



Н.П. Местников

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА И АРКТИКИ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

по дисциплине «ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА»
и факультативу «ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ
И РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА»



Якутск

2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова
Физико-технический институт
Кафедра «Электроснабжение»

Н.П. Местников

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА И АРКТИКИ

**Учебное пособие
по дисциплине «Общая энергетика»
и факультативу «Основы энергосбережения и ресурсоэффективности
в условиях Севера»**

Якутск
2022

УДК 620.92
ББК 31.15
М53

Утверждено учебно-методическим советом СВФУ

Рецензенты:

Н.С. Бурянина, д.т.н., профессор кафедры ЭС ФТИ СВФУ, г. Якутск,
Л.Р. Гайнуллина, к.т.н, доцент кафедры ВИЭ КГЭУ, г. Казань

Местников, Н.П.

Солнечная энергетика в условиях Севера и Арктики [Электронный ресурс] : учебное пособие по дисциплине «Общая энергетика» и факультативу «Основы энергосбережения и ресурсоэффективности в условиях Севера» / Н.П. Местников. – Якутск : Издательский дом СВФУ, 2022. – 1 электрон. опт. диск
ISBN 978-5-7513-3304-1

Учебное пособие содержит описание по выполнению практических заданий по дисциплине «Общая энергетика» и факультативу «Основы энергосбережения и ресурсоэффективности в условиях Севера» с ориентацией на методы и принципы развития гелиоэнергетики с учетом климатических условий Севера и Арктики. При разработке учебного пособия применялись стандарты и нормы ГОСТ Р 56124.7.1-2014 и IEC/TS 62257-7-1:2010.

Предназначено для студентов по направлениям подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (профиль «Электроснабжение», 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (профиль «Энергообеспечение предприятий») и начинающих специалистов отраслевых организаций в сфере энергетики.

УДК 620.92
ББК 31.15

ISBN 978-5-7513-3304-1

© Местников Н.П., 2022
© Северо-Восточный федеральный университет, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	6
ВВЕДЕНИЕ.....	8
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКИ	10
УСЛОВНО-ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ.....	15
ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ОБЛАСТИ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКИ	19
1.1. Расчет выработки фотоэлектрических солнечных панелей.....	19
1.2. Определение среднегодовой и среднемесячной солнечной инсоляции на территории РФ	20
1.3. Определение дневной суммы солнечной инсоляции на горизонтальную поверхность	21
1.4. Определение угла наклона ФСП	23
1.5. Определение зависимости выработки ФСП от направления на источник излучения.....	27
1.6. Оптимальные углы наклона ФСП.....	32
ГЛАВА 2. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ОБЪЕКТЫ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКИ	34
2.1. Перечень климатических факторов, влияющие на функционирование объектов гелиоэнергетики.....	34
2.2. Влияние климатических факторов на функционирование объектов гелиоэнергетики	35

2.3. Влияние климатических факторов на рабочие режимы объектов гелиоэнергетики	39
ГЛАВА 3. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ.....	43
3.1. Инструкция по выполнению практических заданий	43
3.2. Перечень рекомендуемых документов	47
ГЛАВА 4. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.....	52
4.1. Тема № 1 «Расчет выработки солнечной электростанции».....	52
4.2. Тема № 2 «Расчет выработки солнечной электростанции с учетом климатических особенностей»	58
4.3. Тема № 3 «Расчет повышения энергоэффективности солнечной электростанции».....	67
4.4. Тема № 4 «Расчет солнечной электростанции микро мощности для частных пользователей».....	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	88
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	89
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	91
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	92
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	93

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие предназначено для изучения дисциплины «Общая энергетика» и факультатива «Основы энергосбережения и ресурсоэффективности в условиях Севера» и адресовано студентам 2-4 курсов, которые обучаются по направлению подготовки бакалавров по специальностям 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» очного и заочного форм обучения в соответствии с требованиями и условиями ФГОС 3++.

Учебное пособие может быть применен в курсе изучения гелиоэнергетики с учетом климатических особенностей Севера и Арктики. В пособии соблюдены нормы и стандарты высшего образования к гелиоэнергетике, реализовано требование профессионально ориентированного обучения в области общей энергетики.

Одним из задач данного курса является повышение исходного уровня владения основами функционирования объектов гелиоэнергетики, а также овладение ими необходимым и достаточным уровнем теоретических и практических компетенций для решения специализированных задач в области гелиоэнергетики с применением определенных закономерностей и методов.

При составлении учебного пособия автор исходил из концепции взаимосвязанного обучения основным видам технологических и инновационных проектов. Данный подход predetermined структуру и содержание пособия.

Учебное пособие направлено на формирование у студентов навыков и компетенций по разработке, оформлению технологических проектов в сфере гелиоэнергетики с учетом климатических особенностей Севера и Арктики.

Специализированное оформление учебного пособия, разнообразие иллюстративного материала и обозримое построение дисциплины способ-

ствуют повышению мотивации студентов. Некоторые графические интерпретации в пособии играют роль стимула в рамках изучения данной дисциплины.

Цель дисциплины – формирование у студента навыков и компетенций в области общей энергетики.

Задачами дисциплины являются:

- формирование представления у обучающихся о теоретических основах гелиоэнергетики.
- формирование представления у обучающихся о структуре гелиоэнергетики.
- развитие у обучающихся практических умений и навыков в области значения объектов гелиоэнергетики.
- формирование у обучающихся профессиональной готовности к овладению технологиями гелиоэнергетики.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) **Знать:** понятийный аппарат в области гелиоэнергетики знания в целом; структуру и этапы развития гелиоэнергетики; жизненный цикл работы объектов гелиоэнергетики; структуру функционирования объектов гелиоэнергетики.

2) **Уметь:** проводить сбор и анализ информации в области гелиоэнергетики, в том числе, с использованием Интернет-ресурсов; осуществлять планирование проекта в области гелиоэнергетики; осуществлять электроэнергетическую и технико-экономическую оценку работы объектов гелиоэнергетики.

3) **Владеть:** современными средствами сбора информации; технологиями гелиоэнергетики; методами оценки проектов в области гелиоэнергетики.

ВВЕДЕНИЕ

В рамках реализации требований и условий Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС 3++) и Федерального закона "Об образовании в Российской Федерации" от 29.12.2012 N 273-ФЗ высшими учебными заведениями (далее – ВУЗ) активно производятся процедуры обучения студентов по различным направлениям бакалавриата, магистратуры, аспирантуры и специалитета.

В условиях увеличения степени декарбонизации энергетики и ее цифровой трансформации в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и постоянной актуализации Федерального закона от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 11.06.2021) "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации", Федерального закона "Об электроэнергетике" от 26.03.2003 N 35-ФЗ и Распоряжением Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 года №1523-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года» внутри предприятий в сфере энергетики и коммунального комплекса необходимо обеспечение взаимной интеграции ВУЗов и энергетических компаний в целях получения специалистов высокой квалификации, владеющие навыками в области декарбонизации энергетики, являющимися актуальными в наши дни.

В большинстве высших учебных заведений России фактически отсутствуют учебные факультативы, направленные углубленное обучение студентов к навыкам внедрения возобновляемой энергетики в условиях Севера и Арктики.

В случае несоответствия компетенций, полученные студентом во время обучения в высшем учебном заведении, потенциальные работодатели

вынуждены обеспечить переобучение молодого специалиста к новым компетенциям в сфере общей энергетики, где потребуется не менее полугода в зависимости от интеллектуального уровня специалиста, что и является катализатором замедления развития предприятия. Вследствие данной тенденции потенциальные работодатели (ПАО «Якутскэнерго», АО «Сахаэнерго», ГУП «ЖКХ РС(Я)» и др.) вынуждены нанимать на рабочую деятельность специалистов со стажем работы от двух лет.

Решением данной тенденции является разработка учебного пособия на основании требований и условий рабочих программ дисциплины «Общая энергетика» и факультатива «Основы энергосбережения и ресурсоэффективности в условиях Севера», который разработан в соответствии с условиями и требованиями существующего уровня развития технологий в сфере гелиоэнергетики.

Автор учебного пособия выражает свою благодарность за ценные замечания и советы своим научным руководителям и наставникам:

- П.Ф. Васильеву, кандидату технических наук, заведующему отделом электроэнергетики 70 ИФТПС им. В.П. Ларионова СО РАН.
- Н.С. Буряниной, доктору технических наук, профессору кафедры «Электроснабжение» ФТИ СВФУ имени М.К. Аммосова.
- Нуруллину Э.Г., доктору технических наук, профессору кафедры «Машины и оборудования в агробизнесе» Института механизации и технического сервиса Казанского государственного аграрного университета.
- Гайнуллиной Л.Р., кандидату технических наук, доценту, заведующему кафедрой «Возобновляемые источники энергии» Института электроэнергетики Казанского государственного энергетического университета.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКИ

№	Сокращенное название	Определение
1.	ФСП	Фотоэлектрическая солнечная панель
2.	СП	Солнечная панель
3.	СМ	Солнечный модуль
4.	АКБ	Аккумуляторная батарея
5.	ВАХ	Вольтамперная характеристика, графически выраженная зависимость тока от напряжения фотоэлемента/солнечного модуля
6.	ФЭС	Фотоэлектрическая станция
7.	КПД	Коэффициент полезного действия
8.	ФЭП	Фотоэлектрический преобразователь
9.	СЭС	Солнечная электростанция
10.	Напряжение холостого хода – (U_{xx})	Напряжение между выводами фотоэлемента или солнечного модуля, когда отсутствует нагрузка
11.	Номинальное напряжение солнечной батареи – (U_n)	Существует стандартный ряд напряжений АКБ (6В, 12В, 24В, 48В, 60В и т.д.). Номинальное напряжение для солнечных модулей берется из данного ряда. Исключение составляют модули с нестандартным напряжением, которые используются с контроллерами <i>MPPT</i> или сетевыми инверторами
12.	Напряжение максимальной мощности – (U_p)	Рабочее напряжение. При данном напряжении мощность, снимаемая с фотоэлемента или солнечного модуля достигает максимума
13.	Ток короткого замыкания – ($I_{кз}$)	Ток, который может развить солнечный элемент или модуль, если замкнуть его выводы накоротко
14.	Рабочий ток – (I_p)	Ток максимальной мощности. Протекает через фотоэлемент при напряжении максимальной мощности
15.	Паспортная мощность солнечной панели – (W_p)	В целях унификации солнечные модули и элементы паспорттизируются в определенных условиях (<i>STC-Standard Test Condition</i>), освещенность 1000 Вт/м ² , температура 25°C, спектр AM1.5.



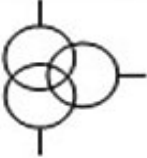

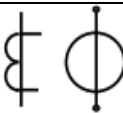





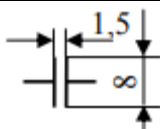
16.	Инсоляция	Освещенность на горизонтальной поверхности, измеряемая в кВт·ч/м ²
17.	<i>Fill</i> -фактор	Коэффициент заполнения идеальной ВАХ
18.	Пикочасы	Условное время в течении которого можно принять освещенность равной 1 000 Вт/м ²
19.	Монокристаллический кремний	Кремний, который получают методом Чохральского, внешне это цилиндрические слитки
20.	Аморфный кремний	Кремний, который получают напылением на подложку техникой испарения, а затем и защищается покрытием, иначе называется тонкопленочным
21.	Поликристаллический кремний	Кремний, который получают при помощи метода направленной кристаллизации, внешне выглядит как прямоугольные блоки
22.	Мультикремний	Синоним поликристаллического кремния
23.	Блокирующий диод	Диод предотвращающий разряд АКБ через ФСП при отсутствии достаточной освещенности для работы ФСП (входит в состав контроллера заряда АКБ)
24.	Баррирующий диод	Обычный полупроводниковый диод. Защищает солнечный модуль в составе мощной солнечной батареи при частичном затенении
25.	Средняя точка	Вывод из средней части схемы солнечного модуля. К ней подключаются баррирующие диоды
26.	Линейка фотоэлементов	Спаянные в одну полосу фотоэлементы
27.	Токосъемная дорожка	Наиболее широкий элемент токосъемной сетки, объединяет более тонкие токосъемные дорожки и предназначен для напаивания монтажной шинки(плоского проводника)
28.	Токосъемная сетка	Нанесенная на поверхность фотоэлемента токопроводящая сетка, предназначенная для наиболее полного съема генерируемой фотоэлементом энергии
29.	Инвертор	Компонент солнечной электростанции, который преобразует постоянное напряжение АКБ в переменное
30.	Контроллер заряда	Прибор для контроля за уровнем заряда АКБ, предотвращает перезаряд и переразряд АКБ, сохраняет срок службы АКБ



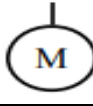
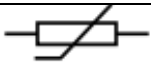
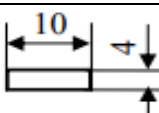
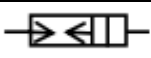
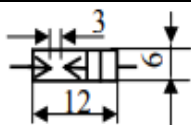
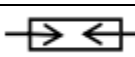

