расчет проводился для трех роторных турбин и получилось, что большое количество электроэнергии вырабатывается впустую. Поэтому, для данного случая, достаточно будет одной КЭС ВРТБ.

Итого, второй вариант электроснабжения представляет собой комбинированную работу дизель-генераторной установки и роторной турбины с резервным питанием от аккумуляторных батарей. Плюсом данного варианта является наличие надежного бесперебойного источника питания – дизель-генераторная установка. Однако, установка, также как и в первом

варианте, претерпевает постоянные изменения с нагрузкой, поэтому

снижается ее эксплуатационный срок. К плюсам также можно отнести использование ветровой роторной турбины в качестве резервного источника питания, но нестабильный ветер вынуждает использовать аккумуляторные батареи.

2.3 Электроснабжение объекта при помощи КЭС ВРТБ, резервное питание – аккумуляторные батареи

В третьем варианте рассмотрим электроснабжение сельскохозяйственного объекта только при помощи КЭС ВРТБ, за резервное питание возьмем аккумуляторные батареи.

Схема электроснабжения третьего варианта представлена ниже.

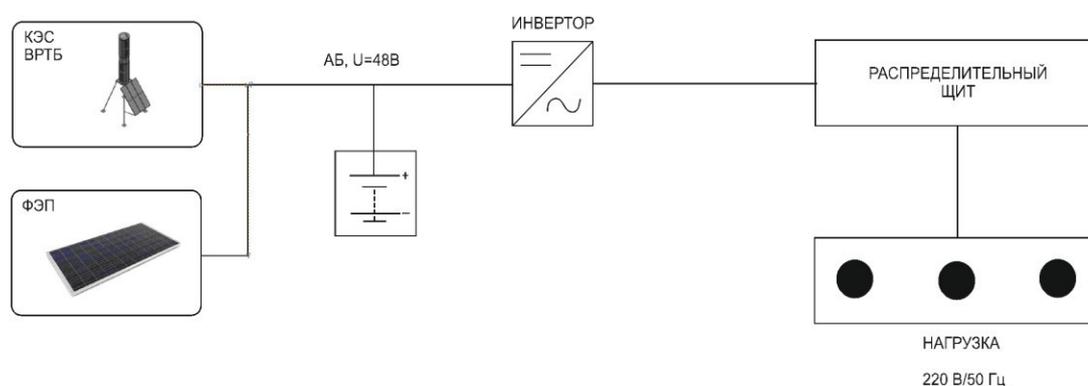


Рисунок 2.9 – Схема электроснабжения третьего варианта

Данные по потреблению электроэнергии летом (таблица 1.6) и зимой (таблица 1.7), а также выработка мощности КЭС ВРТБ и ФЭП летом (таблица 1.13) и зимой (1.14) были посчитаны ранее. Эти данные занесем в таблицу 2.10

Таблица 2.10 – Потребление и выработка электроэнергии

Часы	Лето			Зима		
	Потреб. кВт	Выраб.кВт	Разность	Потреб.кВт	Выраб.кВт	Разность
1	1,328	3,97	2,642	1,328	32,81	31,482
2	1,328	5,32	3,992	1,328	23,54	22,212
3	1,328	3,5	2,172	1,328	13,77	12,442
4	1,328	2,7	1,372	1,328	8,51	7,182
5	1,328	1,74	0,412	1,328	6,25	4,922
6	1,328	0,55	-0,778	1,328	3,31	1,982
7	5,328	1,19	-4,138	9,328	4,74	-4,588
8	10,231	1,17	-9,061	10,231	2,39	-7,841
9	6,231	2,95	-3,281	6,231	3,46	-2,771

Продолжение таблицы 2.10

10	1,328	6,17	4,842	1,328	3,04	1,712
11	1,328	11,56	10,232	1,328	4,01	2,682
12	1,328	12,06	10,732	1,328	4,42	3,092
13	1,328	11,44	10,112	1,328	4,34	3,012
14	1,328	9,78	8,452	1,328	3,65	2,322
15	1,328	9,23	7,902	1,328	2,78	1,452
16	1,328	5,97	4,642	1,328	1,19	-0,138
17	1,328	7,07	5,742	1,328	1,46	0,132
18	2,656	7,23	4,574	6,656	2,74	-3,916
19	6,231	8,19	1,959	10,231	2,14	-8,091
20	20,671	7,29	-13,381	20,671	2,28	-18,391
21	18,671	5,01	-13,661	15,096	4,86	-10,236
22	8,432	4,55	-3,882	8,432	15,93	7,498
23	5,328	3,78	-1,548	5,328	19,27	13,942
24	1,328	4,48	3,152	1,328	19,83	18,502
Итого	103,699	136,9	-49,73	112,124	190,72	-55,972

Исходя из данных таблицы видно, что в течении суток нужно аккумулировать энергию летом – 49,73 кВт, зимой – 55,972 кВт. Соответственно, количество аккумуляторных батарей будем брать по большему значению.

Так как аккумуляторные батареи не способны полностью отдавать накопленную электроэнергию, следует учесть коэффициент отдачи, равный 1,6:

$$W = 55972 \cdot 1,6 = 89555,2 \text{ Вт.}$$

Необходимая общая ёмкость аккумуляторов в А·ч:

$$C_6 = \frac{89555,2}{12} = 7462,9 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Количество аккумуляторных батарей:

$$n = \frac{7462,9}{235} = 32.$$

Количество аккумуляторных батарей, которые будут накапливать мощность для отдачи в пиковые часы, равно 32. Однако, следует учитывать, что в качестве резервного питания в данном случае мы берем тоже аккумуляторные батареи. Будем считать, что в течении всего года около 20 дней бывают безветренными и пасмурными, т.е. выработка электроэнергии КЭС ВРГБ снижается до минимума. Поэтому количество АБ просчитаем для максимального потребления энергии в сутки: зимой – 112,124 кВт, летом –

103,699 кВт. Аналогичный расчет количества АБ проводится для 112,124 кВт.

Так как аккумуляторные батареи не способны полностью отдавать накопленную электроэнергию, следует учесть коэффициент отдачи, равный 1,6:

$$W = 112124 \cdot 1,6 = 179398,4 \text{ Вт.}$$

Необходимая общая ёмкость аккумуляторов в А·ч:

$$C_6 = \frac{179398,4}{12} = 14949,8 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Количество аккумуляторных батарей:

$$n = \frac{14949,8}{235} = 64.$$

Количество аккумуляторных батарей равно 64 (16 групп по 4 штуки). Отметим, что расчет проводился с учетом того, что 20 безветренных дней были разбросаны в течении года, а не проходили последовательно. В противном случае, количество АБ следует увеличить.

Итого, третий вариант электроснабжения сельскохозяйственного объекта представляет собой использование только ветровых роторных турбин, что является несомненным плюсом. С другой стороны из-за нестабильности ветра, приходится использовать большое количество аккумуляторных батарей для резервного питания, что резко увеличивает инвестиционную стоимость проекта.

Для сравнения технических характеристик трех вариантов электроснабжения приведем сводную таблицу 2.11

Таблица 2.11 – Сравнение вариантов

Вариант	I	II	III
Основное питание	КЭС ВРТБ+АБ	ДГУ+КЭС ВРТБ	КЭС ВОТБ+АБ
Резерв	ДГУ	АБ	АБ
Количество КЭС ВРТБ	3 по 10 кВт	3 по 10 кВт	3 по 10 кВт
Мощность ДГУ	35 кВт	5 кВт	-
Количество АБ	28 ед.	28 ед.	64 ед.

