

описанных ранее методов проходки скважин, где разрушенная порода выносится на поверхность, раскатчики при проходке в сжимаемых грунтах вдавливают ее в стенки скважины, существенно уплотняя их. Это позволяет получить устойчивую полость, в которой могут проложены коммуникации различного назначения. Значительное уплотнение грунта вокруг скважины вдоль трассы может оказать негативное влияние на параллельные коммуникации, если они проложены в непосредственной близости от пути движения раскатчика.

Протаскивание нового трубопровода в старый наиболее перспективно в тех случаях, когда требуется полная замена трубопровода, но при этом необходимо учитывать, чтобы его пропускная способность обеспечивала потребителей необходимым расходом.

В практике применяется метод разрушения старых труб по трассе между двумя колодцами с протаскиванием в освобождающееся пространство новых, как правило, несколько большего диаметра, чем вышедшие из строя.

В настоящее время широкое распространение нашли методы санации трубопроводов путем нанесения цементно-песчаных покрытий (ЦПП) или из полимерных материалов на внутреннюю поверхность восстанавливаемого трубопровода. Полимерное покрытие «Феникс» изготавливается из полиэфирных и нейлоновых нитей, пропитанных полиэтиленом, и является одним из наиболее эффективных мероприятий для восстановления внутренней поверхности изношенных трубопроводов. Этим методом обеспечивается механическая прочность и герметичность.

Список использованных источников:

1. Храменков, С. В., Примин О. Г., Орлов В. А. Бестраншейные методы восстановления трубопроводов. Москва, АСВ, 2002. – 289 с.
2. Храменков, С. В., Примин О. Г., Орлов В. А. Технологии восстановления трубопроводов бестраншейными методами. Москва, АСВ, 2002. – 239 с.

Джумаев А. Я.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И СТАБИЛЬНОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Государственный энергетический институт Туркменистана

Интенсивность поступления солнечной энергии на территории Туркменистана показывает, что страна располагает существенными ресурсами для развития возобновляемой энергетики. Энергетическая эффективность, основные технико-экономические показатели использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), стабильные рабочие характеристики энергетического оборудования и стабильное энергоснабжение потребителей достигаются при комбинированном использовании различных видов источников электрической и тепловой энергии, комплексном ее аккумулировании и при сочетании ВИЭ как между собой, так и с техникой и технологиями традиционной энергетики. При определении эффективности использования комплексных энергосистем на основе ВИЭ в основном необходимо ориентироваться на суммарный экономический и экологический эффект E_c [1]:

$$E_c = E_{\text{экон}} + E_{\text{экол}} , \quad (1)$$

где $E_{\text{экон}}$ – годовой экономический эффект; $E_{\text{экол}}$ – годовой экологический эффект.

Постановлением Президента Туркменистана от 4 декабря 2020 года утверждена Национальная стратегия развития возобновляемой энергетики Туркменистана до 2030 года [2]. Согласно Национальной стратегии планируется реализация следующих мероприятий в разделе Развитие мини- и микроэлектросетей в удаленных районах:

- определение целевых показателей электрификации удаленных районов с использованием автономных систем, мини- и микроэлектросетей;
- разработка нормативных правовых актов, определяющих порядок землеотвода под линии электропередач (опоры линий электропередачи);
- разработка типовых проектов мини- и микроэлектросетей для использования в изолированных районах;
- разработка и производство модульных решений для строительства мини- и микроэлектросетей в изолированных районах;
- разработка упрощенного порядка получения разрешения на строительство мини- и микроэлектросетей в изолированных районах в случае использования типовых проектов и модульных решений;
- определение налоговых льгот, включая льготы на землю, при строительстве мини- и микроэлектросетей в удаленных районах.