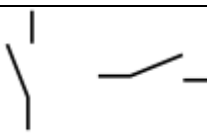
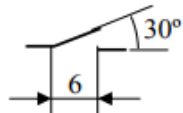
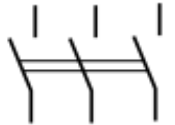
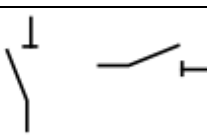
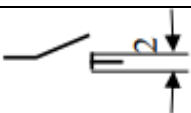
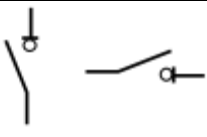
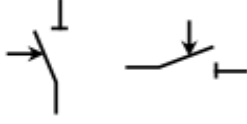
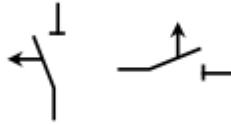
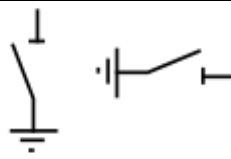
31.	Солнечный модуль	Солнечным модулем называется несколько объединённых в один блок солнечных элементов (фотоэлементов)
32.	Солнечная батарея	Совокупность параллельно, последовательно или последовательно-параллельно скоммутированных солнечных модулей
33.	Солнечный элемент	Основной компонент для создания солнечных модулей, преобразует энергию фотонов в электрическую энергию. Монтажная шина - плоский медный луженый проводник, используемый для спаивания фотоэлементов
34.	Псевдоквадрат	Фактически восьмигранник, наиболее распространенная форма фотоэлементов
35.	Каркасный солнечный модуль	Солнечный модуль помещенный в алюминиевый или из иного материала каркас для придания герметичности и большей жесткости
36.	Бескаркасный солнечный модуль	Модуль без алюминиевого каркаса. Лицевая сторона защищена ПЭТ пленкой, тыльная сторона подложкой из стеклотекстолита или той же пленки ПЭТ, предназначен для эксплуатации в условиях более щадящих чем их каркасные собратья
37.	Соединительная коробка	Клеммная коробка (<i>junction box</i>). Под её крышкой находятся выводы солнечного модуля, крепится с обратной стороны модуля
38.	Сальник	Служит для кабельного вывода из клеммной коробки и предохраняет внутреннюю часть клеммной коробки солнечного модуля от проникновения влаги.
39.	ПЭТ	Полиэтилентерефталатная пленка для защиты тыльной стороны солнечного модуля
40.	ЭВА	Этилвинилацетатная пленка для герметизации фотоэлементов при помощи ламинатора
41.	Текстурированное стекло	Текстура наносимая на поверхность стекла путем "замораживания" направленного контролируемого взрыва, позволяет снижать потери на отражение от поверхности стекла
42.	Стрингер	Робот для автоматизированной спайки солнечных элементов
43.	Ламинатор	Агрегат для герметизации схемы из фотоэлементов методом вакуумного ламинирования
44.	Адгезив	Состав, наносимый на стекло и ПЭТ пленку для лучшего сцепления материалов




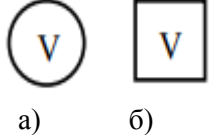
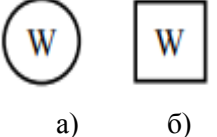
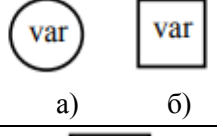



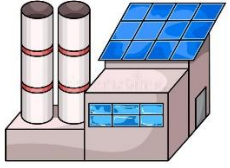


45.	Осветитель	Прибор для имитации излучения солнечного спектра для тестирования фотоэлементов и солнечных модулей
46.	ФЗ	Федеральный закон
47.	СП	Свод правил
48.	СанПин	Санитарные нормы и правила
49.	СНиП	Строительные нормы и правила
50.	Справка	Справочная информация об определенном вопросе в зависимости от запроса руководства
51.	ВОС	Водоочистные сооружения
52.	КОС	Канализационно-очистные сооружения
53.	Указ 204 / Нацпроекты	Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»
54.	ТЗ	Техническое задание
55.	ПЗ	Пояснительная записка
56.	НПА	Нормативно-правовой акт
57.	ГИП	Главный инженер проекта
58.	ОВОС	Оценка воздействия на окружающую среду
59.	ЗУ	Земельный участок
60.	ПО	Программное обеспечение
61.	КИУМ	Коэффициент использования установленной мощности
62.	ТЭО	Технико-экономическое обоснование
63.	ПС	Подстанция
64.	ЭС	Электроснабжение
65.	ВИЭ	Возобновляемые источники энергии
66.	ЛЭП	Линия электропередачи
67.	СН	Собственные нужды
68.	ВН	Высокое напряжение
69.	НН	Низкое напряжение


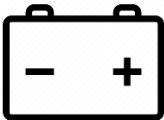
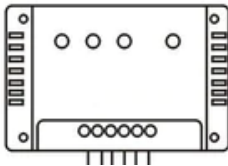
70.	ТЭР	Технико-экономический расчет
71.	ИЭИ	Инженерно-экологические изыскания
72.	ИГМИ	Инженерно-гидрометеорологические изыскания
73.	ИГИ	Инженерно-геодезические изыскания
74.	НИР	Научно-исследовательская работа
75.	САПР	Система автоматизированного проектирования
76.	ЗРУ	Закрытая распределительная установка
77.	ОРУ	Открытая распределительная установка
78.	РУ	Распределительная установка
79.	ГПП	Главная понизительная подстанция
80.	СМР	Строительно-монтажные работы
81.	ТУ	Технические условия
82.	НТД	Нормативно-техническая документация
83.	ПД	Проектная документация
84.	ПОС	Проект организации строительства
85.	ППР	Проект производства работ
86.	ДЭС	Дизельная электростанция
87.	э/э	Электрическая энергия
88.	Рекреация	Комплекс оздоровительных мероприятий, осуществляемых с целью восстановления нормального самочувствия и работоспособности здорового, но утомленного человека

УСЛОВНО-ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ

Наименование	Обозначение		Размеры в мм / Примечание
	Графическое	Буквенное	
Двухобмоточный силовой трансформатор		Т	Диаметр – 10, длина стрелки – 20, угол наклона – 45°
Автотрансформатор		АТ	-
Трехобмоточный силовой трансформатор		Т	-
Силовой трехфазный двухобмоточный с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН)		Т	-
Трансформатор тока		ТА	Диаметр окружности – 10, радиус дуг – 2,5.
Трансформатор напряжения		ТВ	Диаметр окружности – 10, расстояние между центрами окружностей – 6
Кабельная линия		КЛ	-
Токоограничивающий реактор		LR	Диаметр – 12 мм
Сдвоенный реактор		LR	-
Батарея конденсаторная силовая		СВ	

Генератор		Г (G)	Диаметр окружности – 10. Для основных элементов схемы размеры увеличивать в 2 раза.
Синхронный компенсатор		GS	-
Электродвигатель		M	-
Ограничитель перенапряжения		ОПН (FV)	
Разрядник вентильный		FV	
Разрядник трубчатый		FV	-
Плавкий предохранитель		FU	-
Рубильник		QS или SA	
Рубильник, выключатель низковольтный трехполюсный		-	-
Разъединитель		QS	
Выключатель нагрузки		QW	-
Короткозамыкатель		QN	-
Отделитель одностороннего действия		QR	-
Заземляющий нож		QSG	-

Заземление		-	-
Автоматический выключатель		QF	-
Амперметр: А – показывающий Б – регистрирующий		РА	Диаметр – 10; квадрат 10×10
Вольтметр: А – показывающий Б – регистрирующий		PV	Диаметр – 10; квадрат 10×10
Ваттметр: А – показывающий Б – регистрирующий		PW	-
Варметр: А – показывающий Б – регистрирующий		PVA	-
Счетчик активной энергии		PI	-
Счетчик реактивной энергии		PK	-
Линия проводки		Л	-
Гибридная дизель-солнечная электростанция		ДСЭ	-
Фотоэлектрическая солнечная панель		ФСП	-
Двухосевая трекерная установка для солнечных панелей		ДТУ	-

Силовой инвертор / преобразователь		СИ	-
Аккумуляторная батарея		АКБ	-
Контроллер заряда		К	-

ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ОБЛАСТИ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКИ

В данной главе представлена обзорная информация об электроэнергетических закономерностях функционирования объектов гелиоэнергетики с учетом климатических особенностей Севера и Арктики с приоритетом на северную часть Республики Саха (Якутия), где преобладают территории субарктической и арктической зоны.

1.1. Расчет выработки фотоэлектрических солнечных панелей

Расчет мощности фотоэлектрических солнечных панелей (далее – ФСП) выполняется в соответствии с выражением 1.1:

$$P_{СП} = \frac{E_{П} \cdot K \cdot P_{ИНС}}{E_{ИНС}} \quad (1.1)$$

где $P_{СП}$ – мгновенная мощность ФСП, [Вт]; $E_{П}$ – потребляемая энергия, [Вт·ч в сутки]; $E_{ИНС}$ – среднемесячный солнечная инсоляция (определяется из таблицы) на горизонтальную поверхность, [кВт·ч/м²]; $P_{ИНС}$ – мощность солнечной инсоляции на горизонтальной поверхности на 1 м², [1 кВт/м²]; K – коэффициент на заряд-разряд АКБ, преобразование напряжения из постоянного в переменное, принимают равным от 1,2 до 1,4 о.е.

Расчет выработки фотоэлектрических солнечных панелей (далее – ФСП) выполняется в соответствии с выражением 1.2:

$$E_{В} = \frac{E_{ИНС} \cdot P_{СП}}{P_{ИНС} \cdot K} \quad (1.2)$$

где $P_{СП}$ – мгновенная мощность ФСП, [Вт]; $E_{В}$ – суточная выработка ФСП, [Вт·ч]; $E_{ИНС}$ – среднемесячный солнечная инсоляция (определяется из таблицы) на горизонтальную поверхность, [кВт·ч/м²]; $P_{ИНС}$ – мощность солнечной инсоляции на горизонтальной поверхности на 1 м², [1 кВт/м²]; K –

коэффициент на заряд-разряд АКБ, преобразование напряжения из постоянного в переменное, принимают равным от 1,2 до 1,4 о.е.

1.2. Определение среднегодовой и среднемесячной солнечной инсоляции на территории РФ

Показатели среднегодовой и среднемесячной солнечной инсоляции на территории РФ зависят от нескольких условий, такие как:

1. Широта размещения объекта генерации.
2. Угол наклона ФСП.
3. Климатические особенности (температура, влажность среды и др.).

Данный показатель можно определить посредством применения специализированной таблицы суммарной солнечной радиации, представленная в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Месячные и годовые суммы суммарной солнечной радиации

Астрахань, широта 46.4	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	год
Горизонтальная панель	32,4	52,9	95,5	145,5	189,4	209,9	189,7	174,7	127,8	81,7	45,0	26,6	1371,1
Вертикальная панель	62,1	75,9	99,5	103,0	97,1	92,0	91,8	112,1	123,2	116,5	86,4	52,7	1112,2
Наклон панели 35,0°	56,1	77,9	122,5	161,6	187,8	197,7	184,5	189,9	164,6	124,7	80,2	46,9	1593,6
Вращение вокруг полярной оси	69,4	96,0	157,1	218,3	268,0	293,3	269,1	276,1	229	164,4	102,3	57,3	2200,2
Владивосток, широта 43.1	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	год
Горизонтальная панель	72,7	93,2	130,0	135,1	143,9	129,2	124,3	124,8	119,1	94,3	64,6	57,8	1289,5
Вертикальная панель	177,0	166,0	139,2	90,2	74,9	64,4	66,9	79,0	105,2	126,8	127,7	147,1	1364,2
Наклон панели - 50,0°	169,0	171,8	173,0	138,1	121,1	109,6	109,1	121,7	144,1	147,5	130,3	139,5	1681,3
Вращение вокруг полярной оси	194,9	211,1	227,0	189,3	178,9	150,6	142,8	164,3	194,2	184,0	151,9	157,6	2146,7
Москва, широта 55.7	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	год
Горизонтальная панель	16,4	34,6	79,4	111,2	161,4	166,7	166,3	130,1	82,9	41,4	18,6	11,7	1020,7
Вертикальная панель	21,3	57,9	104,9	93,5	108,2	100,8	108,8	103,6	86,5	58,1	38,7	25,8	908,3
Наклон панели - 40,0°	20,6	53,0	108,4	127,6	166,3	163,0	167,7	145,0	104,6	60,7	34,8	22,0	1173,7
Вращение вокруг полярной оси	21,7	62,3	132,9	161,4	228,0	227,8	224,8	189,2	126,5	71,6	42,2	26,0	1514,3
Петрозаводск, широта 61	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	год
Горизонтальная панель	7,1	19,9	66,7	101,1	141,0	167,1	157,7	109,6	56,5	23,0	8,2	2,4	860,0
Вертикальная панель	20,0	41,3	120,2	107,1	102,7	112,0	113,6	98,1	67,6	36	14,4	2,8	835,6