Все варианты имеют право на существование, есть свои недостатки и преимущества, описанные выше. В экономической части дипломной работы проведем расчет по минимальным приведенным затратам и выявим наиболее приемлемый вариант в технико-экономическом сравнении.

3 Выбор защитной аппаратуры и кабелей

Технические данные всех электроприемников приведены в таблице 3.1. Для примера проведем расчет для первого электроприемника. Номинальный ток равен:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi}, \quad (3.1)$$

где $P_{ном}$ – номинальная мощность электроприемника;
 $U_{ном}$ – номинальное напряжение сети.

$$I_{ном} = \frac{0,5}{\sqrt{3} \cdot 0,23 \cdot 0,75} = 1,67 \text{ А.}$$

Пусковой ток рассчитывается по формуле:

$$I_{к} = K_{пуск} \cdot I_{ном}, \quad (3.2)$$

где $K_{пуск}$ – пусковой коэффициент;
 $K_{пуск}$ -зависит от мощности и типа ЭП;
 $K_{пуск}=5 \div 7$ легкий режим работы ($P_n < 10$ кВт);
 $K_{пуск}=4 \div 5$ средний режим работы ($10 \text{ кВт} < P_n < 20 \text{ кВт}$);
 $K_{пуск}=3 \div 4$ тяжелый режим работы ($P_n > 20$ кВт, Кран, прессы, конвейеры) [13].

$$I_{к} = 5 \cdot 1,67 = 8,37 \text{ .}$$

Расчетные данные по остальным электроприемникам занесены в таблицу 3.1.

Т а б л и ц а 3.1 – Технические данные ЭП

№	Наименование оборудования	P_n , кВт	I_n , А	$K_{пуск}$	$I_{пуск}$	α	$I_{пуск} / \alpha$	$\cos\varphi$
1	Холодильник	0,5	1,67	5	8,37	2,5	3,34	0,75
2	Стиральная машина	1	3,35	5	16,75	2,5	6,70	0,75
3	Пылесос	0,5	1,26	5	6,28	2,5	2,51	1
4	Общее освещение	0,10	0,25	5	1,26	2,5	0,50	1

5	Электрический чайник	2	5,03	5	25,13	2,5	10,05	1
---	----------------------	---	------	---	-------	-----	-------	---

Продолжение таблицы 3.1

6	Персональный компьютер	0,2	0,56	5	2,79	2,5	1,12	0,9
7	Утюг	1	2,51	5	12,57	2,5	5,03	1
8	Телевизор	0,15	0,42	5	2,09	2,5	0,84	0,9
9	Микроволновая печь	0,6	1,51	5	7,54	2,5	3,02	1
10	Скважинный насос	2,2	6,91	3	20,73	1,6	12,95	0,8

Просчитав номинальные и пусковые токи электрических приборов, перейдем к выбору автомата на распределительный щит.

Значение полной мощности найдем, зная что она примерно на 20% больше суммарной активной мощности. Связано это с тем, что реактивную составляющую мы учитывали в $\cos\phi$. Суммарная активная мощность равна 10,85 кВт, соответственно, полная мощность:

$$S_{p\ p} = 13,02 \text{ кВА.}$$

Расчетный максимальный ток:

$$I_p = \frac{S_{p\ p}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} \quad (3.3)$$

$$I = \frac{13,02}{\sqrt{3} \cdot 0,23} = 32,72 \text{ А.}$$

Кратковременный ток рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{крат}} = I_{\text{к}} = I_p + (I_{\text{к на б}} - I_{\text{ном на б}}) \quad (3.4)$$

$$I_{\text{крат}} = 32,72 + (20,73 - 6,91) = 46,54 \text{ А.}$$

Выбираем автомат марки ВА88-32 и проверяем выполняется ли условия выбора автомата:

- 1) $I_{\text{ном ав}} = 80 \text{ А} > I_{\text{н}} = 46,54 \text{ А};$
- 2) $I_{\text{ном расц}} = 80 \text{ А} > I_{\text{н}} = 46,54 \text{ А};$
- 3) $I_{\text{сраб эл расц}} = 400 \text{ А} > 1,25 \cdot I_{\text{пуск}} = 1,25 \times 32,72 = 40,9 \text{ А.}$

После выбора автомата переходим к выбору кабеля к

распределительному щиту – ВВГ 2х2,5:

$$I_o = 101 \text{ A} \quad I_n = 46,54 .$$

Проверим выбранное сечение по коэффициенту защиты автомата, в траншее уложен 1 кабель, поэтому поправочный коэффициент = 1, = 1 коэффициент защиты для автомата с нерегулируемой характеристикой:

$$I_o = \frac{k \cdot I}{k} = \frac{1 \cdot 80}{1} = 80 \text{ A} \quad 101 ,$$

условие выполняется.

Следует также выбрать сам распределительный шкаф типа ШРНН-1-4-80-У3:

$$I_n = 80 \text{ A} > 46,54 \text{ A}.$$

Расчеты защитных аппаратов и проводов к ЭП приведены в таблице 3.2.

Данная защитная аппаратура была выбрана от распределительного пункта до потребителей. Теперь выберем оборудование до распределительного щита.

Автоматические выключатели уже включены в комплексно энергетическую систему «ВРТБ». Осталось выбрать защитную аппаратуру для дизель-генераторных установок и для инверторной ситемы.

Выбор автоматического выключателя для ДГУ 35 кВт.

Полная мощность:

$$S_{35} = 44 \text{ кВА}.$$

Расчетный максимальный ток:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (3.3)$$

$$I = \frac{44}{\sqrt{3} \cdot 0,23} = 110,58 \text{ A}.$$

Выбираем автомат марки ВА88-33 и проверяем выполняется ли условия выбора автомата:

- 1) $I_{ном ав} = 160 \text{ A} > I_n = 110,58 \text{ A};$
- 2) $I_{ном расц} = 160 \text{ A} > I_n = 110,58 \text{ A};$
- 3) $I_{сраб эл расц} = 400 \text{ A} > 1,25 \cdot I_{пуск} = 1,25 \times 110,58 = 138,225 \text{ A}.$

Выбор автоматического выключателя для ДГУ 7 кВт.
Полная мощность:

$$S = 9 \text{ кВА.}$$

Расчетный максимальный ток:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (3.3)$$

$$I = \frac{9}{\sqrt{3} \cdot 0,23} = 22,61 \text{ А.}$$

Выбираем автомат марки ВА88-32 и проверяем выполняется ли условия выбора автомата:

- 1) $I_{\text{ном ав}} = 80 \text{ А} > I_{\text{н}} = 22,61 \text{ А};$
- 2) $I_{\text{ном расц}} = 80 \text{ А} > I_{\text{н}} = 22,61 \text{ А};$
- 3) $I_{\text{сраб эл расц}} = 400 \text{ А} > 1,25 \cdot I_{\text{пуск}} = 1,25 \times 22,61 = 28,27 \text{ А.}$

Выбор автоматического выключателя для инверторной системы 24 кВт.
Полная мощность:

$$S_{\text{н}} = 30 \text{ кВА.}$$

Расчетный максимальный ток:

$$I = \frac{S_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (3.3)$$

$$I = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 0,23} = 75,39 \text{ А.}$$

Выбираем автомат марки ВА88-33 и проверяем выполняется ли условия выбора автомата:

- 1) $I_{\text{ном ав}} = 160 \text{ А} > I_{\text{н}} = 75,39 \text{ А};$
- 2) $I_{\text{ном расц}} = 160 \text{ А} > I_{\text{н}} = 75,39 \text{ А};$
- 3) $I_{\text{сраб эл расц}} = 400 \text{ А} > 1,25 \cdot I_{\text{пуск}} = 1,25 \times 75,39 = 94,24 \text{ А.}$

Последним этапом является выбор распределительного шкафа перед инвертором.