Таблица 1 – Технические характеристики солнечного модуля SPR-415-WHT-D

1.	Модель	SPR-415-WHT-D
2.	Технология	Mono-c-Si
3.	$N_{\text{сэ}}$	128 ФЭ
4.	$U_{\text{хх}}$	85,3 В
5.	$I_{\text{кз}}$	6,09 А
6.	$U_{\text{мм}}$	72,9 В
7.	$I_{\text{мм}}$	5,69 А
8.	Максимальная мощность при STC $P_{\text{мм}} = I_{\text{мм}} U_{\text{мм}}$	415 Вт
9.	Допустимое отклонение мощности (%)	± 5 %
10.	$K_{\text{н}}$	-0,32 %/°C
11.	$K_{\text{т}}$	0,057 %/°C
12.	КПД	19,25 %
13.	NOCT (Nominal Operation Cell Temperature)	45,8 °C
14.	$I_{\text{ф}}$	6,0978 А
15.	I_0	$7,1712 \cdot 10^{-13}$ А
16.	А	0,87223
17.	$R_{\text{ш}}$	419,7813 Ом
18.	$R_{\text{п}}$	0,5371 Ом
19.	Длина модуля	2067 мм
20.	Ширина модуля	1046 мм
21.	Площадь модуля	2,16 м ²

Рассмотрим некоторые пилотные проекты энергоснабжения удаленных населенных пунктов. Для строительства фотоэлектрической солнечной станции (ФСС) мощностью 900 кВт в деревне Кирпили Бахерденского этрапа Ахалского велаята были выбраны следующие компоненты системы для базового блока (количество домов 177):

Фотоэлектрические солнечные модули выбраны из базы данных PVsyst [3] и приняты типа SPR-415-WHT-D от производителя Sunpower. Технические характеристики модуля приведены в таблице 1.

Центральным трехфазным инвертором, выбранным из базы данных PVsyst является Bosch ВРТ–С300 из производства Bosch Power Tec. Технические характеристики инвертора приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики инвертора Bosch ВРТ-С300

1.	Номинальная мощность переменного тока	300 кВт
2.	Номинальное напряжение переменного тока	300 В
3.	Минимальное значение напряжения диапазона МРРТ	530 В
4.	Максимальное значение напряжения диапазона МРРТ	800 В
5.	Входное максимальное напряжение	1000 В
6.	Частота	50 Гц
7.	EURO КПД	98,5 %
8.	Максимальный входной ток инвертора	590 А

С учетом предыдущих условий и критериев были рассчитаны следующие параметры выбранных комплектов ФСС.

Абсолютное максимальное напряжение $U_{\text{ФСС.мак}}$ рассчитано при самой низкой рабочей температуре поверхности модуля, которая рассматривается как самая низкая зарегистрированная температура окружающей среды в месте строительства ФСС. Для села Кирпили эта температура составляет -10°C . Таким образом $U_{\text{ФСС.мак}} = 94,85\text{В}$.

Максимальное количество модулей в ряду $n_{\text{ряд}}$ вычисляется с учетом предыдущих условий и критериев. Таким образом, $n_{\text{ряд}} = 10,5$. $U_{\text{ФСС ТММмак}}$ рассчитано при минимальной зимней рабочей температуре поверхности модуля. Зимняя минимальная рабочая температура была найдена при плотности излучения $E = 0 \text{ Вт/м}^2$ и средней минимальной зимней температуре окружающей среды села Кирпили за 10 лет $T_{\text{окр}} = 5^{\circ}\text{C}$. Таким образом, зимняя минимальная рабочая температура поверхности модуля составляет 5°C и $U_{\text{ФСС ТММмак}} = 77,6\text{В}$.

$U_{\text{ФСС ТММмин}}$ рассчитано при летней максимальной рабочей температуре поверхности модуля. Летняя максимальная рабочая температура была найдена при плотности излучения $E = 1200 \text{ Вт/м}^2$ и средней максимальной летней температуре окружающей среды села Кирпили за 10 лет $T_{\text{окр}} = 30^{\circ}\text{C}$. Таким образом, летняя максимальная рабочая температура поверхности модуля составляет 70°C и $U_{\text{ФСС ТММмин}} = 62,4\text{В}$.