Наклон панели - 45,0°	16,8	36,9	116,4	127,7	148,1	166,3	163,7	128,6	77,3	36,7	13,5	2,8	1034,6
Вращение вокруг полярной оси	19,9	44,6	159,1	177,5	215,2	258,0	252,1	179,7	96,4	42,7	15,0	2,9	1463
Петропавловск-Камчатский, широта 53,3	янв	фев	март	апр	май	июнь	июль	авг	сен	окт	ноя	дек	год
Горизонтальная панель	30,2	49,6	94,3	127,3	152,9	155,8	144,9	131,1	91,0	64,4	33,6	23,3	1098,4
Вертикальная панель	77,7	99,7	133,3	116,1	96,5	90,3	91,3	99,5	97,1	111,5	86,8	78,5	1178,3
Наклон панели " 50,0°	70,6	95,9	142,3	148,1	147,4	142,5	137,6	140,9	120,2	118,0	81,6	69,8	1414,9
Вращение вокруг полярной оси	80,2	114,5	181,5	200,8	202,7	202,5	189,3	193,0	156,0	147,0	95,9	80,2	1843,6
Сочи, широта 43,6	янв	фев	март	апр	май	июнь	июль	авг	Сен	окт	ноя	дек	год
Горизонтальная панель	37,0	55,2	84,0	116,6	167,1	199,0	206,8	185,0	130,1	95,4	54,2	34,7	1365,1
Вертикальная панель	65,8	76,5	78,1	80,0	86,9	86,2	95,7	113,6	119,0	130,0	97,6	67,6	1099,9
Наклон панели - 35,0°	62,0	80,2	103,5	125,0	163,0	184,9	198,1	197,0	161,6	141,7	92,8	61,7	1571,4
Вращение вокруг полярной оси	76,0	99,1	129,9	160,1	222,1	269,3	289,0	284,0	222,0	185,8	117,2	75,6	2129,9
Южно-Сахалинск, широта 47	янв	фев	март	апр	май	июнь	июль	авг	сен	окт	ноя	дек	год
Горизонтальная панель	50,9	77,1	128,8	138,6	162,8	157,5	146,7	128,5	105,9	79,4	49,7	41,7	1267,5
Вертикальная панель	113,2	137,8	132,2	103,4	90,3	81,9	82,9	87,3	99,5	111,4	97,9	97,7	1265,5
Наклон панели 45,0°	102,2	132,7	175,4	149,1	153,7	142,2	136,6	131,5	130,4	124,2	94,8	87,2	1560,2
Вращение вокруг полярной оси	118,5	160,6	219,3	191,8	206,6	193,4	176,3	167,5	167,7	153,8	111,7	99,9	1966,9

1.3. Определение дневной суммы солнечной инсоляции на горизонтальную поверхность

Показатель дневной суммы солнечной инсоляции на территории РФ зависят от нескольких условий, такие как:

1. Широта размещения объекта генерации.
2. Угол наклона ФСП.
3. Климатические особенности (температура, влажность среды и др.).

Данный показатель можно определить посредством применения специализированной таблицы суммарной солнечной радиации, представленная в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Дневная сумма солнечной радиации на горизонтальную поверхность

Город	Янв	Фев	Март	Апр	Май	Июнь	Июль	Авг	Сент	Окт	Нояб	Дек	Год
Санкт-Петербург	0,35	1,08	2,36	3,98	5,46	5,78	5,61	4,31	2,6	1,23	0,5	0,2	2,8
Москва	0,5	0,94	2,63	3,07	4,69	5,44	5,51	4,26	2,34	1,08	0,56	0,36	2,63
Казань	0,68	1,44	2,82	4,29	5,52	5,93	5,72	4,49	2,86	1,51	0,83	0,54	3,06
Ростов-на-Дону	1,27	2,09	2,98	4,09	5,53	5,76	5,86	5,17	3,85	2,38	1,31	1	3,45
Нижний Новгород	0,64	1,45	2,75	3,95	5,34	5,6	5,5	4,27	2,69	1,45	0,75	0,45	2,91
Екатеринбург	0,64	1,5	2,94	4,11	5,11	5,72	5,22	4,06	2,56	1,36	0,72	0,44	2,87
Новосибирск	0,69	1,37	3,02	4,08	5,05	5,48	5,01	4,29	2,93	1,44	0,8	0,62	2,91
Хабаровск	1,64	2,72	4,11	4,61	5,39	5,86	5,42	4,53	3,81	2,56	1,72	1,28	3,64
Ереван	2,04	2,91	3,85	4,69	5,68	6,76	6,75	6,04	4,96	3,53	2,31	1,71	4,28

В целях точного определения показателей солнечной инсоляции по конкретному населенному пункту Республики Саха (Якутия) рекомендуется применение лицензированной программы «*RET Screen*», где имеются данные солнечной инсоляции и погодных параметры на базе данных корпорации Национального управления по авиации и исследованию космического пространства «*NASA*».

Ссылка на скачивание лицензированной программы «*RET Screen*» имеется в виде следующего QR-кода.



QR-код для скачивания лицензированной программы «*RET Screen*»

1.4. Определение угла наклона ФСП

Источник солнечного излучения движется по небосводу слева — направо (с востока на запад). Положение Солнца на небосклоне определяется 2-мя координатами, а именно: склонение и азимут.

Склонение — это угол между линией, соединяющей наблюдателя и Солнце, и горизонтальной поверхностью.

Азимут — это угол между направлением на Солнце и направлением на юг (см рисунок справа).

Направление на магнитный юг не всегда совпадает с направлением на настоящий юг. Существуют истинные и магнитные полюсы, не совпадающие между собой. Соответственно этому есть истинный и магнитный меридианы.

В одном случае мы будем иметь дело с истинным азимутом, в другом — с магнитным. Истинный азимут — это угол между истинным (географическим) меридианом и направлением на данный предмет. Магнитный азимут — угол между магнитным меридианом и направлением на данный предмет. Понятно, что истинный и магнитный азимуты отличаются на ту же самую величину, на которую магнитный меридиан отличается от истинного. Эта величина называется магнитным склонением. Если стрелка компаса отклоняется от истинного меридиана к востоку, магнитное склонение называют восточным, если стрелка отклоняется к западу, склонение называют западным. Восточное склонение часто обозначают знаком « + » (плюс), западное — знаком « — » (минус). Величина магнитного склонения неодинакова в различной местности. Так, для Московской области склонение составляет +7, +8°, а вообще на территории России оно меняется в более значительных пределах.

На рис. 1.1 представлена графическая интерпретация, где указывается местонахождение азимута и склонения источника солнечного излучения (Солнца).

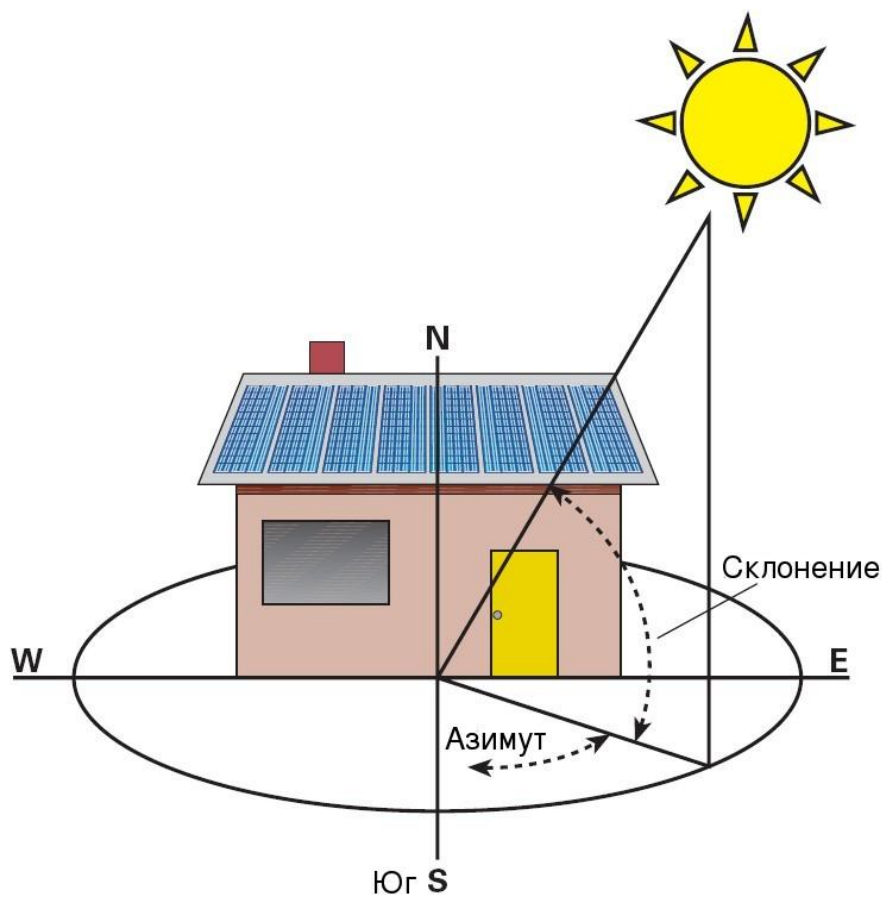


Рисунок 1.1 – Азимут и склонение источника солнечного излучения

Существует 3 способа увеличения электроэнергетической эффективности фотоэлектрических солнечных панелей с варьированием угла ее наклона, такие как:

1. Установка солнечных батарей на несущую конструкцию под оптимальным углом.
2. Установка на двухосевой трекер (поворотную платформу, которая может вращаться за солнцем в двух плоскостях).
3. Установка на одноосевой трекер (платформа может изменять только одну ось, чаще всего – ту что отвечает за наклон).

У вариантов 2 и 3 есть определенные преимущества (значительное увеличение времени работы солнечной батареи и какое-то увеличение выра-

ботки энергии), но есть и недостатки: высокая стоимость, снижение надежности системы за счет введения движущихся элементов, необходимость дополнительного технического обслуживания и др.).

Рассмотрим возможность применения неподвижной несущей конструкции с возможностью изменения угла наклона относительно горизонтальной поверхности Земли.

Солнечные панели обычно располагаются на крыше или поддерживающей конструкции в фиксированном положении и не могут следить за положением солнца в течение дня. Обычно солнечные панели не находятся под оптимальным углом (90 градусов к солнечным лучам) в течение всего дня. Угол между горизонтальной плоскостью и солнечной панелью обычно называют углом наклона.

На рис. 1.2 представлена схема определения угла наклона солнечной панели в зависимости от сезона эксплуатации.

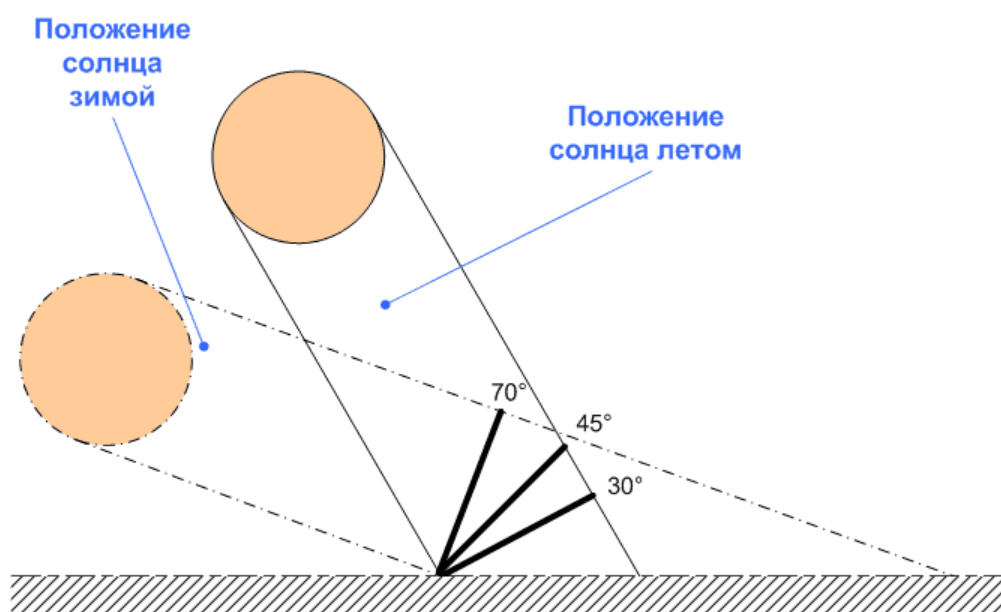


Рисунок 1.2 – Определение угла наклона солнечной панели

Вследствие движения Земли вокруг Солнца, имеют место сезонные вариации. Зимой солнце не достигает того же угла, как летом. Солнечные панели должны располагаться летом более горизонтально, чем зимой.

Угол наклона для работы летом подбирается меньше, чем для работы зимой. Если нет возможности менять угол наклона дважды в год, то панели должны располагаться под оптимальным углом, значение которого лежит где-то посередине между оптимальными углами для лета и зимы. Для каждой широты есть свой оптимальный угол наклона панелей. Только для местностей около экватора солнечные панели должны располагаться почти горизонтально (но даже и там они устанавливаются под небольшим углом, чтобы дать дождям смывать грязь с солнечной батареи).

Обычно для весны и осени оптимальный угол наклона принимается равным значению широты местности. Для зимы к этому значению прибавляется 10-15 градусов, а летом от этого значения отнимается 10-15 градусов. Поэтому обычно рекомендуется менять дважды в год угол наклона с «летнего» на «зимний». Если такой возможности нет, то угол наклона выбирается примерно равным широте местности. Более того, угол наклона также зависит от широты местности.

На рис. 1.3 представлен график зависимости выработки ФСП от угла наклона и направления на юг.