Для первого варианта электроснабжения:

Полная мощность:

$$S_1 = 81,5 \text{ кВА.}$$

Расчетный максимальный ток:

$$I = \frac{S_1}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (3.3)$$

$$I = \frac{81,5}{\sqrt{3} \cdot 0,048} = 981,45 \text{ А.}$$

Выбираем распределительный шкаф ШРНН-1-4-1000-У3:

$$I_n = 1000 \text{ А} > 981,45 \text{ А.}$$

Для второго варианта электроснабжения:
Полная мощность:

$$S_2 = 46,5 \text{ кВА.}$$

Расчетный максимальный ток:

$$I = \frac{S_2}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (3.3)$$

$$I = \frac{46,5}{\sqrt{3} \cdot 0,048} = 559,9 \text{ А.}$$

Выбираем распределительный шкаф ШРНН-1-4-630-У3:

$$I_n = 630 \text{ А} > 559,9 \text{ А.}$$

Для третьего варианта электроснабжения:
Полная мощность:

$$S_3 = 37,5 \text{ кВА.}$$

Расчетный максимальный ток:

$$I = \frac{S_3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (3.3)$$

$$I = \frac{37,5}{\sqrt{3} \cdot 0,048} = 451,5 \text{ А.}$$

Выбираем распределительный шкаф ШРНН-1-4-630-У3:

$$I_n = 630 \text{ А} > 451,5 \text{ А.}$$

Т а б л и ц а 3.2 - Расчет защитных аппаратов и проводов к ЭП

№ ЭП	I _{дл} , А	I _{кр}	Автоматический выключатель				Предохранитель			Тип аппарата	Кз	Кз х Iз	I _{доп} пров	Марка и сечение
			I _{ном} авт	I _{ном} р	I _{р.ср}	I _{пр.ср}	I _{р.вст}	I _{ном.пл}	I _{ном.пред}					
1	1,67	8,37	-	-	-	-	3,34	25	25	ППНИ-33	0,33	8,25	33	ВВГ-2х2,5
2	3,35	16,75	-	-	-	-	6,70	25	25	ППНИ-33	0,33	8,25	33	ВВГ-2х2,5
3	1,26	6,28	-	-	-	-	2,51	25	25	ППНИ-33	0,33	8,25	33	ВВГ-2х2,5
4	0,25	1,26	-	-	-	-	0,50	25	25	ППНИ-33	0,33	8,25	33	ВВГ-2х2,5
5	5,03	25,13	-	-	-	-	10,05	25	25	ППНИ-33	0,33	8,25	33	ВВГ-2х2,5
6	0,56	2,79	-	-	-	-	1,12	25	25	ППНИ-33	0,33	8,25	33	ВВГ-2х2,5
7	2,51	12,57	-	-	-	-	5,03	25	25	ППНИ-33	0,33	8,25	33	ВВГ-2х2,5
8	0,42	2,09	-	-	-	-	0,84	25	25	ППНИ-33	0,33	8,25	33	ВВГ-2х2,5
9	1,51	7,54	-	-	-	-	3,02	25	25	ППНИ-33	0,33	8,25	33	ВВГ-2х2,5
10	6,91	20,73	-	-	-	-	12,95	25	25	ППНИ-33	0,33	8,25	33	ВВГ-2х2,5
щр	32,72	46,54	80	80	80	400	-	-	-	ВА88-32	1	50	56	ВВГ-2х16

4 Безопасность жизнедеятельности

4.1 Оценка влияния ветроустановок на окружающую среду

Ветровая энергия является абсолютно экологически чистой и безвредной для природы и людей. Но это лишь на первый взгляд. Сотни и тысячи ветровых турбин осуществляют работу мощных ветровых электростанций и доставляют немало проблем, которые приводят к невообразимому шуму, иногда служат помехой для теле- или радиотрансляций.

Вышки огромной высоты часто становятся препятствием для миграции птиц. В сравнении с огромным вредом для окружающей природы тепловыми электростанциями, ветрогенераторы наносят почти незаметный ущерб.

Шум от ветряной установки исходит в основном из-за работы лопастей и коробки передач. Шум от ветряного генератора указывает на не результативность его работы, и вызывает многие жалобы, поэтому производители ветряных генераторов и их разработчики вплотную занялись решением вышеуказанной задачи с тем, чтобы повысить экологичность ветрогенератора. За несколько лет плодотворной работы конструктора и производители смогли существенно снизить уровень шума ветряных генераторов. Максимальное значение шума не должно превышать сорока децибел, а если шум, издаваемый ветрогенератором, является помехой для сна, то конечно, уровень шума должен быть значительно меньше. Дозволенный уровень шума достигается на расстоянии двухсот пятидесяти метров от ветряного генератора.

Озадачившись вопросами экологичности ветрогенераторов, следует сказать, что для их результативной работы важную роль играет правильное размещение на местности. Создавая ветроэлектростанцию надо учитывать, что ветрогенераторы должны располагаться друг от друга на расстоянии не меньшем, чем высота десяти башен. Только такое расстояние дает возможность потокам ветров возобновляться, турбулентные потоки, которые создают работающие лопасти ротора одного ветрогенератора, не мешают работать соседней установке, которая находится в подветренной стороне.

Исходя из вышесказанного, делаем вывод, что чем больше и мощнее ветряная электростанция, тем больше потребуется для ее создания земли. На местности между ветровыми генераторами не допускается строение домов и высадка лесов, но ее можно использовать под сельскохозяйственные угодья. Так что и в этом случае экологичность ветрогенераторов подтверждается.

Ниже представлена таблица по потребности площади участка для производства электроэнергии.

Таблица 4.1 – Удельная потребность в площади земельного участка для производства 1 ГВт·ч электроэнергии

Значение	Параметр
Технология выработки энергии	Удельный показатель площади зем.участка для пр-ва 1 ГВт·ч за 30 лет (м ²)
Геотермальный источник	404
Энергия ветра	800-1335
Солнечные элементы на полупроводниках	3237
Пассивный солнечный нагрев	3561

Вред наносимый животным и птицам. С самого начала развития ветроэнергетики возникали вопросы о возможном вреде, наносимом ВЭУ животным и птицам. Агрегаты в то время были небольших размеров, мощностью до 100 кВт. Такие ВЭУ имеют высокую частоту вращения лопастей (300-450 об/мин), что является препятствием для прямого пролета птиц. Первое время при размещении мелких ВЭУ вблизи гнездований птицы гибли довольно часто. В дальнейшем размеры ВЭУ росли, частота вращения лопастей падала, и число погибших птиц резко уменьшилось. В настоящее время частота вращения ВЭУ мощностью 1-2 МВт составляет от 10 до 30 об/мин, а ВЭУ мощностью 3-4,5 МВт – 8-14 об/мин. Это значит, что для птиц лопасти стали достаточно медленно движущимися объектами.