Минимальное количество модулей в ряду n_{min} вычисляется с учетом предыдущих условий и критериев. Таким образом, в результате расчетов получим $n_{\text{min}} = 8,5$. Максимальное количество рядов в ФСС $n_{\text{ряд}}$ вычисляется с учетом предыдущих условий и критериев. Таким образом, в результате расчетов получим $n_{\text{ряд}} \leq 97$.

Таблица 3 – Основные характеристики основного базового блока ФСС 300 кВт

1.	Мощность ФСС	300 кВт
2.	Мощность фотоэлектрического модуля	415 Вт
3.	Количество фотоэлектрических модулей	720
4.	Количество фотоэлектрических модулей соединенных последовательно в ряду	10
5.	Количество рядов	72
6.	Площадь фотоэлектрических модулей	1557 м ²
7.	Количество инверторов	1

Расчет и оптимизация были выполнены с использованием программы PVsyst т.к. в этом ПК имеется встроенный модуль, который позволяет оптимизировать количество модулей в каждом ряду, и по количеству рядов на основе выбранных компонентов [3].

В результате расчетов основной базовый блок ФСС мощностью 300 кВт обладает следующими характеристиками, которые представлены в таблице 3.

Использование автономной ФСС в системе электроснабжении для удаленных населенных пунктов в режиме многолетней непрерывной работе предполагает отсутствие периодической подзарядки аккумулятора от внешнего источника. В этом случае фотоэлектрический преобразователь – единственный источник энергии в системе, который при минимуме ее пиковой мощности должен полностью обеспечить электроэнергией автономный объект.

Для определения мощности ФСС необходимо рассчитать общее количество электроэнергии, которое может выработать один солнечный модуль за расчетный промежуток времени. Для расчета потребуется значение солнечной радиации, которое берется в период работы станции, когда солнечная радиация минимальна $E_{мес}$. В случае круглогодичного эксплуатации – это декабрь.

Определив значение солнечной радиации за интересующий нас период и разделив его на 1000, получим так называемое количество пикчасов, т.е. условное время, в течении которого солнце светит как бы с интенсивностью 1000 Вт/м².

Солнечный модуль с мощностью $P_{мод}$ в течении выбранного периода времени производить следующее количество энергии

$$E_{мод} = (k \cdot P_{мод} \cdot E) / 1000, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (2)$$

где E – значение инсоляции за выбранный период, кВт·ч/м²; k – коэффициент, учитывающий поправку на потери мощностей солнечных панелей при нагреве на солнце, а также наклонное падение лучей на поверхность фотоэлектрических преобразователей в течении дня.

Величина k принимается равной 0,5 летом и 0,7 в зимний период. Разница в его значении зимой и летом обусловлена меньшим нагревом панелей и меньшей величиной солнечной инсоляции в зимний период.

Полная мощность панелей ФСС определяется из выражения

$$P_{ФСС} = \left(30 \cdot \frac{E}{E_{мод}}\right) \cdot P_{мод}, \text{ кВт}, \quad (3)$$

где E – среднесуточное потребление электроэнергии объектом электроснабжения, кВт·ч.

В таблице 4 даны среднемесячные дневные суммы солнечной радиации, месячные и суммарные годовые значения солнечной радиации (кВт·ч/м²) для городов и этрапов Ахалского веляята Туркменистана, а также с градацией по различным углам наклона поверхности солнечных панелей относительно горизонтальной поверхности.

Рассмотрим районы Ахалского веляята на предмет возможностей и целесообразности установки солнечных электростанций в частном секторе, а также рассмотрим возможность использования ФСС в населенных пунктах, изолированных от центрального энергоснабжения. В таблице 4 приведены данные среднегодовых значений интенсивности солнечного излучения, падающего на наклонную поверхность солнечной батареи при различных углах наклона к горизонту для районов Ахалского веляята [4].