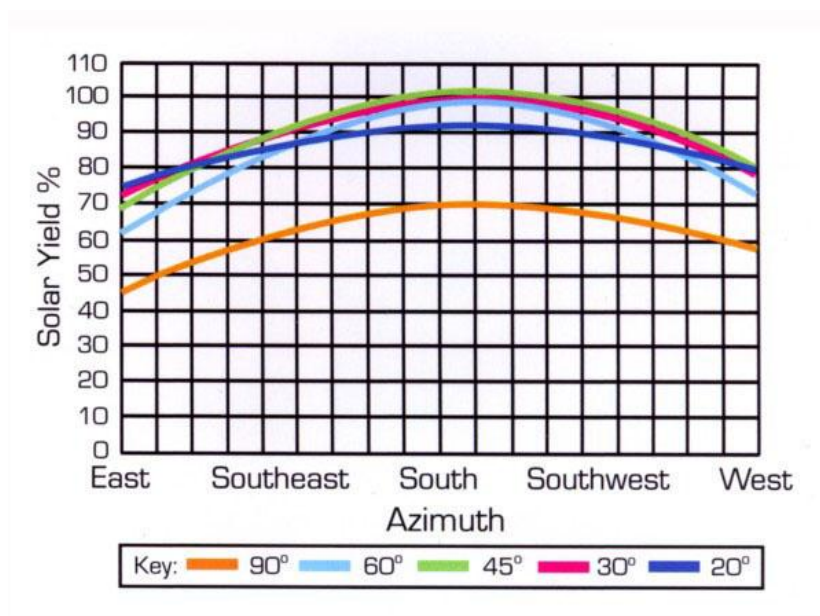


Рисунок 1.3 – График зависимости выработки ФСП

1.5. Определение зависимости выработки ФСП от направления на источник излучения

Расчёт количества солнечной энергии, получаемого солнечными панелями при падении солнечных лучей под углом, отличающимся от 90°, рассмотрим на примере:

Солнечные панели ориентированы на юг, без продольного наклона. Солнце светит с юго-востока. Линия, проведенная перпендикулярно между солнечными батареями и направлением на Солнце, имеет угол, равный $360/8=45$ градусов. Ширина одного пучка падающего солнечного излучения будет равна $\tan (|90-45|) / \sin (|90-45|) = 1.41$, и количество солнечной энергии, получаемое солнечными панелями, будет равно $1/1.41=71\%$ от мощности, которая была бы получена, если Солнце светило точно с юга.

На рис. 1.4 представлена схема ширины пучка солнечного излучения в зависимости от расположения Солнца.

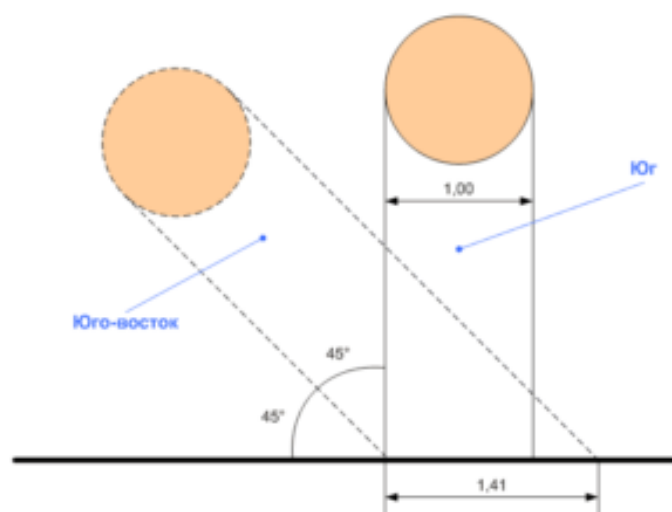


Рисунок 1.4 – Ширина пучка солнечного излучения в зависимости от расположения Солнца.

На рис. 1.5 представлена номограмма зависимости попадания солнечной инсоляции от угла наклона солнечной панели и азимута.

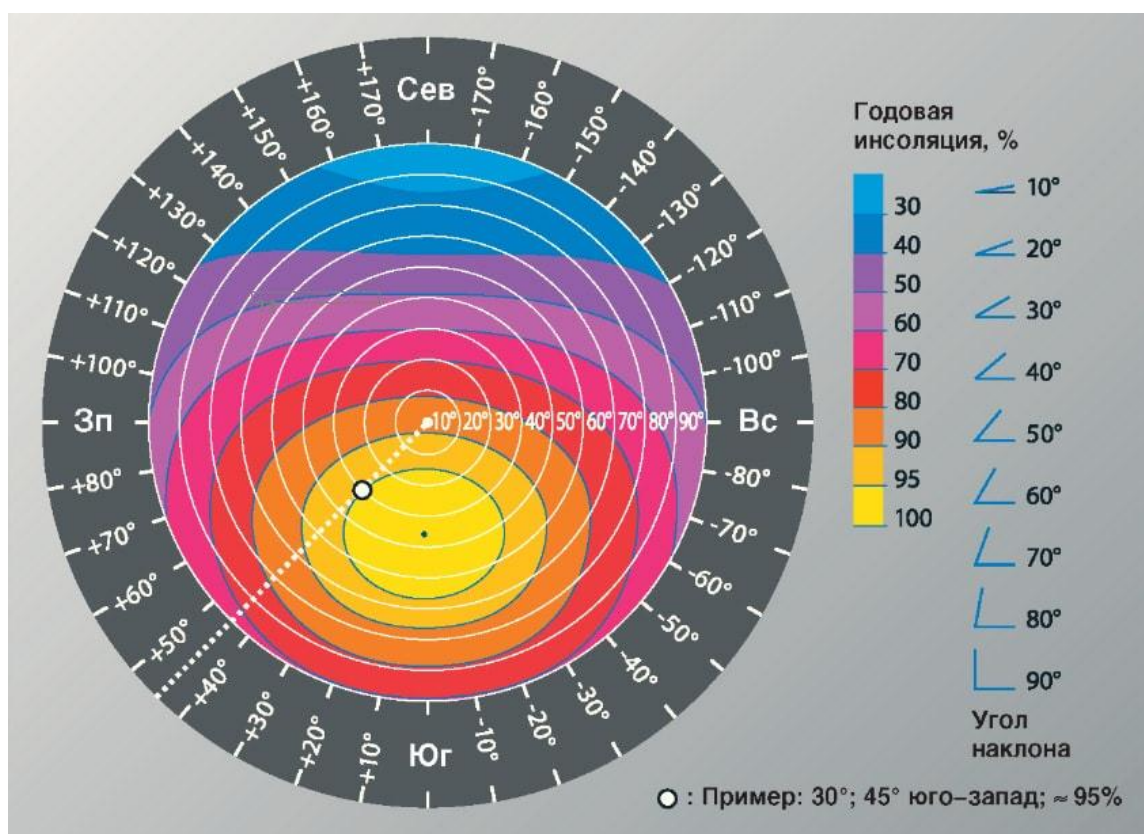


Рисунок 1.5 – Зависимость прихода солнечной инсоляции от угла наклона и азимута

На вышеуказанной номограмме видно, что размещение ФСП рекомендуется выполнить строго по южному направлению в пределах угла ее наклона от 10^0 до 68^0 в зависимости от сезона эксплуатации для достижения годовой инсоляции до 100%.

Местоположение источника солнечного излучения можно определить посредством применения Интернет-ресурса по ссылке: <https://reimlex.com/en/products/solartracker>. Данная ссылка имеет свой персональный QR-код.



QR-код для доступа к сайту «*Solar Tracker*»

Существуют различные интересные технические решения, направленная на увеличение электроэнергетической эффективности ФСП путем их размещения на различных сторонах жилого здания или объекта.

На рис. 1.6 представлена интересный способ монтажа ФСП на различных сторонах жилого здания в целях достижения максимальной эффективности по выработке электроэнергии в виде поправки на ориентацию источника солнечного излучения.

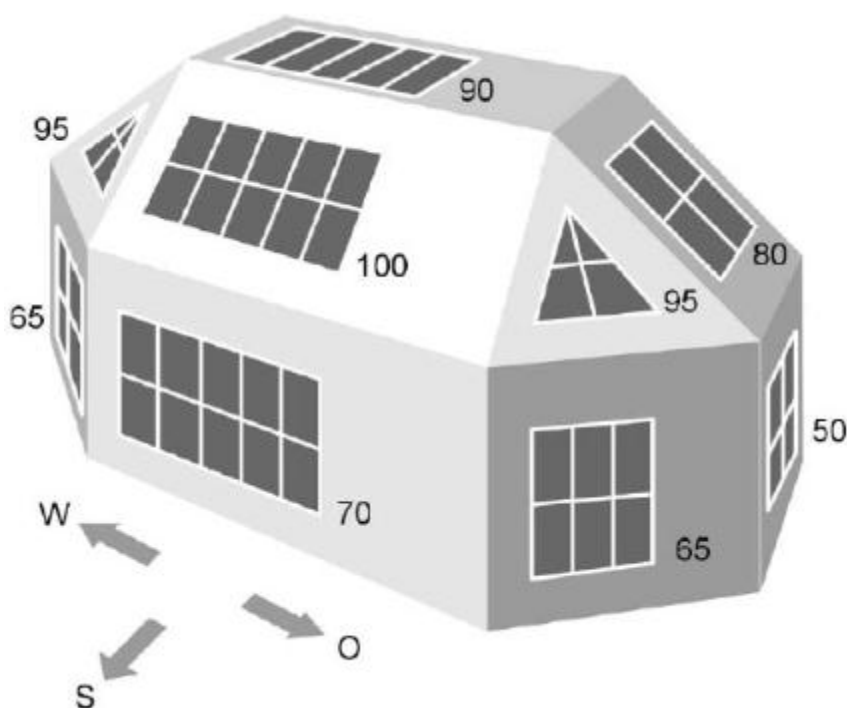


Рисунок 1.6 – Способ увеличения выработки ФСП путем ориентации на источник солнечного излучения

Известен пример натурных испытаний для исследования влияния угла установки солнечных панелей на задержание образование снегового покрова и общую выработку электроэнергии.

Испытательный стенд установлен на крыше NAIT и состоит из 6 пар солнечных панелей. Основной кампус NAIT находится по адресу 11762 106 Street NW, Edmonton, Alberta.¹

Характеристики эталонной солнечной батареи:

- Солнечная батарея имеет 100% доступ к солнечному свету (нет деревьев и зданий, затеняющих солнечную батарею)
- Модули ориентированы точно на юг и установлены на широте 53°
- Каждая пара модулей установлена под различным углом от 14° до 90°
- Снег удалялся с западной (левой) стороны каждый раз после окончания снегопада
- Фотографии сделаны непосредственно перед и сразу же после очистки от снега
- Микроинверторы записывали состояние работы каждые 5 минут. Записывались параметры: время, напряжение переменного тока, напряжение постоянного тока, постоянный ток, температура инвертора и выработка мощности инвертором.

Четыре угла наклона были выбраны потому, что они являются популярными углами наклона скатов крыш (14°, 18°, 27°, 45°). Дополнительно были выбраны углы 53° (широта местности Эдмонта) и 90° (вертикальная

¹ Оптимальный угол установки солнечной батареи для максимальной выработки энергии в северных широтах. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.solarhome.ru/basics/solar/pv/optimalnyj-ugol-ustanovki-sb.htm>

установка на стене). На рис. 1.7 представлена схема данного испытательного стенда.

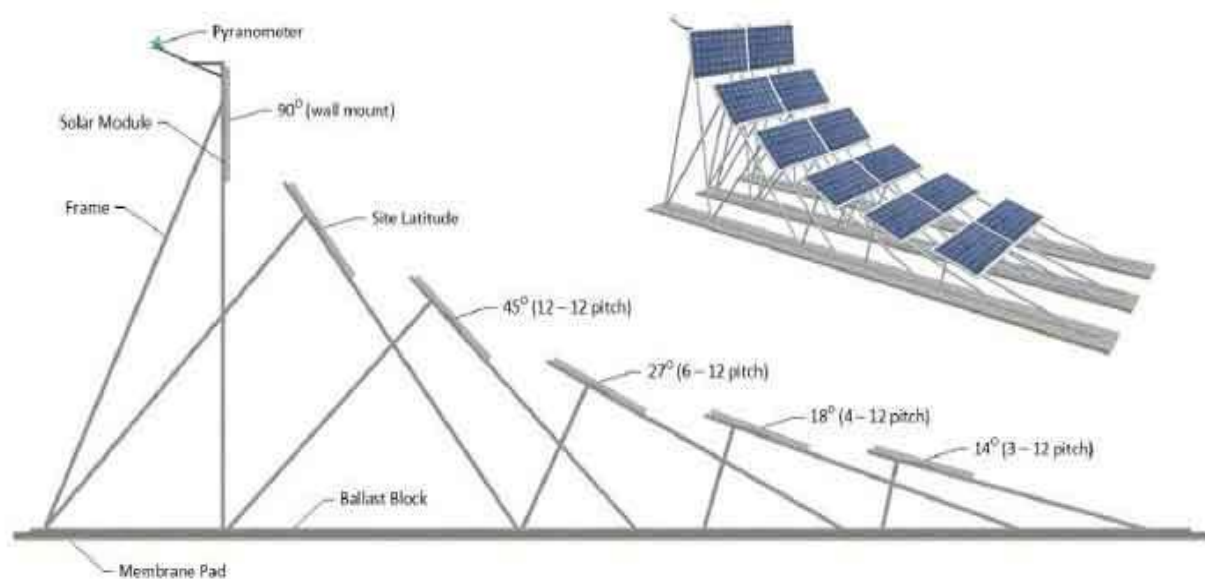


Рисунок 1.7 – Схема испытательного стенда

На рис. 1.8 представлен внешний вид вышеуказанного испытательного стенда.