Влияние на прохождение радио- и телевизионных сигналов. В связи с ростом единичной мощности ВЭУ и соответственно с увеличением высоты башни ВЭУ свыше 100 м и размеров лопастей до 40-60 м обостряется вопрос грозозащиты лопастей. Лопасти крупных ВЭУ выполняются из стекловолокна, а для их защиты от ударов молнии внутри них закладываются алюминиевые проводники довольно значительного сечения, по которым ток при ударе молнии уходит в землю. Такие лопасти становятся своего рода зеркалами для прохождения радио- и телесигналов. ВЭУ, оснащенная подобными устройствами, становится препятствием для сигналов военных радаров. Большие площади земель вдоль морских побережий и в прибрежных акваториях являются площадками для крупных ветроферм. Это приводит к столкновению интересов военных, наблюдающих с помощью радаров за прибрежной акваторией и воздушным пространством, и ветроэнергетики.

Влияние ВЭУ на окружающую среду минимально, в сравнении с традиционными источниками энергии. Для правильной и безопасной работы установки следует проводить защитные мероприятия, такие как молниезащита.

4.2 Молниезащита объекта

На территории исследуемого сельскохозяйственного предприятия будут построены дома для пастухов и их семей, скважинные насосы, помещение для хранения корма, дизельная установка, комплексная энергетическая система ВРТБ. Из всего перечисленного больше всего молнии подвержены ветроустановки, так как КЭС ВРТБ мощностью 10 кВт достигают высоты 20 м. Но другие объекты, находящиеся на территории предприятия также следует защитить от возможных прямых попаданий молнии.

Фактическую основу защиты элементов электрических установок от атмосферных перенапряжений и, соответственно, от поражения прямыми ударами молнии составляет устройство молниеотводов, то есть хорошо заземленных проводников, располагаемых выше, чем защищаемые элементы электрической установки:

- вертикально-осевая ветроэнергетическая турбина;
- фотоэлектрический модуль и распределительный пункт, в котором расположено основное электрическое оборудование и аккумуляторные батареи.

Для приема электростатического заряда молнии и отвода ее токов в землю служат специальные части молниезащиты-молниеотводы, которые состоят из несущей части (опоры), молниеприемника, токоотвода и заземлителя.

По конструкции различают молниеотводы:

- одиночный стержневой;
- двойной стержневой - это 2 стержневых молниеотвода, расположенные по разные стороны защищаемого объекта;
- тросовый - между двойными стержневыми молниеотводами натянут стальной трос;
- молниеприемная сетка, укладываемая на неметаллическую кровлю.

При выполнении молниезащиты также необходимо учитывать следующее: для повышения безопасности людей и животных необходимо заземлители молниеотводов размещать в редко посещаемых местах, в удалении на 5 м и более от проезжих и пешеходных дорог; для исключения заноса высоких электрических потенциалов в защищаемые объекты по подземным коммуникациям, необходимо размещать заземлители и токоотводы к ним на достаточном расстоянии от этих коммуникаций, для исключения перекрытия разряда от молниеприемника на достаточном расстоянии от элементов объекта.

При расчете числа поражений нисходящими молниями принимается, что возвышающийся объект принимает на себя разряды, которые в его отсутствие поразили бы поверхность земли определенной площади (так называемую поверхность стягивания). Эта площадь имеет форму круга для

сосредоточенного объекта (вертикальной трубы или башни) и форму прямоугольника для протяженного объекта.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h представляет собой круговой конус, вершина которого находится на высоте $h_0 < h$. На уровне земли зона защиты образует круг радиусом r_0 . Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого сооружения h_x представляет собой круг радиусом r_k .

Размеры ВЭУ:

$h_x = 20$ м;

Площадь 5х5 м.

Расчет одиночностержневого защитного молниеотвода:

$$r = 1,5 \cdot \left(h - \frac{h_x}{0,92} \right); \quad (4.1)$$

$$h_0 = 0,92 \cdot h; \quad (4.2)$$

$$r_0 = 1,5 \cdot h_0, \quad (4.3)$$

где h_k - высота ВЭС;

h - высота стержня;

h_x - высота сооружения;

h_0 - высота перелома, образующей конуса.

Высоту стержня примем равную $h = 44$ м;

$$h_0 = 0,92 \cdot 44 = 40,48 \text{ м};$$

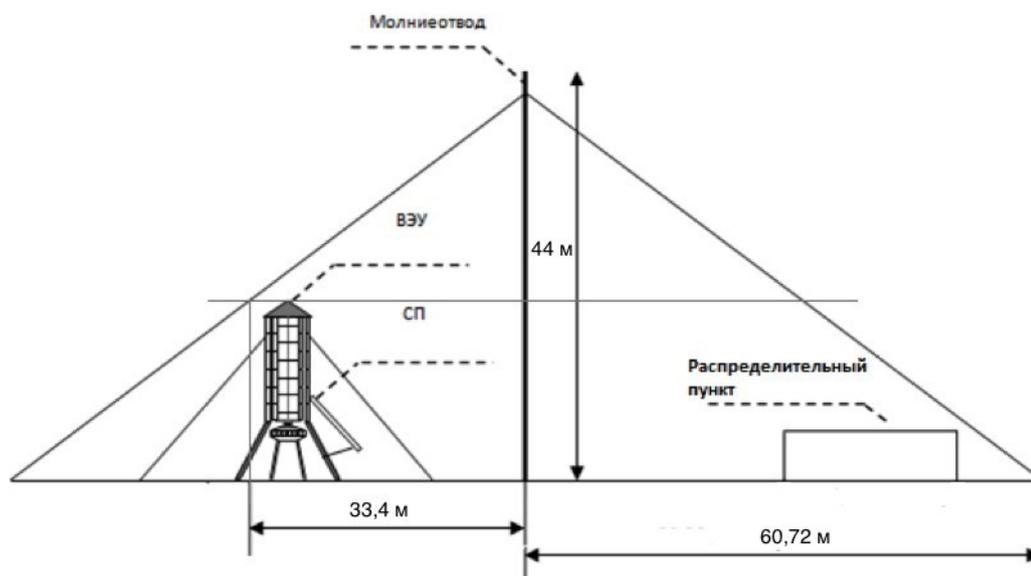
$$r_0 = 1,5 \cdot 40,48 = 60,72 \text{ м};$$

$$r_k = 1,5 \cdot \left(44 - \frac{20}{0,92} \right) = 33,4 \text{ м}.$$

По результатам расчёта производим необходимые построения очертаний зоны защиты [14].

Защитные свойства стержневого молниеотвода характеризуется зоной защиты, под которой понимают пространство вокруг молниеотвода, где поражение защищаемого объекта атмосферными разрядами маловероятно.

Таким образом, при высоте молниеотводов равной 44 м, данная ВЭУ будет находиться в защитной зоне.



СП – солнечная панель; ВЭУ – ветроэнергетическая установка

Рисунок 4.1 – Молниезащитная зона

4.3 Защита от шума

В системе электроснабжения используется ветроэнергетическая установка ВРТБ (10кВ), которая в свою очередь является источником двух видов шумов: механический (удары, колебания отдельных деталей и оборудования в целом) и аэродинамический (шум газов или воздуха). В результате чего у человека в процессе труда, могут возникнуть различные психические нарушения, сердечнососудистые расстройства, желудочно-кишечные и кожные нарушения.