Определяем по формуле (2) общее количество электроэнергии, которое может выработать один солнечный модуль. Для солнечного модуля с мощностью 415 Вт величина $W_{пан}$ составит 35,029 кВт·ч для Гокдепинского этрапа, 35,3 кВт·ч для Бахерденского этрапа, 35,875 кВт·ч для Тедженского этрапа и 35,607 кВт·ч для г. Ашгабат соответственно (месяц сентябрь).

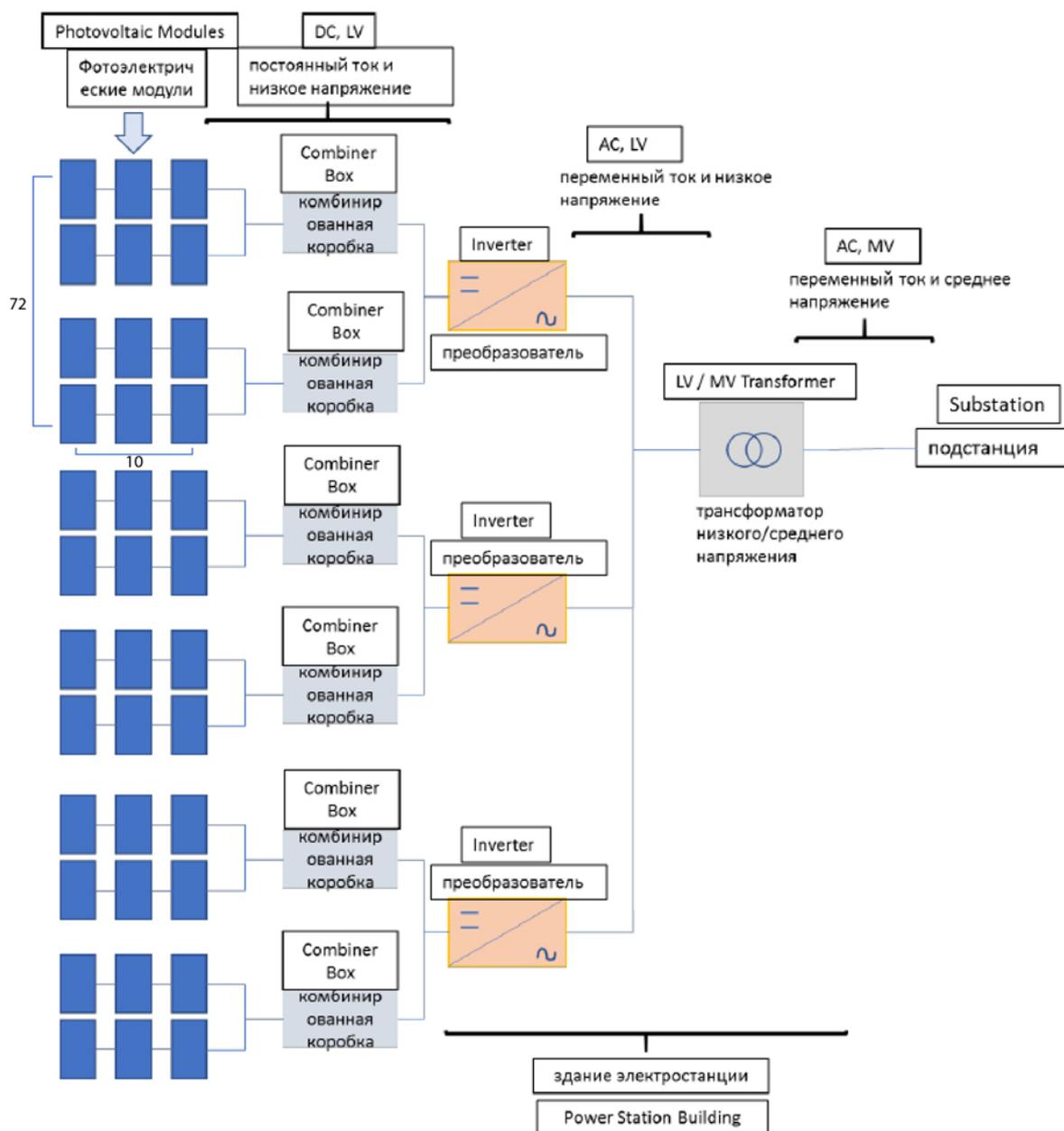


Рисунок 1 – Электрическая схема ФСС

Таблица 4 – Среднегодовая суммарная радиация, поступающая на наклонную поверхность солнечного модуля

Велаят в Туркменистане	Город или этрап	Географические координаты, градусы		Среднегодовая суммарная радиация поступающая на наклонную поверхность солнечного модуля, кВт·ч/м ²	
		Северная широта	Восточная долгота	Угол наклона $\beta = 36^0$	Угол наклона $\beta = 38^0$
Ахал	Гокдепе	38,2	58,0	1803,932	1802,125
	Бахерден	38,4	57,4	1789,887	1785,711
	Ашгабат	37,9	58,3	1825,455	1816,144
	Теджен	37,4	60,5	1844,2	1827,226

При среднесуточном потреблении электроэнергии 2655 кВт·ч (Ахалский велаят Гокдепинский этрап село Кирпили), необходимая полная мощность ФСС рассчитанная по формуле (3) составит около 936 кВт. Для энергоснабжения выбран ФСС с мощностью 900 кВт (таблица 5).

Таблица 5 – Основные характеристики ФСС 900 кВт в селе Кирпили

1.	Мощность ФСС	900 кВт
	Количество основных базовых блоков	3
	Мощность основного базового блока ФСС	300 кВт
2.	Мощность фотоэлектрического модуля	415 Вт
3.	Количество фотоэлектрических модулей	2160
4.	Количество фотоэлектрических модулей соединенных последовательно в ряду	10