Рисунок 1.8 – Внешний вид испытательного стенда

1.6. Оптимальные углы наклона ФСП

В таблицах 1.3 и 1.4 представлены показатели оптимального угла наклона в зависимости от сезона эксплуатации объекта.

Таблица 1.3 – Оптимальный летний угол наклона ФСП

№	Месяц	Оптимальный угол наклона, град.
1	Апрель	45
2	Май	18
3	Июнь	18
4	Июль	18
5	Август	27
6	Сентябрь	53

Таблица 1.4 – Оптимальный летний угол наклона ФСП

№	Месяц	Оптимальный угол наклона, град.
1	Октябрь	53
2	Ноябрь	90
3	Декабрь	90
4	Январь	90
5	Февраль	53
6	Март	53

ГЛАВА 2. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ОБЪЕКТЫ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКИ

В данной главе представлена обзорная информация о влиянии климатических факторов Севера и Арктики на функционирование объектов гелиоэнергетики. Представлены примерные электроэнергетические закономерности влияния климатических факторов на рабочие режимы солнечных электростанций микромощности.

2.1. Перечень климатических факторов, влияющие на функционирование объектов гелиоэнергетики

В целях получения достоверных результатов расчета рабочих параметров солнечных электростанций на территории Севера необходимо учитывать следующие внешние климатические факторы:

1. Характер пылевого загрязнения поверхности панелей.
2. Снеговой покров поверхности панелей.
3. Сезонные изменения количества пасмурных и облачных дней.
4. Факторы, снижающие активность солнечного излучения: сезонные лесные пожары, облачность и др.
5. Температура поверхности солнечных панелей в различные периоды эксплуатации.
6. Интенсивность солнечного излучения на поверхности панели.

Воздействие пылевого загрязнения и снежного покрова на функционирование объектов гелиоэнергетики можно снизить с помощью общеизвестных способов очистки или химической профилактики поверхности солнечных панелей и коллекторов.

Влияние факторов (облачность, задымление воздушной среды и др.), снижающие интенсивность солнечного излучения, на функционирование объектов гелиоэнергетики невозможно снизить вследствие невозможности

их точного прогноза, но имеется необходимость в их учете при оценке энергетического потенциала солнечных электростанций.

Поверхностная температура солнечных панелей и интенсивность солнечного излучения имеют значительное влияние на функционирование солнечных электростанций, так как данные особенности могут повлиять на электроэнергетическую эффективность солнечных панелей. Воздействие данных климатических особенностей невозможно снизить, но необходимо их учесть при проведении имитационных вычислений параметров работы солнечных электростанций.

2.2 Влияние климатических факторов на функционирование объектов гелиоэнергетики

В целях определения влияния климатических факторов на функционирование объектов гелиоэнергетики рекомендуется ознакомление со следующими научными публикациями, где указаны числовые показатели влияния определенного климатического фактора:

1. Местников Н.П., Васильев П.Ф., Давыдов Г.И., Хоютанов А.М., Альзаккар А.М. Исследование функционирования фотоэлектрической установки в условиях облачной погоды на территории Севера. *iPolytech Journal*. 2022;26(1):81-91. <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2022-1-81-91>.



QR-код для доступа к научной публикации по пункту 1

2. Местников Н.П. Особенности эксплуатации солнечных электростанций микромощности в условиях Севера. Часть 1. Монография / Н.П. Местников; Утверждена Протоколом НТС СВФУ от 26.11.2021 г. №8-НТС. Изд-во: ООО РИЦ «Офсет». – г. Якутск, 2021. – 113 с. – 20 экз. – ISBN 978-5-91441-336-8.



QR-код для доступа к научной публикации по пункту 2

3. Местников, Н. П. Разработка способа защиты фотоэлектрических солнечных установок от поверхностного загрязнения в условиях Севера / Н. П. Местников // Международный технико-экономический журнал. – 2021. – № 4. – С. 16-24. – DOI 10.34286/1995-4646-2021-79-4-16-24. – EDN KHHSLR.



QR-код для доступа к научной публикации по пункту 3

4. Местников Н.П., Васильев П.Ф. Исследование особенностей функционирования фотоэлектрических солнечных установок в условиях по-

жарной активности на территории Севера // Журнал «Международный технико-экономический журнал». г. Москва – 2021. – №4. С. 25-34 – DOI: 10.34286/1995-4646-2021-79-4.



QR-код для доступа к научной публикации по пункту 4

5. Местников, Н.П. Исследование возможности применения фотоэлектрических солнечных установок внутри купольного строения в условиях Севера / Н. П. Местников, П. Ф. Васильев, Г. И. Давыдов [и др.] // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2021. – Т. 25. – № 4(159). – С. 435-449. – DOI 10.21285/1814-3520-2021-4-435-449.



QR-код для доступа к научной публикации по пункту 5

6. Местников, Н.П. Исследование влияния резко-континентального климата Якутии на функционирование солнечных панелей / П. Ф. Васильев, Н. П. Местников // Международный технико-экономический журнал. – 2021. – № 1. – С. 57-64. – DOI 10.34286/1995-4646-2021-76-1-57-64.



QR-код для доступа к научной публикации по пункту 6

7. Местников, Н. П. Разработка гибридных систем электроснабжения для энергоснабжения удаленных потребителей в условиях Севера и Арктики / Н. П. Местников, П. Ф. Васильев, Ф. Х. Альхадж // Международный технико-экономический журнал. – 2021. – № 1. – С. 47-56. – DOI 10.34286/1995-4646-2021-76-1-47-56.



QR-код для доступа к научной публикации по пункту 7

8. Местников, Н.П. Исследование эксплуатации комбинированной системы электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии на Дальнем Востоке России / Н. П. Местников, Н. С. Бурянина, Ю. Ф. Королук, П. Ф. Васильев // Вопросы электротехнологии. – 2021. – № 2(32). – С. 68-81.



QR-код для доступа к научной публикации по пункту 8

Вышеуказанные научные публикации рекомендуется найти на базе:

- Электронной системы российского индекса научного цитирования «*E-Library*» после предварительной регистрации.
- Электронной библиотеки НБ СВФУ им. М.К. Аммосова.

2.3. Влияние климатических факторов на рабочие режимы объектов гелиоэнергетики

На вышеуказанных научных публикациях указано, что вследствие влияния климатических факторов, перечисленные в подразделе 2.1, снижается генерирующая мощность солнечной электростанции.

Снижение генерирующей мощности кратко-, средне- и долгосрочном порядке отрицательно влияет на показатели качества электроэнергии внутри всей электроэнергетической системы.

Известно, что в целях снижения капитальных затрат при реализации проектов области ВИЭ рекомендуется строительство сетевых солнечных и ветровых электростанций без применения дорогостоящей системы накопления энергии. Выработанная электроэнергия направляется непосредственно к потребителю без процедур накопления.

Однако существуют различные климатические факторы, которые отрицательно влияют на выработку сетевых солнечных электростанциях при различных временных промежутках. К примеру, различные виды облачности в кратко- и среднесрочном периоде влияют на генерацию ввиду высокой

зависимости от погодных условий. Поверхностное загрязнение (пыль и снег) образовывается в течение 10-15 суток в зависимости от вида климата и в долгосрочном периоде снижает выработку объектов гелиоэнергетики до следующей очистки поверхности ФСП.

В этой связи является актуальным и востребованным определение влияния климатических факторов на показатели качества электроэнергии от сетевых электростанций.

В соответствии с Сетевым кодексом Германии существуют требования по управлению активной мощностью по объектам ВИЭ в том числе от солнечных электростанций. Одним из данных требований является расчет частоты в электроэнергетической системе по выражению 2.1.

$$\Delta P = 20 \cdot P_M \cdot \frac{50,2 - f_{\text{сеть}}}{50}, \quad 50,2 \leq f_{\text{сеть}} \leq 51,5 \quad (2.1)$$

где ΔP – изменение активной мощности солнечной электростанции с учетом влияния климатического фактора, [Вт]; P_M – необходимая (фактическая) мощность солнечной электростанции без учета влияния климатического фактора, [Вт]; $f_{\text{сеть}}$ – частота сети с учетом влияния климатического фактора, [Гц]

Существуют дополнительные граничные условия изменения частоты сети в виде выражения 2.2.

$$47,5 \leq f_{\text{сеть}} \leq 51,5 \quad (2.2)$$

При учете вышеуказанного граничного условия частота сети при параллельной синхронизации с солнечными электростанциями варьирует от 2,5 до 1,5 Гц при номинальной частоте сети 50 Гц.

Однако алгебраически можно определить влияние изменения активной (генерирующей) мощности солнечной электростанции на величину частоты сети в электроэнергетической системе в виде выражения 2.3.

$$\Delta f = 50,2 - 2,5 \cdot \frac{|\Delta P_{потери}^i|}{P_{норм}} \quad (2.3)$$

где Δf – частота сети в электроэнергетической системе при влиянии определенного климатического фактора, [Гц]; $P_{норм}$ – активная (генерирующая) мощность солнечной электростанции в условиях отсутствия отрицательного влияния климатических факторов, [Вт]; $P_{потери}^i$ – активная (генерирующая) мощность солнечной электростанции в условиях наличия отрицательного влияния определенного климатического фактора, [Вт]; i – номер определенного климатического фактора.

После определения величины изменения частоты сети в электроэнергетической системе можно определить величину изменения мгновенного напряжения в сети в условиях влияния определенного климатического фактора в соответствии с выражением 2.4.

$$\begin{cases} u_{мгн} = U_{max} \cdot \sin(\omega t + \varphi) \\ \omega = 2\pi f_{факт}^i \\ u_{мгн} = U_{max} \cdot \sin(2\pi f_{факт}^i t + \varphi) \\ t \in (0,1) \end{cases} \quad (2.4)$$

где $u_{мгн}$ – мгновенное напряжение в сети в момент времени t , [В]; U_{max} – амплитудное (максимальное) значение напряжения в сети, [В]; ω – циклическая частота, [p/c]; φ – угол сдвига фаз, [град]; $f_{факт}^i$ – фактическая частота сети в условиях влияния определенного климатического фактора i , [Гц]; t – промежуток времени мониторинга, [с]; i – номер определенного климатического фактора.

В соответствии с выражениями 2.5 и 2.6 вычисляются показатели среднеквадратичного значения напряжения сети и его отклонения.

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T u^2(t) dt} \\ U_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{2\pi} U_{max} \sin^2(2\pi ft) dt} \\ U_{rms} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} \\ T = 0:0.001:1 \end{array} \right. \quad (2.5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta U^i = U^i - U_{ном} \\ \delta U^i = \frac{U^i - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% \\ U_{ном} + 10\% \leq U_{ном} + \delta U^i \leq U_{ном} + 10\% \end{array} \right. \quad (2.6)$$

где U_{rms} – среднеквадратичное значение напряжения в сети, [В]; t – промежуток времени мониторинга, [с]; U_{max} – амплитудное (максимальное) значение напряжения в сети, [В]; δU – изменение напряжения в сети, [В]; $U_{ном}$ – номинальное напряжение в сети, [В]; i – номер определенного климатического фактора.

Таким образом, выполняется расчет показателей качества электроэнергии по частоте и напряжению сети внутри солнечной электростанции в условиях влияния климатических факторов.

ГЛАВА 3. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ

В данной главе представлен перечень требований и условий по выполнению практических заданий в области решения задач по гелиоэнергетике с учетом влияния климатических факторов Севера и Арктики.

3.1. Инструкция по выполнению практических заданий

В рамках выполнения практических заданий по дисциплине «Общая энергетика» студенту **НЕОБХОДИМА** выполнение следующих пунктов:

1. «ВВЕДЕНИЕ» – полное описание практического задания, приведение внешних параметров и выдвижение предварительного описания предлагаемого технического решения. **НЕОБХОДИМО** указать цель (*только одна цель*) и задачи (не менее трех пунктов) практического задания. В основном целью задания является *расчет технико-экономических и электроэнергетических параметров функционирования солнечной электростанции на территории Севера в целях обеспечения экономии ГСМ*. Рекомендуемый объем – 1-2 листа формата А4.

2. «Исходные данные практического задания» – приведение всех технико-экономических и электроэнергетических исходных данных в зависимости от номера варианта с **ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ** указанием единиц измерения, возможное представление общей схемы электроснабжения. Рекомендуемый объем – 1 лист формата А4.

3. «Анализ внешних параметров населенного пункта» - приведение всех географических и климатических параметров, такие как: географические координаты; площадь населенного пункта, м²; температура воздуха, °С; относительная влажность, %; осадки, мм; дневная сумма солнечной радиации-горизонтальная, кВт*ч/м² в день; скорость ветра, м/с; температура

земли, $^{\circ}\text{C}$; градусо-дни отопительного сезона (18°C), $^{\circ}\text{C}$ -д; градусо-дни с отрицательной температурой (10°C), $^{\circ}\text{C}$ -д – для каждого месяца в течение года в том числе карты районирования. Кроме того, **НЕОБХОДИМО** указать количество населения в тыс. человек, перечень производственных (заводы, цехи и фабрики) и социальных (больницы, школы, детские сады и т.д.) объектов и т.д. **РЕКОМЕНДУЕТСЯ** применение таблиц и схем, разработанные на базе лицензированной программы *MS Office Excel*. Рекомендуемый объем – до 3 листов формата А4.