При длительном воздействии шума и вибрации на организм происходят нежелательные явления: снижение остроты зрения, слуха, повышается кровяное давление, снижается внимание. Сильные, продолжительные воздействия шума и вибрации могут быть причиной функциональных изменений сердечно-сосудистой и нервной систем.

Таблица 4.2 - Уровень допустимых звуковых давлений

Назначение помещений или территорий	Уровень звукового давления (эквивалентный уровень звукового давления) L , дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровень звука L_A (эквивалентный уровень звука $L_{Aэкв}$), дБА	Максимальный уровень звука $L_{Aмакс}$, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Жилая зона	83	74	68	63	60	57	55	54	65	75

Нормируемыми параметрами непостоянного (прерывистого, колеблющегося во времени) шума являются эквивалентные уровни звукового давления $L_{экв}$, дБ, и максимальные уровни звукового давления $L_{макс}$, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц.

Допускается использовать эквивалентные уровни звука $L_{Аэкв}$, дБА, и максимальные уровни звука $L_{Амакс}$, дБА. Шум считают в пределах нормы, когда он как по эквивалентному, так и по максимальному уровню не превышает установленные нормативные значения.

4.3.1 Определение целесообразности шумозащитных мер
Рассматриваемая ветроэнергетическая установка ВРТЬ производит два вида шума: механический и аэродинамический. Шумовые характеристики для ВЭУ разных мощностей представлены в таблице 4.3.

Прогноз долгосрочной средней скорости ветра в районе, размещения ветроэнергетической установки составляет 8 м/с. Для данной скорости ниже приведены шумовые характеристики выбранной ветровой роторной турбины.

Таблица 4.3 - Шумовые характеристики ветрогенераторов

v	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p , дБ	36,7	46,7	57,3	57	54,9	55,1	40,7	35,7

После приведения данных по шуму перейдем к расчету уровня шума ветрогенератора в зависимости от удаленности.

4.3.3 Расчет шума

Таблица 4.4 - Нормируемые уровни звукового давления

v	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p	36,7	46,7	57,3	57	54,9	55,1	40,7	35,7
L_n	83	74	68	63	60	57	55	54

где L_p – уровень звукового давления на рабочем месте;

L_n – допустимый уровень звукового давления для рабочего места.

Расчет шума в зоне прямого звука производится по формуле

$$L = L + 10 \lg \frac{3\Phi}{S} \quad (4.4)$$

где L_p – октавный уровень звуковой мощности в дБ источника шума;
– коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля и принимаемый в зависимости от отношения расстояния r в м между

акустическим центром источника и расчетной точкой к максимальным габаритным размерам l_{\max} в м источника шума по графику на рисунке 4.2.

Φ – фактор направленности источника шума, безразмерный, определяется по опытным данным. Для источников шума с равномерным излучением звука следует принимать $\Phi = 1$;

S – площадь в м^2 воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку.

Величина $r_i = 15 =$ принимаем $\chi = 1$.

$$\frac{3}{r_{\max}} \quad /$$



Рисунок 4.2 - График для определения коэффициента x в зависимости от отношения r к максимальному линейному размеру источника шума l_{\max} .

Для источников шума, у которых $2l_{\max} < r$, следует принимать при расположении источника шума:

$$S = 4\pi r^2. \quad (4.5)$$

Проведем примерный расчет для расстояния $r=4$ м:

$$S = 4 \cdot 3,14 \cdot 4^2 = 200,96 \text{ м}^2;$$

$$L = 36,7 + 10 \lg \frac{1}{200,96} = 13,67 \text{ .}$$

Остальные расчеты занесем в таблицу 4.5

Таблица 4.5 – Результаты расчета

ν	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_H	83	74	68	63	60	57	55	54
$L(4\text{м}), \text{Дб}$	13,67	23,67	34,27	33,97	31,87	32,07	17,67	12,67
$L(5\text{м}), \text{Дб}$	11,73	21,73	32,33	32,03	29,93	30,13	15,73	10,73
$L(8\text{м}), \text{Дб}$	7,65	17,65	28,25	27,95	25,85	26,05	11,65	6,65
$L(10\text{м}), \text{Дб}$	5,71	15,71	26,31	26,01	23,91	24,11	9,71	4,71
$L(15\text{м}), \text{Дб}$	2,19	12,19	22,79	22,49	20,39	20,59	6,19	1,19

где L – октавный уровень звукового давления в расчетной точке;
 L_n – допустимый уровень звукового давления для рабочего места

По результатам расчетов мы видим, что шум, который издает ВРТБ ниже допустимого уровня шума для объекта и соответственно нет необходимости применять шумозащитные меры [15].

4.4 Разработка сети зануления низковольтного оборудования

Электроснабжение участка осуществляется при помощи возобновляемых источников энергии или при помощи комбинированного использования КЭС ВРТБ с дизельными установками. Но во всех трех случаях электроснабжения электроэнергия к потребителям подается через распределительный щит. Самый удаленный электроприемник – скважинный насос (мощность 2,2 кВт). Его питание осуществляется от ЩР-1, с использованием кабеля АВВГ-(4х4) (длина $L_1=50$ м). Распределительный щит ЩР-1 запитан от комплексной трансформаторной подстанции с помощью кабеля АВВГ-(3х6)+(1х4) (длина $L_2=10$ м).

Также следует отметить, что у распределительного щита стоит автоматический выключатель марки ВА-47-29, а остальные электроприемники защищают предохранители ППНИ-33.

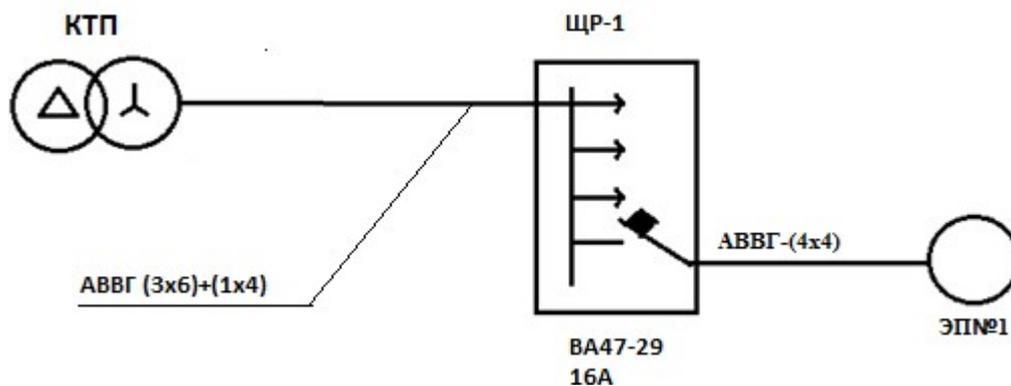


Рисунок 4.3 – Схема замещения

Определим токи нагрузки и выбор аппаратов защиты:

$$I = \frac{P}{U_H \cos \varphi}; \quad (4.6)$$

$$I_p = \frac{0,22 \cdot 0,8}{2,1} = 0,083$$

= 11,9 A;

$$I_{пк} = Kп \cdot I_p; \quad (4.7)$$

$$I_{пк} = 5 \cdot 11,9 = 59,5 \text{ A.}$$

Выбираем автоматический выключатель ВА47-29 (16А).