5.	Количество рядов	216
6.	Площадь фотоэлектрических модулей	4671 м ²
7.	Количество инверторов	3

Сравним выработку электроэнергии ФСС с необходимым для энергоснабжения сельской местности, т.е. для села Кирпили. Приход солнечной энергии на оптимально ориентированную площадку с углом наклона $\beta = 36^\circ$ на широтах расположения ФСС E_β показан в таблице 4. Потери η_p на ФСС составляют до 25 %, а КПД η_{inv} преобразования из постоянного в переменный ток составляет 98,95 %, принятый КПД η_m солнечного модуля 19,25 %. В этих условиях удельная выработка ФСС определяется по формуле

$$E_{udel,\beta} = E_\beta \cdot \eta_p \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_m \quad (4)$$

В нашем случае удельная выработка ФСС с учетом наклона β в течении года составляет 254,538 кВт·ч/м² год, а ФСС в течении года будет производить 1188950,32 кВт·ч энергии. Если считать, что каждый дом в сутки потребляет 15 кВт·ч энергии, то годовое потребление энергии села Кирпили составит 969075 кВт·ч. Электрическая схема ФСС показана на рисунке 1

Выводы

1. Предлагается методика проектирования фотоэлектрических солнечных станций для энергоснабжения удаленных населенных пунктов.
2. Разработан пилотный проект основного базового блока ФСС 300 кВт.
3. Разработан пилотный проект ФСС с мощностью 900 кВт для обеспечения энергоснабжения населенного пункта Кирпили.
4. Разработанный пилотный проект на базе основного базового блока ФСС 300 кВт позволяет повысить надежность и эффективность системы энергоснабжения.