4. «Анализ энергопотребления населенных пунктов» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** представить основные параметры топливо- (потребление дизельного топлива и масла) и электропотребления (выработка электроэнергии и отпуск шин) в населенном пункте в зависимости от номера варианта² и разработать обобщенный анализ на основании полученных данных по потреблению в том числе расчет экономии топлива за счет внедрения ВИЭ. Рекомендуемый объем – 3-4 листа формата А4.

5. «Выбор земельного участка» – в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** проведение поиска земельного участка с применением Интернет-ресурса по ссылке: <https://egrp365.org/> в целях строительства комбинированной электростанции, где **НЕОБХОДИМО** соответствие требованиям и условиям СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов" и Статьи 51 Градостроительного кодекса Российской Федерации" от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 30.04.2021). Кроме того, **НЕОБХОДИМО** проведение детального анализа по выбранному земельному участку. Выбранный земельный участок должен иметь значительную площадь в зависимости от мощности генерации комбинированной электростанции и находиться в

² Показания по выработке электроэнергии и потреблению ГСМ представлены в Приложении №2

республиканской собственности. Рекомендуемый объем – не менее 2-3 листов формата А4.

6. «Расчет мощности генерации электростанции» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** проведение технических расчетов возможного объема производства электроэнергии с приведением графиков ежемесячной и годовой генерации электроэнергии от СЭС. В конце данного раздела студенту **НЕОБХОДИМО** представить установленную мощность электростанции от ВИЭ. Рекомендуемый объем – от 4 листов формата А4.

7. «Выбор силового оборудования» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести выбор генерирующего оборудования (модель солнечной панели, силового инвертора, контроллера заряда и т.д.) в зависимости от типа электростанции с указанием основных тактико-технических параметров. Рекомендуемый объем – от 4 листов формата А4.

8. «Разработка принципиальной схемы системы электроснабжения» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** разработать принципиальную схему электроснабжения населенного пункта с подключением комбинированной электростанции к фидерам потребителей с учетом использования силовых трансформаторов, распределительных устройств, силовых шин, коммутационного оборудования и т.д. Также необходимо выполнение обзорного анализа схемы. Рекомендуемый объем – от 2 листов формата А4

9. «Выбор преобразовательного оборудования» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести выбор повышающего и понижающего силового трансформатора в целях обеспечения увеличения класса напряжения для последующей передачи по ЛЭП к потребителю с учетом определенных требований и условий в соответствии с ПУЭ 7 «Правила устройства электроустановок. Издание 7» и приведением всех технических параметров выбранного оборудования. Рекомендуемый объем – от 2 листов формата А4.

10. «Выбор оборудования ЛЭП» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести выбор типа и материала опоры ЛЭП, определить сечение и марку проводов на основании расчета экономической плотности тока и т.д. Рекомендуемый объем – от 4 листов формата А4.

11. «Расчет токов короткого замыкания» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести расчет токов короткого замыкания с помощью методов базисной мощности или удельных процедур. Рекомендуемый объем – от 10 листов формата А4.

12. «Выбор коммутационной системы» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести коммутационной системы в том числе систему релейной защиты для разработанной принципиальной схемы системы электроснабжения населенного пункта, а именно: высоковольтный выключатель, разъединитель, шины, измерительные трансформаторы (по току и напряжению) в соответствии с действующими правилами и требованиями. Рекомендуемый объем – от 15 листов формата А4.

13. «Технико-экономический расчет» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести расчет переменных и постоянных потерь электроэнергии в ЛЭП внутри системы электроснабжения населенного пункта с выведением годовых эксплуатационных издержек и минимальные приведенные затраты. Рекомендуемый объем – до 2 листов формата А4.

14. «Заключение» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести детальное описание произведенных работ в рамках курсового проекта. Рекомендуемый объем – до 1 листа формата А4.

15. «Список использованной литературы» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести детальное описание³ перечня использованной литературы в рамках выполнения курсового проекта в соответствии

³ Перечень использованных источников необходимо выполнить в соответствии с Приложением 3

с ГОСТ Р 7.0.100-2018 СИБИБД Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. Рекомендуемый объем – до 1 листа формата А4.

3.2 Перечень рекомендуемых документов

1. Статья 47 Воздушного кодекса Российской Федерации" от 19.03.1997 N 60-ФЗ (ред. от 30.04.2021).
2. Статья 51 Градостроительного кодекса Российской Федерации" от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 30.04.2021).
3. ГОСТ 7.32-2017. МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу
4. ГОСТ Р 7.0.97-2016 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу (СИБИБД). Организационно-распорядительная документация. Требования к оформлению документов (с Изменением N 1).
5. ГОСТ 7.12-93 СИБИБД. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила.
6. ГОСТ 2.109-73 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Основные требования к чертежам (с Изменениями N 1-11).
7. ГОСТ 16350-80 Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей.
8. ГОСТ 32144-2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».
9. ГОСТ Р 54531-2011 «Возобновляемые и альтернативные источники энергии»
10. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов".

11. ГОСТ 2.004–88 ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.
12. ГОСТ 2.104–2006. ЕСКД. Основные надписи.
13. ГОСТ 2.105–95. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
14. ГОСТ 2.109–73*. ЕСКД. Основные требования к чертежам.
15. ГОСТ 2.301–68*. ЕСКД. Форматы. ГОСТ 2.303–68*. ЕСКД. Линии.
16. ГОСТ 2.304–81*. ЕСКД. Шрифты чертежные.
17. ГОСТ 2.316–2008. ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц на графических документах. Общие положения.
18. ГОСТ 2.414–75*. ЕСКД. Правила выполнения чертежей жгутов кабелей и проводов.
19. ГОСТ 2.415–68*. ЕСКД. Правила выполнения чертежей изделий с электрическими обмотками.
20. ГОСТ 2.416–68*. ЕСКД. Условные изображения сердечников магнито- проводов.
21. ГОСТ 2.701–2008. ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
22. ГОСТ 2.702–2011. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
23. ГОСТ 2.705–70. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем обмоток и изделий с обмотками.
24. ГОСТ 2.709–89. ЕСКД. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах.

25. ГОСТ 2.710–81*. ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
26. ГОСТ 2.721–74*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
27. ГОСТ 2.722–68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические.
28. ГОСТ 2.723–68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители.
29. ГОСТ 2.726–68. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Токоъемники.
30. ГОСТ 2.727–68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Разрядники, предохранители.
31. ГОСТ 2.728–74*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы.
32. ГОСТ 2.729–68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные.
33. ГОСТ 2.730–73*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые.
34. ГОСТ 2.731–81*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электровакуумные.
35. ГОСТ 2.732–68. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Источники света.
36. ГОСТ 2.745–68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Электронагреватели, устройства и установки электротермические.
37. ГОСТ 2.747–68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений.

38. ГОСТ 2.755–87. ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.
39. ГОСТ 2.756–76*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств.
40. ГОСТ 2.767–89*. ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Реле защиты.
41. ГОСТ 2.768–90. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Источники электрохимические, электротермические и тепловые.
42. ГОСТ Р 21.101-2020 НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. Система проектной документации для строительства.
43. ГОСТ 21.110-2013 СПДС. Спецификация оборудования, изделий и материалов.
44. ГОСТ 21.112–87. СПДС. Подъемно-транспортное оборудование. Условные изображения.
45. ГОСТ 21.204–93. СПДС. Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта.
46. ГОСТ 21.205–93. СПДС. Условные обозначения элементов санитарно-технических систем.
47. ГОСТ 21.206–93. СПДС. Условные обозначения трубопроводов.
48. ГОСТ 21.403–80. СПДС. Обозначения условные графические в схемах. Оборудование энергетическое.
49. ГОСТ 21.404–85. СПДС. Автоматизация технологических процессов.
50. ГОСТ 21.501-2018 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений.

51. ГОСТ 21.508–93. СПДС. Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов.
52. ГОСТ 21.601–79*. СПДС. Водопровод и канализация. Рабочие чертежи.
53. ГОСТ 21.602-2016 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования.
54. ГОСТ 21.605–82*. СПДС. Сети тепловые (теплотехническая часть). Рабочие чертежи.
55. ГОСТ 21.607–82. СПДС. Электрическое освещение территории промышленных предприятий. Рабочие чертежи.
56. ГОСТ 21.608–84. СПДС. Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи.
57. ГОСТ 21.609–83. СПДС. Газоснабжение. Внутренние устройства. Рабочие чертежи.
58. ГОСТ 21.611–85. СПДС. Централизованное управление энерго-снабжением. Условные графические и буквенные обозначения вида и содержания информации.
59. ГОСТ 21.613–88. СПДС. Силовое электрооборудование. Рабочие чертежи.
60. ГОСТ 21.210-2014. Система проектной документации для строительства. Условные графические изображения электрооборудования и проводок на планах.

ГЛАВА 4. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

В данном разделе представлены практические задачи для выполнения технико-экономических и электроэнергетических расчетов функционирования солнечных электростанций с учетом локальных климатических факторов Севера и Арктики.

4.1. Тема № 1 «Расчет выработки солнечной электростанции»

1. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Верхняя Амга предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 10 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

2. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Кутана предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 10 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Выполните

оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

3. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Угоян предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 10 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

4. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Улуу предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 20 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

5. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Чагда предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 25 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

6. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Саскылах предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 100 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

7. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Юрюнг-Хая предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 50 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта

производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

8. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Абый предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 60 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

9. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Белая Гора предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 1 МВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде

расчета электроэнергетических показателей ее работы. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

10. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Кубергене предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 25 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

11. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Кюсюр предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 15 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

12. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Барылас

предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 20 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

13. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Чагда предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 30 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

14. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Саскылах предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 500 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является

обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

15. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Кенг-Кюель предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 20 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

4.2. Тема № 2 «Расчет выработки солнечной электростанции с учетом климатических особенностей»

1. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Верхняя Амга предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 100 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние

поверхностного загрязнения (пыль и снег) и различных видов облачности. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

2. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Кутана предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 10 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и различных видов облачности. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

3. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Угоян предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 25 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных

панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и различных видов облачности. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

4. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Улуу предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 20 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и лесных пожаров. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических

факторов в момент времени $t = 1$ сек. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

5. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Чагда предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 14 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и лесных пожаров. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

6. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Саскылах предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 200 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние

поверхностного загрязнения (пыль и снег) и различных видов облачности. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

7. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Юрюнг-Хая предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 50 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и торфяных пожаров. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

8. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Абый предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 45 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных

панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и лесных пожаров. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

9. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Белая Гора предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 100 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и лесных пожаров. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических

факторов в момент времени $t = 1$ сек. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

10. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Кенг-Кюель предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 28 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и лесных пожаров. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

11. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Сиктях предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 10 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе

эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег). Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

12. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Таймылыр предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 15 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и облачности. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

13. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Алысардах предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 25 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта

производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и облачности. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

14. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Арылах предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 20 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и облачности. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

15. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Барылас

предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 50 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег), облачности и лесных пожаров. Выполните оценку энергетического потенциала солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции.

4.3. Тема №3 «Расчет повышения энергоэффективности солнечной электростанции»

1. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Верхняя Амга предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 10 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и лесных пожаров. Предложите

перечень энергоэффективных мероприятий или необходимого оборудования в целях повышения электроэнергетической эффективности объекта. Выполните оценку внедрения энергоэффективных мероприятий или технологий внутри солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Основными технологиями могут быть: внедрение одно- или двухосевой трекерной установки, бифациальных солнечных панелей и новых систем очистки поверхности ФСП. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек до и после внедрения мероприятий или технологий. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции с указанием экономического эффекта внедрения.

2. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Кутана предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 20 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и лесных пожаров. Предложите перечень энергоэффективных мероприятий или необходимого оборудования в целях повышения электроэнергетической эффективности объекта. Выполните оценку внедрения энергоэффективных мероприятий или технологий внутри солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Ос-

новными технологиями могут быть: внедрение одно- или двухосевой трековой установки, бифациальных солнечных панелей и новых систем очистки поверхности ФСП. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек до и после внедрения мероприятий или технологий. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции с указанием экономического эффекта внедрения.

3. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Угоян предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 5 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и лесных пожаров. Предложите перечень энергоэффективных мероприятий или необходимого оборудования в целях повышения электроэнергетической эффективности объекта. Выполните оценку внедрения энергоэффективных мероприятий или технологий внутри солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Основными технологиями могут быть: внедрение одно- или двухосевой трековой установки, бифациальных солнечных панелей и новых систем очистки поверхности ФСП. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек до и после внедрения мероприятий или технологий. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и

масла вследствие внедрения солнечной электростанции с указанием экономического эффекта внедрения.

4. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Улуу предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 20 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и лесных пожаров. Предложите перечень энергоэффективных мероприятий или необходимого оборудования в целях повышения электроэнергетической эффективности объекта. Выполните оценку внедрения энергоэффективных мероприятий или технологий внутри солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Основными технологиями могут быть: внедрение одно- или двухосевой трекерной установки, бифациальных солнечных панелей и новых систем очистки поверхности ФСП. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек до и после внедрения мероприятий или технологий. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции с указанием экономического эффекта внедрения.

5. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Чагда предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 15 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных

панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и лесных пожаров. Предложите перечень энергоэффективных мероприятий или необходимого оборудования в целях повышения электроэнергетической эффективности объекта. Выполните оценку внедрения энергоэффективных мероприятий или технологий внутри солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Основными технологиями могут быть: внедрение одно- или двухосевой трековой установки, бифациальных солнечных панелей и новых систем очистки поверхности ФСП. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек до и после внедрения мероприятий или технологий. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции с указанием экономического эффекта внедрения.

6. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Саскылах предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 200 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и лесных пожаров. Предложите

перечень энергоэффективных мероприятий или необходимого оборудования в целях повышения электроэнергетической эффективности объекта. Выполните оценку внедрения энергоэффективных мероприятий или технологий внутри солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Основными технологиями могут быть: внедрение одно- или двухосевой трекерной установки, бифациальных солнечных панелей и новых систем очистки поверхности ФСП. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек до и после внедрения мероприятий или технологий. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции с указанием экономического эффекта внедрения.

7. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Юрюнг-Хая предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 100 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и лесных пожаров. Предложите перечень энергоэффективных мероприятий или необходимого оборудования в целях повышения электроэнергетической эффективности объекта. Выполните оценку внедрения энергоэффективных мероприятий или технологий внутри солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Основными технологиями могут быть: внедрение одно- или двухосевой

трекерной установки, бифациальных солнечных панелей и новых систем очистки поверхности ФСП. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек до и после внедрения мероприятий или технологий. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции с указанием экономического эффекта внедрения.

8. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Абый предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 10 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и лесных пожаров. Предложите перечень энергоэффективных мероприятий или необходимого оборудования в целях повышения электроэнергетической эффективности объекта. Выполните оценку внедрения энергоэффективных мероприятий или технологий внутри солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Основными технологиями могут быть: внедрение одно- или двухосевой трекерной установки, бифациальных солнечных панелей и новых систем очистки поверхности ФСП. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек до и после внедрения мероприятий или технологий. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и

масла вследствие внедрения солнечной электростанции с указанием экономического эффекта внедрения.

9. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Кубергене предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 5 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и лесных пожаров. Предложите перечень энергоэффективных мероприятий или необходимого оборудования в целях повышения электроэнергетической эффективности объекта. Выполните оценку внедрения энергоэффективных мероприятий или технологий внутри солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Основными технологиями могут быть: внедрение одно- или двухосевой трекерной установки, бифациальных солнечных панелей и новых систем очистки поверхности ФСП. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек до и после внедрения мероприятий или технологий. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции с указанием экономического эффекта внедрения.

10. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Найба предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 30 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных

панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег). Предложите перечень энергоэффективных мероприятий или необходимого оборудования в целях повышения электроэнергетической эффективности объекта. Выполните оценку внедрения энергоэффективных мероприятий или технологий внутри солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Основными технологиями могут быть: внедрение одно- или двухосевой трекерной установки, бифациальных солнечных панелей и новых систем очистки поверхности ФСП. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек до и после внедрения мероприятий или технологий. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции с указанием экономического эффекта внедрения.

11. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Таймылыыр предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 20 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние

поверхностного загрязнения (пыль и снег). Предложите перечень энергоэффективных мероприятий или необходимого оборудования в целях повышения электроэнергетической эффективности объекта. Выполните оценку внедрения энергоэффективных мероприятий или технологий внутри солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Основными технологиями могут быть: внедрение одно- или двухосевой трекерной установки, бифациальных солнечных панелей и новых систем очистки поверхности ФСП. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек до и после внедрения мероприятий или технологий. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции с указанием экономического эффекта внедрения.

12. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Алысардаах предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 50 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег). Предложите перечень энергоэффективных мероприятий или необходимого оборудования в целях повышения электроэнергетической эффективности объекта. Выполните оценку внедрения энергоэффективных мероприятий или технологий внутри солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее

работы с учетом представленных климатических факторов. Основными технологиями могут быть: внедрение одно- или двухосевой трекерной установки, бифациальных солнечных панелей и новых систем очистки поверхности ФСП. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек до и после внедрения мероприятий или технологий. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции с указанием экономического эффекта внедрения.

13. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Барылас предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 25 кВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег). Предложите перечень энергоэффективных мероприятий или необходимого оборудования в целях повышения электроэнергетической эффективности объекта. Выполните оценку внедрения энергоэффективных мероприятий или технологий внутри солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Основными технологиями могут быть: внедрение одно- или двухосевой трекерной установки, бифациальных солнечных панелей и новых систем очистки поверхности ФСП. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент

времени $t = 1$ сек до и после внедрения мероприятий или технологий. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции с указанием экономического эффекта внедрения.

14. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в п. Батагай предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 1 МВт. Планируется применение поликристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег) и лесные пожары. Предложите перечень энергоэффективных мероприятий или необходимого оборудования в целях повышения электроэнергетической эффективности объекта. Выполните оценку внедрения энергоэффективных мероприятий или технологий внутри солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Основными технологиями могут быть: внедрение одно- или двухосевой трекерной установки, бифациальных солнечных панелей и новых систем очистки поверхности ФСП. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек до и после внедрения мероприятий или технологий. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции с указанием экономического эффекта внедрения.

15. В соответствии с Программой инновационного развития ПАО «РусГидро» на 2020 – 2024 гг. с перспективой до 2029 года в с. Верхняя Амга

предполагается строительство солнечной электростанции с установленной мощностью 20 кВт. Планируется применение монокристаллических солнечных панелей. Изначально электроснабжение данного населенного пункта производится посредством эксплуатации дизельной электростанции малой мощности. Основной целью внедрения солнечной электростанции является обеспечения высокой доли экономии дизельного топлива и масла. Однако в ходе эксплуатации данного объекта зафиксировано отрицательное влияние поверхностного загрязнения (пыль и снег). Предложите перечень энергоэффективных мероприятий или необходимого оборудования в целях повышения электроэнергетической эффективности объекта. Выполните оценку внедрения энергоэффективных мероприятий или технологий внутри солнечной электростанции в виде расчета электроэнергетических показателей ее работы с учетом представленных климатических факторов. Основными технологиями могут быть: внедрение одно- или двухосевой трекерной установки, бифациальных солнечных панелей и новых систем очистки поверхности ФСП. Рассчитайте возможное отклонение частоты и напряжения в сети вследствие влияния перечисленных климатических факторов в момент времени $t = 1$ сек до и после внедрения мероприятий или технологий. Определите возможный объем экономии дизельного топлива и масла вследствие внедрения солнечной электростанции с указанием экономического эффекта внедрения.

4.4 Тема №4 «Расчет солнечной электростанции микромощности для частных пользователей»

1. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 02.03.2021 года №299 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ в части определения особенностей правового регулирования отношений по функционированию объектов микрогенерации» частным лицам было разрешено строить на своей территории солнечные электростанции с

установленной мощностью до 15 кВт и возможностью последующей продажи для других потребителей электроэнергии. На территории с. Борогонцы владелец земельного участка планирует построить у себя солнечную электростанцию микромощности. У него есть семья, которая состоит из 5 человек. Кроме того, по соседству проживают 3 семьи по 4 человека в каждой. Населенный пункт отличается высокой степенью запыленности среды и средними показателями снегового покрова, и сезонными лесными пожарами. Однако хозяин электростанции готов обеспечить своевременную очистку ФСП в неделю 1 раз и планирует обеспечить электроэнергией свою семью на 60% на весенне-летний период эксплуатации. Определите оптимальный показатель установленной мощности солнечной электростанции. Выполните оценку энергетического потенциала электростанции. Оцените возможность дополнительной продажи электроэнергии для соседних семей. Рассчитайте основные инвестиционные показатели СЭС. Докажите или дайте опровержение насчет экономической целесообразности строительства СЭС.

2. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 02.03.2021 года №299 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ в части определения особенностей правового регулирования отношений по функционированию объектов микрогенерации» частным лицам было разрешено строить на своей территории солнечные электростанции с установленной мощностью до 15 кВт и возможностью последующей продажи для других потребителей электроэнергии. На территории с. Чурапча владелец земельного участка планирует построить у себя солнечную электростанцию микромощности. У него есть семья, которая состоит из 4 человек. Кроме того, по соседству проживают 2 семьи по 3 человека в каждой. Населенный пункт отличается высокой степенью запыленности среды и средними показателями снегового покрова, и сезонными лесными пожарами. Однако хозяин электростанции готов обеспечить своевременную

очистку ФСП в неделю 1 раз и планирует обеспечить электроэнергией свою семью на 50% на весенне-летний период эксплуатации. Определите оптимальный показатель установленной мощности солнечной электростанции. Выполните оценку энергетического потенциала электростанции. Оцените возможность дополнительной продажи электроэнергии для соседних семей. Рассчитайте основные инвестиционные показатели СЭС. Докажите или дайте опровержение насчет экономической целесообразности строительства СЭС.

3. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 02.03.2021 года №299 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ в части определения особенностей правового регулирования отношений по функционированию объектов микрогенерации» частным лицам было разрешено строить на своей территории солнечные электростанции с установленной мощностью до 15 кВт и возможностью последующей продажи для других потребителей электроэнергии. На территории с. Оленек владелец земельного участка планирует построить у себя солнечную электростанцию микромощности. У него есть семья, которая состоит из 4 человек. Кроме того, по соседству проживают 3 семьи по 3 человека в каждой. Населенный пункт отличается высокой степенью запыленности среды и средними показателями снегового покрова, и сезонными лесными пожарами. Однако хозяин электростанции готов обеспечить своевременную очистку ФСП в неделю 1 раз и планирует обеспечить электроэнергией свою семью на 50% на весенне-летний период эксплуатации. Определите оптимальный показатель установленной мощности солнечной электростанции. Выполните оценку энергетического потенциала электростанции. Оцените возможность дополнительной продажи электроэнергии для соседних семей. Рассчитайте основные инвестиционные показатели СЭС. Докажите или дайте опровержение насчет экономической целесообразности строительства СЭС.

4. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 02.03.2021 года №299 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ в части определения особенностей правового регулирования отношений по функционированию объектов микрогенерации» частным лицам было разрешено строить на своей территории солнечные электростанции с установленной мощностью до 15 кВт и возможностью последующей продажи для других потребителей электроэнергии. На территории п. Сангар владелец земельного участка планирует построить у себя солнечную электростанцию микромощности. У него есть семья, которая состоит из 2 человек. Кроме того, по соседству проживают 4 семьи по 2 человека в каждой. Населенный пункт отличается высокой степенью запыленности среды и средними показателями снегового покрова, и сезонными лесными пожарами. Однако хозяин электростанции готов обеспечить своевременную очистку ФСП в неделю 1 раз и планирует обеспечить электроэнергией свою семью на 40% на весенне-летний период эксплуатации. Определите оптимальный показатель установленной мощности солнечной электростанции. Выполните оценку энергетического потенциала электростанции. Оцените возможность дополнительной продажи электроэнергии для соседних семей. Рассчитайте основные инвестиционные показатели СЭС. Докажите или дайте опровержение насчет экономической целесообразности строительства СЭС.

5. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 02.03.2021 года №299 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ в части определения особенностей правового регулирования отношений по функционированию объектов микрогенерации» частным лицам было разрешено строить на своей территории солнечные электростанции с установленной мощностью до 15 кВт и возможностью последующей продажи для других потребителей электроэнергии. На территории с. Нам владе-

лец земельного участка планирует построить у себя солнечную электростанцию микромощности. У него есть семья, которая состоит из 4 человек. Кроме того, по соседству проживают 2 семьи по 4 человека в каждой. Населенный пункт отличается высокой степенью запыленности среды и средними показателями снегового покрова, и сезонными лесными пожарами. Однако хозяин электростанции готов обеспечить своевременную очистку ФСП в неделю 1 раз и планирует обеспечить электроэнергией свою семью на 80% на весенне-летний период эксплуатации. Определите оптимальный показатель установленной мощности солнечной электростанции. Выполните оценку энергетического потенциала электростанции. Оцените возможность дополнительной продажи электроэнергии для соседних семей. Рассчитайте основные инвестиционные показатели СЭС. Докажите или дайте опровержение насчет экономической целесообразности строительства СЭС.

6. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 02.03.2021 года №299 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ в части определения особенностей правового регулирования отношений по функционированию объектов микрогенерации» частным лицам было разрешено строить на своей территории солнечные электростанции с установленной мощностью до 15 кВт и возможностью последующей продажи для других потребителей электроэнергии. На территории г. Якутск владелец земельного участка планирует построить у себя солнечную электростанцию микромощности. У него есть семья, которая состоит из 3 человек. Кроме того, по соседству проживают 3 семьи по 2 человека в каждой. Населенный пункт отличается высокой степенью запыленности среды и средними показателями снегового покрова, и сезонными лесными пожарами. Однако хозяин электростанции готов обеспечить своевременную очистку ФСП в неделю 1 раз и планирует обеспечить электроэнергией свою семью на 40% на весенне-летний период эксплуатации. Определите оптимальный показатель установленной мощности солнечной электростанции. Выполните

оценку энергетического потенциала электростанции. Оцените возможность дополнительной продажи электроэнергии для соседних семей. Рассчитайте основные инвестиционные показатели СЭС. Докажите или дайте опровержение насчет экономической целесообразности строительства СЭС.

7. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 02.03.2021 года №299 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ в части определения особенностей правового регулирования отношений по функционированию объектов микрогенерации» частным лицам было разрешено строить на своей территории солнечные электростанции с установленной мощностью до 15 кВт и возможностью последующей продажи для других потребителей электроэнергии. На территории г. Виллюйск владелец земельного участка планирует построить у себя солнечную электростанцию микромощности. У него есть семья, которая состоит из 4 человек. Кроме того, по соседству проживают 3 семьи по 3 человека в каждой. Населенный пункт отличается высокой степенью запыленности среды и средними показателями снегового покрова, и сезонными лесными пожарами. Однако хозяин электростанции готов обеспечить своевременную очистку ФСП в неделю 1 раз и планирует обеспечить электроэнергией свою семью на 30% на весенне-летний период эксплуатации. Определите оптимальный показатель установленной мощности солнечной электростанции. Выполните оценку энергетического потенциала электростанции. Оцените возможность дополнительной продажи электроэнергии для соседних семей. Рассчитайте основные инвестиционные показатели СЭС. Докажите или дайте опровержение насчет экономической целесообразности строительства СЭС.

8. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 02.03.2021 года №299 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ в части определения особенностей правового регулирования отношений по функционированию объектов микрогенерации» частным лицам

было разрешено строить на своей территории солнечные электростанции с установленной мощностью до 15 кВт и возможностью последующей продажи для других потребителей электроэнергии. На территории с. Ытык-Кюель владелец земельного участка планирует построить у себя солнечную электростанцию микромощности. У него есть семья, которая состоит из 2 человек. Кроме того, по соседству проживают 3 семьи по 6 человека в каждой. Населенный пункт отличается высокой степенью запыленности среды и средними показателями снегового покрова, и сезонными лесными пожарами. Однако хозяин электростанции готов обеспечить своевременную очистку ФСП в неделю 1 раз и планирует обеспечить электроэнергией свою семью на 50% на весенне-летний период эксплуатации. Определите оптимальный показатель установленной мощности солнечной электростанции. Выполните оценку энергетического потенциала электростанции. Оцените возможность дополнительной продажи электроэнергии для соседних семей. Рассчитайте основные инвестиционные показатели СЭС. Докажите или дайте опровержение насчет экономической целесообразности строительства СЭС.

9. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 02.03.2021 года №299 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ в части определения особенностей правового регулирования отношений по функционированию объектов микрогенерации» частным лицам было разрешено строить на своей территории солнечные электростанции с установленной мощностью до 15 кВт и возможностью последующей продажи для других потребителей электроэнергии. На территории с. Океемовко владелец земельного участка планирует построить у себя солнечную электростанцию микромощности. У него есть семья, которая состоит из 3 человек. Кроме того, по соседству проживают 2 семьи по 3 человека в каждой. Населенный пункт отличается высокой степенью запыленности среды и

средними показателями снегового покрова, и сезонными лесными пожарами. Однако хозяин электростанции готов обеспечить своевременную очистку ФСП в неделю 1 раз и планирует обеспечить электроэнергией свою семью на 30% на весенне-летний период эксплуатации. Определите оптимальный показатель установленной мощности солнечной электростанции. Выполните оценку энергетического потенциала электростанции. Оцените возможность дополнительной продажи электроэнергии для соседних семей. Рассчитайте основные инвестиционные показатели СЭС. Докажите или дайте опровержение насчет экономической целесообразности строительства СЭС.

10. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 02.03.2021 года №299 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ в части определения особенностей правового регулирования отношений по функционированию объектов микрогенерации» частным лицам было разрешено строить на своей территории солнечные электростанции с установленной мощностью до 15 кВт и возможностью последующей продажи для других потребителей электроэнергии. На территории с. Уус-Кюель владелец земельного участка планирует построить у себя солнечную электростанцию микромощности. У него есть семья, которая состоит из 4 человек. Кроме того, по соседству проживают 2 семьи по 3 человека в каждой. Населенный пункт отличается высокой степенью запыленности среды и средними показателями снегового покрова, и сезонными лесными пожарами. Однако хозяин электростанции готов обеспечить своевременную очистку ФСП в неделю 1 раз и планирует обеспечить электроэнергией свою семью на 45% на весенне-летний период эксплуатации. Определите оптимальный показатель установленной мощности солнечной электростанции. Выполните оценку энергетического потенциала электростанции. Оцените возможность дополнительной продажи электроэнергии для соседних семей. Рассчитайте основные инвестиционные показатели СЭС. Докажите или

дайте опровержение насчет экономической целесообразности строительства СЭС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уважаемый студент, Вы изучили учебное пособие в области солнечной энергетики в условиях Севера и Арктики с учетом большинства существующих требований и стандартов. В настоящий момент Вы можете выполнить обзор существующих технологий в области гелиоэнергетики.

При рабочей деятельности в энергетических предприятиях, организациях местного самоуправления или исполнительных органах государственной власти рекомендуется применять существующие нормативно-правовые и нормативно-технические акты.

При составлении презентации или расчетов показателей технико-экономического обоснования внедрения гелиоэнергетики по определенному проекту рекомендуется применение лицензированных программ MS Office Power Point (для презентаций), Splan 7.0 (для составления электрических схем), MS Office Project или Gantt Project (для составления дорожных карт проекта) и др.

Желаю Вам успехов в учебной и рабочей деятельности в сфере энергетики.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование функционирования фотоэлектрической установки в условиях облачной погоды на территории Севера / Н. П. Местников, П. Ф. Васильев, Г. И. Давыдов [и др.] // iPolytech Journal. – 2022. – Т. 26. – № 1. – С. 81-91. – DOI 10.21285/1814-3520-2022-1-81-91. – EDN EJLZDJ.
2. Васильев, П. Ф. Исследование функционирования фотоэлектрической солнечной установки в условиях лесных пожаров на территории Северной части Дальнего Востока России / П. Ф. Васильев, Н. П. Местников // Международный технико-экономический журнал. – 2021. – № 4. – С. 25-34. – DOI 10.34286/1995-4646-2021-79-4-25-34. – EDN JAVJTH.
3. Местников, Н. П. Разработка способа защиты фотоэлектрических солнечных установок от поверхностного загрязнения в условиях Севера / Н. П. Местников // Международный технико-экономический журнал. – 2021. – № 4. – С. 16-24. – DOI 10.34286/1995-4646-2021-79-4-16-24. – EDN KHHSLR.
4. Местников, Н. П. Разработка системы математического моделирования работы объектов солнечной энергетики в условиях Севера / Н. П. Местников, Н. С. Бурянина, П. Ф. Васильев // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2021. – Т. 6. – № 2(24). – С. 81-85. – EDN HFYAAE.
5. Исследование возможности применения фотоэлектрических солнечных установок внутри купольного строения в условиях Севера / Н. П. Местников, П. Ф. Васильев, Г. И. Давыдов [и др.] // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2021. – Т. 25. – № 4(159). – С. 435-449. – DOI 10.21285/1814-3520-2021-4-435-449. – EDN RTEGZB.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021660383 Российская Федерация. Программа расчета установленной мощности солнечной электростанции для питания нефтеперерабатывающего завода в условиях Арктики : № 2021619651 : заявл. 22.06.2021 : опубл. 25.06.2021 / Н. П. Местников, П. Ф. Васильев ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова". – EDN RTDAQJ.

7. Местников, Н. П. Исследование влияния резко-континентального климата Якутии на функционирование монокристаллических панелей / Н. П. Местников, П. Ф. Васильев // Актуальные вопросы теплофизики, энергетики и гидрогазодинамики в условиях Арктики : Тезисы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 85-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки РФ и ЯАССР, д. т. н., профессора Э. А. Бондарева, Якутск, 12–17 июля 2021 года. – Киров: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2021. – С. 164-166. – EDN DMKKXE.

8. Васильев, П. Ф. Исследование влияния резко-континентального климата Якутии на функционирование солнечных панелей / П. Ф. Васильев, Н. П. Местников // Международный технико-экономический журнал. – 2021. – № 1. – С. 57-64. – DOI 10.34286/1995-4646-2021-76-1-57-64. – EDN JGKJPA.

9. Местников, Н. П. Разработка гибридных систем электроснабжения для энергоснабжения удаленных потребителей в условиях Севера и Арктики / Н. П. Местников, П. Ф. Васильев, Ф. Х. Альхадж // Международный технико-экономический журнал. – 2021. – № 1. – С. 47-56. – DOI 10.34286/1995-4646-2021-76-1-47-56. – EDN EGIGFP.

10. Местников, Н. П. Разработка математического моделирования по оценке энергоэффективности ветро-солнечных электростанций в условиях Севера / Н. П. Местников // Современная техника и технологии в электроэнергетике и на транспорте: задачи, проблемы, решения : сборник трудов V Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов, Челябинск, 25 февраля 2021 года. – Челябинск: Южно-Уральский технологический университет, 2021. – С. 185-191. – EDN BPEXLO.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

№ варианта	Населенный пункт
1.	Верхняя Амга
2.	Кутана
3.	Угоян
4.	Улуу
5.	Чагда
6.	Саскылах
7.	Юрюнг-Хая
8.	Абый
9.	Белая Гора
10.	Кенг-Кюель
11.	Кубергене
12.	Кюсюр
13.	Найба
14.	Намы
15.	Сиктях
16.	Таймылыр
17.	Алысардах
18.	Арылах
19.	Барылас
20.	Батагай

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

№	Населенный пункт	Выработка э/э, тыс. кВт*ч	ОШ, тыс. кВт*ч	Потребление ДТ, т.н.т	Удельный расход ДМ, гр/кВт*ч
1.	Верхняя Амга	16,255	15,936	9,791	12,37
2.	Кутана	687,413	681,708	202,641	3,35
3.	Угоян	350,393	344,867	104,278	2,83
4.	Улуу	485,663	480,216	154,051	3,57
5.	Чагда	455,146	453,166	128,456	3,34
6.	Саскылах	7391,541	7004,498	1837,225	2,99
7.	Юрюнг-Хая	3451,602	3347,223	857,230	1,59
8.	Абый	1073,381	1056,486	287,076	1,43
9.	Белая Гора	8298,609	8082,201	2069,717	3,86
10.	Кенг-Кюель	420,310	392,684	130,820	3,10
11.	Кубергене	847,600	840,640	237,149	3,80
12.	Кюсюр	3599,000	3218,060	874,469	5,90
13.	Найба	1040,754	975,306	301,871	2,07
14.	Намы	837,891	808,653	247,950	2,58
15.	Сиктях	300,290	273,243	90,024	3,88
16.	Таймылыр	1742,769	1621,539	494,004	7,53
17.	Алысардах	87,744	85,763	32,520	47,157
18.	Арылах	879,714	875,791	315,280	457,157
19.	Барылас	93,366	91,099	32,181	46,662
20.	Батагай	21645,139	20673,659	5350,053	7757,580

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Вид источника	Форма описания
Журнальные статьи	Автор. Статья / Авторы // Журнал. – Год. – Номер. – Страницы размещения статьи. Если над статьей работало более 4 человек, то в заглавии один из них не упоминается.
Монографии	Автор. Название. / Авторы – Номер. – Город и издательство, год выпуска. – Страницы, на которых размещена работа. Разрешается не использовать знаки тире при оформлении данного описания, а обходиться лишь точками для разделения отдельных частей. Если при написании использовались труды других авторов, то их можно упомянуть в общем перечислении, либо дописать в квадратных скобках в качестве отдельной части.
Авторефераты	Автор. Название работы: (регалии автора). – Город, год издания. – Количество страниц.
Диссертации	Автор. Название: (после двоеточия можно указать статус работы и регалии автора). – Город, год издательства. – Страницы, на которых размещена работа или общее количество страницы.
Обзоры (аналитика)	Название / Автор. – Город: Издательство, год выпуска. – Количество страниц.
Патенты	Патент РФ Номер, дата выпуска
	Авторы. Название // Патент России Номер, год. Номер бюллетеня.
Материалы конференций	Название. Тема конференции, Город, год выпуска. Количество страниц.
	Автор. Название // Тема конференции (Место и дата проведения) – Город, год выпуска. – Страницы, на которых напечатана работа, либо их количество.
Интернет-документы	URL, дата обращения к ресурсу.
	Название работы / Автор. URL (дата обращения по ссылке).
Учебники	Автор. Название / Авторы. – Город: Издательство, год выпуска. – Количество страниц. При авторстве 4-х и более человек оформление производится аналогично журнальным статьям.
Учебные пособия	Название / (Авторы работ) // Редактор. – Город: Издательство, год выпуска. – Количество страниц.
Словари	Автор. Название / Авторы. – Город: Издательство, год выпуска. – Количество страниц.

Учебное издание

Местников Николай Петрович

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА И АРКТИКИ

**Учебное пособие для лекционных и практических занятий
по дисциплине «Общая энергетика» и факультативу «Основы энергосбережения
и ресурсоэффективности в условиях Севера»**

Выпускается в авторской редакции

Дата подписания к использованию 13.05.22. Электронное издание.

Объем 3,0 Мб. Тираж 10 дисков. Заказ № 92.

Минимальные системные требования:

процессор с тактовой частотой 1,3 Гц и выше, оперативная память 128 Мб,

операционные системы: Microsoft Windows XP/Vista/7/8/10,

ОС MAC OS версии 10,8.

Издательский дом Северо-Восточного федерального университета,
677891, г. Якутск, ул. Петровского, 5. E-mail: izdat-svfu@mail.ru

Изготовлено с готового оригинал-макета в Издательском доме СВФУ