$$I_{ат.к.} = 16 \text{ A}; I_{п.т.} = 25 \text{ A} \quad I_{рtn} = 11,9 \text{ A.}$$

Определим полное сопротивление элементов цепи:

а) сопротивление трансформатора для группы соединения

$$\Delta Y_0 - 11: Z_T = 27 \text{ m}\Omega;$$

б) сопротивление кабельной линии от ЩР-1 до ЭП-1 (АВВГ(4x4) L₁=50м):

$$Z_{пф-0} = 18,4 \text{ }\Omega/\text{km};$$

$$Z_{кл-1} = Z_{пф-0} \cdot L_1 = 18,4 \cdot 0,05 = 0,92 \text{ }\Omega;$$

в) сопротивление кабельной линии от ТП до ЩР-1 (АВВГ(3x6)+(1x4) L₂=10м):

$$Z_{пф-0} = 15,3 \text{ }\Omega/\text{км};$$

$$Z_{кл-2} = Z_{пф-0} \cdot L_2 = 15,3 \cdot 0,01 = 0,153 \text{ }\Omega.$$

Определим токи КЗ:

$$I_1 = \frac{220}{Z_3 + Z_{кл-1} + Z_{кл-2}} = \frac{220}{0,027/3 + 0,92 + 0,153} = 0,2203 \text{ кА};$$

$$I_2 = \frac{220}{Z_m \cdot 3 + Z_{кл-2}} = \frac{220}{0,027/3 + 0,153} = 1,358 \text{ кА.}$$

Определим кратность тока:

$$\frac{I_{к1}}{I_{нат}}$$

$$= \frac{203,3}{25} = 8,132;$$

$$\frac{I_{k2}}{I_{HA}} = \frac{1358}{25} = 54,32.$$

условие $I_k \leq I_n \cdot K_a$, где $K_a = 1,25$;

$$0,2033 \text{ кА} \leq 1,25 \cdot 25 = 31,25 \text{ А};$$

$$1,358 \text{ кА} \leq 1,25 \cdot 25 = 31,25 \text{ А}.$$

Условие выполняется, следовательно, автоматический выключатель сработает в случае короткого замыкания.

Определение времени срабатывания аппарата защиты: автомата принимается из справочника. В данном случае время отключения аппарата защиты равно 0,16 секунд.

Потенциал корпуса поврежденного оборудования:

$$U_{k1} = I_{k1} \cdot R_{KL-1} = 203,3 \cdot 0,35 = 71 \text{ В};$$

$$R_{KL-1} = \frac{\rho \cdot L}{S} = \frac{0,028 \cdot 50}{4} = 0,35 \text{ Ом},$$

где ρ – удельное сопротивление алюминиевой жилы принимается равной $0,028 \text{ Ом} \cdot \frac{\text{мм}^2}{\text{м}}$;

S – сечение жилы, мм^2 ;

L – длина проводника, м.

$$U_{k2} = I_{k2} \cdot R_{KL-2} = 1358 \cdot 0,046 = 62,5 \text{ В};$$

$$R_{KL-2} = \frac{\rho \cdot l}{S} = \frac{0,028 \cdot 10}{6} = 0,046 \text{ Ом}.$$

Ток, проходящий через тело человека, равен

$$I_{h1} = \frac{U_{k1}}{R_h} = \frac{71}{1000} = 71 \text{ мА};$$

$$I_{h2} = \frac{U_{k2}}{R_h} = \frac{62,5}{1000} = 62,5 \text{ мА}.$$

Такие величины тока являются допустимыми при времени воздействия 0,2 секунды, т.е. время срабатывания автоматического выключателя не превышает допустимых величин.

5 Экономическая часть. Определение экономической эффективности сравниваемых вариантов

5.1 Цели разработки проекта

Целью данной работы является электроснабжение сельскохозяйственного предприятия с использованием возобновляемых источников энергии. Объект находится в Нуринском районе Карагандинской области. Объект представляет собой пастбище, где планируется выпас 1500 голов овец и 500 лошадей. Для рабочего персонала (пастухи, чабаны) требуется 8 домов (8 семей). На территории пастбища имеются скважины, для которых были выбраны два насоса.

Были рассчитаны три варианта электроснабжения объекта:

1) комбинированное использование энергии ветра и солнца; в пиковые часы будет использована энергия, накопленная в аккумуляторных батареях; в качестве резерва будет использована дизель-генераторная установка;

2) дизельная установка работает постоянно; в пиковые часы используем энергию, выработанную КЭС ВРТБ; в качестве резерва используем энергию, накопленную в аккумуляторных батареях;

3) энергию вырабатывает КЭС ВРТБ; аккумуляторные батареи будут покрывают нагрузку в пиковые часы, а также работать в качестве резерва.

Необходимость осуществления данного проекта заключается в том, что сельскохозяйственное предприятие удалено от линии электропередач, как и многие другие мелкие потребители нашей страны. Поэтому протягивать ЛЭП в такие участки не целесообразно и приходится искать альтернативные варианты.

Объект расположен в 40 км в юго-западном направлении от административного центра Нуринского района – поселка Киевка. Территория была мало подвержена экологическому загрязнению, и поэтому было бы правильно поддерживать экологическую чистоту в данном регионе. С комбинированным использованием КЭС ВРТБ и дизель-генераторной установки воздействие на экологию области будет минимальна.

5.2 Расчет экономической эффективности сравниваемых вариантов

Расчет экономической эффективности сравниваемых вариантов проводится по методу минимальных приведенных затрат.

Приведенные затраты – показатель сравнительной экономической эффективности капитальных вложений, применяемый при выборе лучшего из вариантов решения технических и хозяйственных задач.

При сравнении возможных вариантов решения какой-либо технической задачи, рационализаторских предложений, технических усовершенствований,

различных способов повышения качества продукции лучшим при прочих равных условиях считается вариант, требующий минимума приведенных затрат.

Приведенные затраты – сумма текущих затрат, учитываемых в себестоимости продукции, и единовременных капитальных вложений, сопоставимость которых с текущими затратами достигается путем умножения их на нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Последний представляет собой минимальную норму эффективности капитальных вложений, ниже которой они, при прочих равных условиях, нецелесообразны. Методикой (основными положениями) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений нормативный коэффициент эффективности принят для всех отраслей народного хозяйства равным 0,15.

Приведенные затраты определяются по следующей формуле:

$$П = 0,15 \cdot К + \quad (5.1)$$

где К – суммарные капитальные вложения;

– суммарные эксплуатационные издержки.

Далее перейдем к расчетной части, главной целью которой будет выявлении наименее затратного варианта электроснабжения предприятия.

5.2.1 Расчет для первого варианта электроснабжения

Расчет капитальных вложений

Рассчитаем капитальные вложения для первого варианта электроснабжения, который представляет собой электрификацию объекта при помощи КЭС ВРТЬ, в качестве резервного источника питания была принята дизель-генераторная установка, работающая на полную нагрузку 20 дней в году. Чтобы покрывать потребность в электроэнергии в пиковые часы используют аккумуляторные батареи.