Список использованных источников:

1. Мхитарян Н. М., Кудря С. О., Яценко Л. В., Шинкаренко Л. Я., Ткаленко М. Д., Будько В. И. Комплексное использование энергии возобновляемых источников // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. №17(139), 2013. P.14-22.
2. Türkmenistanyň Prezidentiniň Karary bilen tassyklanan «Türkmenistanda 2030-njy ýyla çenli gaýtadan dikeldilýän energetikany ösdürmek boýunça Milli Strategiýa. Aşgabat, 2020ý. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2020-nji ýulyň 04-nji dekabrynda çykaran 2007-nji Karary bilen tassyklandy.
3. PVsyst Contextual Help (Built in Software) [электронный ресурс] //URL:<https://files.pvsyst.com/help/>(дата обращения 12.04.2019).

4. Джумаев А. Я. Возможности использования солнечной энергии в регионах Туркменистана. // Вестник Гомельского Государственного технического университета имени П.О. Сухого. Научно-технический журнал. №3/4 (82,83), 2020. С.74-80.

Назаров С. Г., Рахимов М. Р., Якубов М. С.

О ПРИБЛИЖЕННОМ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ В ТЕПЛИЦЕ

Государственный энергетический институт Туркменистана

Предлагается оптимальная математическая модель использования теплоты продуктов сгорания в электростанциях. Горячая вода с температурой от 40 °С до 55 °С, получаемая при вторичном использовании продуктов сгорания с помощью специальной конструкции, может быть использована для обогрева теплиц и помещений [1, см. библиографию]. Предлагаемая в данной работе математическая модель, позволяет построить оптимальную модель процесса установления оптимальной температуры для отопления теплиц.

Рассмотрим одномерную задачу определения оптимальной температуры $u \equiv u(t, x)$ движущейся жидкости по трубе в теплице [1]

$$u_t - au_{x^2} + wu_x + k(t)u = f + f_1, \quad (x, t) \in Q_T, \quad (1)$$

где a – коэффициент теплопроводности, $k(t)$ – коэффициент, характеризующий скорость температуропроводности внешней среды, w – скорость движения жидкости, u – температура жидкости (воды).

Определим начально-граничные условия

$$\begin{cases} u(0, x) = c(x), & x \in (0, l) \\ u(t, 0) = g(t), & u(t, l) = 0, t \in (0, T) \end{cases} \quad (2)$$

где $t \in [0, T]$; $x \in \Omega = (0, l)$, граница $\partial\Omega = S = \{x = 0, x = l\}$, $Q_T = (0, T) \times (0, l)$, $S_T = S \times [0, T]$; $f_1 = f_1(t, x)$ – постоянно действующая сила, учитывающая температуры внешней среды (воздуха, охлаждающей или подогревающей воды, формы и виды защиты теплицы, интенсивности солнечной радиации и другие параметры); $f = f(t, x)$ – регулируемая внешняя сила (например, геометрическая форма трубы, поверхность нагрева специально создаваемой шероховатостью для интенсификации теплоотдачи при турбулентном течении теплоносителя (воды), температура подаваемой воды, и др.), в граничных условиях (2) функции $g(t)$ – например, регулируемая температура подаваемой воды на границе, т. е. в левом конце трубы, др.

В качестве управляющих параметров принимаем функции f, g из ограниченного множества их значений: $-N_1 \leq f(t, x) \leq N_2$, $-N_3 \leq g(t) \leq N_4$. Считается, что скорость w жидкости известна и постоянна [1]. Сформулируем задачу оптимального моделирования процесса теплопередачи. Требуется найти управляющие функции $f(t, x) = f(t, u)$, $g(t) = g(t, u)$, как функции состояния $u = u(t, u)$ и такие, что в конечный момент времени $t = T$ (T – фиксирован) функционал

$$\mathcal{E}[u(T, x)] = \int_0^l [u(T, x) - \psi(x)]^2 dx = \|u_T - \psi\|^2, \quad (u_T = u(T, x); t_0 = 0), \quad (3)$$