Таблица 5.1 – Капитальные вложения на покупку оборудования

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Стоимость, тыс. тенге
1	Аккумуляторные батареи	28	2 800
2	Инвертор	1	766,36
3	Автоматический выключатель	1	8,585
4	Предохранитель	8	16
5	Ветрогенератор	3	24000
6	Фотоэлектрический модуль	24	1680
7	Дизельный генератор	1	3000
Итого			32 270,945

Капитальные вложения на покупку оборудования для первого случая равны:

$$K = 32\,270,945 \text{ т.т.н.}$$

Издержки на материалы:

$$A = 0,1 \cdot 0,15 \cdot K \text{ т.т.н.}; \quad (5.2)$$

$$A = 0,1 \cdot 32\,270,945 = 3\,227,0945 \text{ т.т.н.}$$

Далее просчитаем заработную плату рабочего персонала. Персонал нужен для строительства ветроэлектро станции, которое продлится ориентировочно две недели.

Таблица 5.2– Расчет издержек на заработную плату рабочим

Квалификация	Разряд	Количество	ЗП., тыс.тенге	ΣЗП, тыс.тенге
Монтажник	III	2	65	130
Монтажник	IV	2	80	160
Сварщик	III	3	55	165
Наладчик	IV	1	100	100
Бригадир	V	1	120	120
Издержки на заработную плату работникам, п				675
Сроки проведения сборки и монтажа объекта				14 суток

Капитальные вложения на монтаж оборудования рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{монт}} = A + \text{п}; \quad (5.3)$$

$$K_{\text{монт}} = 3,2270945 + 0,675 = 3,902 \text{ т.т.н.}$$

Суммарные капитальные вложения:

$$K = K + K_{\text{монт}}; \quad (5.4)$$

$$K = 32,270 + 3,902 = 36,172 \text{ т.т.н.}$$

Расчет эксплуатационных издержек

Амортизационные отчисления основных производственных фондов:

$$AO = 0,08 \cdot K; \quad (5.5)$$

$$AO = 0,08 \cdot 36,172 = 2,89 \text{ т.т.н.}$$

Суммарные затраты на текущий ремонт:

$$p = 0,1 \cdot 0,15 \cdot K \text{ м н. т н.}; \quad (5.6)$$

$$p = 0,1 \cdot 36,172 = 3,6172 \text{ м н. т н.}$$

Общепроизводственные расходы системы электроснабжения первого варианта:

$$o = 0,2 \cdot 0,25 \cdot (\pi + a_o + p); \quad (5.7)$$

$$o = 0,2 \cdot (0,675 + 2,89 + 3,6172) = 1,436 \text{ м н. т н.}$$

Суммарные эксплуатационные издержки рассчитываются по формуле:

$$= a_o + p + o; \quad (5.8)$$

$$= 2,89 + 3,6172 + 1,436 = 7,94 \text{ м н. т н.}$$

По (5.1) определяем приведенные затраты:

$$\Pi = 0,15 \cdot 36,172 + 7,94 = 13,36 \text{ м н. т н.}$$

Приведенные затраты для первого варианта занесем в таблицу 5.7

5.2.2 Расчет для второго варианта электроснабжения

Расчет капитальных вложений

Аналогичный расчет проведем для второго варианта электроснабжения, при котором используют комбинацию дизель-генераторной установки, работающей постоянно на значение средней потребляемой нагрузки, и КЭС ВРГБ, работающей в пиковые часы. В качестве резервного источника энергии были приняты аккумуляторные батареи, которые накапливают мощность в течении дня.

Рассчитаем капитальные вложения на покупку оборудования.

Таблица 5.3 – Капитальные вложения на покупку оборудования

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Стоимость, тыс. тенге
1	Аккумуляторные батареи	28	2 800
2	Инвертор	1	766,36
3	Автоматический выключатель	1	8,585
4	Предохранитель	8	16
5	Ветрогенератор	3	24000
6	Фотоэлектрический модуль	24	1680
7	Дизельный генератор	1	2200
Итого			31470,945

Капитальные затраты для второго варианта равны:

$$K = 31\,470,945 \text{ т.тн.}$$

Издержки на материалы:

$$A = 0,1 \cdot 0,15 \cdot K_{\text{с}} \text{ т.тн.}; \quad (5.2)$$

$$A = 0,1 \cdot 31\,470,945 = 3\,147,0945 \text{ т.тн.}$$

Далее просчитаем заработную плату рабочего персонала. Персонал нужен для строительства ветроэлектростанции, которое продлится ориентировочно две недели.

Таблица 5.4 – Расчет издержек на заработную плату рабочим

Квалификация	Разряд	Количество	ЗП, тыс.тенге	ΣЗП, тыс.тенге
Монтажник	III	2	65	130
Монтажник	IV	2	80	160
Сварщик	III	3	55	165
Наладчик	IV	1	100	100
Бригадир	V	1	120	120
Издержки на заработную плату работникам, п				675
Сроки проведения сборки и монтажа объекта				14 суток

Капитальные вложения на монтаж оборудования рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{монт}} = A + \Pi; \quad (5.3)$$

$$K_{\text{монт}} = 3,1470945 + 0,675 = 3,82 \text{ т.тн.}$$

Суммарные капитальные вложения:

$$K = K + K_{\text{монт}}; \quad (5.4)$$

$$K = 31,470 + 3,82 = 35,29 \text{ т.тн.}$$

Расчет эксплуатационных издержек

Амортизационные отчисления основных производственных фондов:

$$A_0 = 0,08 \cdot K; \quad (5.5)$$

$$A_0 = 0,08 \cdot 35,29 = 2,82 \text{ м н. т н.}$$

Суммарные затраты на текущий ремонт:

$$P = 0,1 \cdot 0,15 \cdot K \text{ м н. т н.}; \quad (5.6)$$

$$P = 0,1 \cdot 35,29 = 3,529 \text{ м н. т н.}$$

Общепроизводственные расходы системы электроснабжения первого варианта:

$$O = 0,2 \cdot 0,25 \cdot (П + A_0 + P); \quad (5.7)$$

$$O = 0,2 \cdot (0,675 + 2,82 + 3,529) = 1,4 \text{ м н. т н.}$$

Суммарные эксплуатационные издержки рассчитываются по формуле:

$$= A_0 + P + O; \quad (5.8)$$

$$= 2,82 + 3,529 + 1,4 = 7,75 \text{ м н. т н.}$$

По (5.1) определяем приведенные затраты:

$$П = 0,15 \cdot 35,29 + 7,75 = 13,04 \text{ м н. т н.}$$

Данные занесем в таблицу 5.7

5.2.3 Расчет для третьего варианта электроснабжения

Расчет капитальных вложений

Аналогично первым двум расчетам просчитаем себестоимость электроэнергии для третьего варианта электроснабжения. В третьем варианте электроснабжение осуществляется только при помощи КЭС ВРТБ, в качестве резервного источника питания взяли аккумуляторные батареи.

Таблица 5.5 – Капитальные вложения

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Цена, тыс. тенге
1	Аккумуляторные батареи	34	3 400
2	Инвертор	1	766,36
3	Автоматический выключатель	1	8,585
4	Предохранитель	8	16
5	Ветрогенератор	3	24000
6	Фотоэлектрический модуль	24	1680
Итого			29 870,945

Капитальные затраты для третьего варианта равны:

$$K = 29\,870,945 \text{ т.тн.}$$

Издержки на материалы:

$$A = 0,1 \cdot 0,15 \cdot K_{\text{с}} \text{ т.тн.}; \quad (5.2)$$

$$A = 0,1 \cdot 29\,870,945 = 2\,987,0945 \text{ т.тн.}$$

Далее просчитаем заработную плату рабочего персонала. Персонал нужен для строительства ветроэлектростанции, которое продлится ориентировочно две недели [16].

Таблица 5.6 – Расчет издержек на заработную плату рабочим

Квалификация	Разряд	Количество	ЗП, тыс.тенге	ΣЗП, тыс.тенге
Монтажник	III	2	65	130
Монтажник	IV	2	80	160
Сварщик	III	3	55	165
Наладчик	IV	1	100	100
Бригадир	V	1	120	120
Издержки на заработную плату работникам, п				675
Сроки проведения сборки и монтажа объекта				14 суток

Капитальные вложения на монтаж оборудования рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{монт}} = A + \text{п}; \quad (5.3)$$

$$K_{\text{монт}} = 2,987 + 0,675 = 3,662 \text{ т.тн.}$$

Суммарные капитальные вложения:

$$K = K + K_{\text{монт}}; \quad (5.4)$$

$$K = 29,870 + 3,662 = 33,532 \text{ т.тн.}$$

Расчет эксплуатационных издержек

Амортизационные отчисления основных производственных фондов:

$$A_{\text{о}} = 0,08 \cdot K; \quad (5.5)$$

$$A_{\text{о}} = 0,08 \cdot 33,532 = 2,68 \text{ т.тн.}$$

Суммарные затраты на текущий ремонт:

$$P = 0,1 \cdot 0,15 \cdot K \text{ м н. т н.}; \quad (5.6)$$

$$P = 0,1 \cdot 33,532 = 3,3532 \text{ м н. т н.}$$

Общепроизводственные расходы системы электроснабжения третьего варианта:

$$O = 0,2 \cdot 0,25 \cdot (\Pi + A_O + P); \quad (5.7)$$

$$O = 0,2 \cdot (0,675 + 2,68 + 3,35) = 1,34 \text{ м н. т н.}$$

Суммарные эксплуатационные издержки рассчитываются по формуле:

$$= A_O + P + O; \quad (5.8)$$

$$= 2,68 + 3,35 + 1,34 = 7,37 \text{ м н. т н.}$$

По (5.1) определяем приведенные затраты:

$$\Pi = 0,15 \cdot 33,532 + 7,37 = 12,4 \text{ м н. т н.}$$

Данные занесем в сравнительную таблицу 5.7

5.3 Сравнение трех вариантов электроснабжения по методу минимальных приведенных затрат

Приведенные затраты всех трех вариантов внесены в таблицу 5.7

Таблица 5.7 – Сравнение вариантов по приведенным затратам

Номер варианта	Приведенные затраты, млн тенге
I	13,36
II	13,04
III	12,4

Проведя расчеты и сравнив три варианта электроснабжения сельскохозяйственного предприятия видим, что наименьшие приведенные затраты в третьем варианте. Несмотря на то, что в третьем варианте электроснабжения количество аккумуляторных батарей увеличилось, приведенные затраты снизились из-за отсутствия дизельных установок.

Заключение

Исследуемым объектом является пастбище, которое находится в Карагандинской области. Как и многие потребители электроэнергии нашей страны, данный объект находится далеко от линии электропередач, что делает невозможным вариант подключения к централизованному электроснабжению из-за высокой стоимости капитальных вложений. В купе с экологическими проблемами во всем мире, а также с большим дефицитом электроэнергии в стране, наиболее привлекательным вариантом является автономное электроснабжение при помощи возобновляемых источников энергии.

В данном дипломном проекте были рассмотрены три варианта электроснабжения сельскохозяйственного предприятия. Первый вариант осуществляется при помощи комбинированного использования энергии ветра и солнца, в пиковые часы используется энергия, накопленная в аккумуляторных батареях; резервным источником питания является дизель-генераторная установка. Вторым вариантом – дизельная установка работает постоянно; в пиковые часы используется энергия, выработанная КЭС ВРТЬ; в качестве резерва используется энергия, накопленная в аккумуляторных батареях. Третьим вариантом – энергию вырабатывает КЭС ВРТЬ; аккумуляторные батареи покрывают нагрузку в пиковые часы, а также работают в качестве резерва.

Сложно назвать какой-то из вариантов электроснабжения наиболее оптимальным, так как у каждого из них есть свои достоинства и недостатки. Однако, каждый вариант имеет право на существование. Несомненным плюсом первого и второго варианта является стабильный, бесперебойный, а главное надежный источник питания – дизельная установка. Однако, есть и обратные стороны использования данных установок на максимальную нагрузку. Установка претерпевает постоянные изменения нагрузки, поэтому снижается ее эксплуатационный срок. Третьим вариантом электроснабжения сельскохозяйственного объекта представляет собой использование только ветровых роторных турбин, что является несомненным плюсом. С другой стороны из-за нестабильности ветра, приходится использовать большое количество аккумуляторных батарей для резервного питания, что резко увеличивает инвестиционную стоимость проекта. С другой стороны, проекты с дизель-генераторными установками значительно дороже.

В экономической части дипломного проекта было сделано сравнение вариантов электроснабжения методом минимальных приведенных затрат и третий вариант оказался наиболее привлекательным. Однако, разница не столь велика, чтобы однозначно назвать третий вариант электроснабжения правильным. Сравнения нужно осуществлять не только с финансовой стороны, но и с технической.

Список литературы

1 «Национальная программа развития ветроэнергетики до 2015 года с перспективой развития до 2024 года» Проект правительства Казахстана и Программы развития ООН «Казахстан-инициатива развития рынка ветроэнергии». Алматы-Астана 2007 г. <http://www.windenergy.kz>.

2 Каталог компании Grundfos. Скважинные насосы.

3 Будзко И.А., Левин М.С. Электроснабжения сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов.-2-е изд., перераб. доп.-М.: Антропромиздат, 1985.-320 с.,Глава 1.,4.

4 Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А, Малинин Н.К. Солнечная энергетика, учебное пособие для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008г. – 223 с.

5 Каталог ТОО «Astana Solar». Фотоэлектрические панели KZ PV 230 M60.

6 База данных по ветропотенциалу Карагандинской области, подготовленный в рамках проекта ПРООН/ГЭФ и правительства Казахстана «Казахстан-инициатива развития рынка ветроэнергии». Михаил Раков технический специалист проекта. Астана, 17 февраля 2011 г. <http://www.windenergy.kz>.

8 КЭС ВРТБ 10 кВт, официальный сайт ТОО «Экоэнергомаш». <http://wrtb.kz>.

9 Каталог компании Fiamm. Аккумуляторные батареи 12 SP 235.

10 Каталог группы компаний «ШТИЛЬ». Инверторные системы с напряжением 48 В.

11 Каталог SDMO Electric. Дизель-генераторная установка SDMO

J44K. 12 Каталог SDMO Electric. Дизель-генераторная SDMO T9HK.

13 Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений /Б.И. Кудрин. - М.: Интермет Инжиниринг, 2005. – 234 с.

14 Барышев Е.Е., Мушников В.С., Фетисов И.Н. Расчет молниезащитных зон зданий и сооружений, учебное электронное текстовое издание. – Екбатеринбург, 2009. – 12 с.

15 Защита от производственного шума. Методические указания к выполнению дипломного проекта. – Алматы, 1995.-32 с.

16 Экономика отрасли. Методические указания к выполнению экономической части выпускных работ. – Алматы, 2007.