

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ДОМЕ

А. Я. Джумаев

Проректор по научной работе, Государственный энергетический институт
Туркменистана, Мары, Туркменистан, a.jumayev.tm@gmail.com

Аннотация

Предлагается разработанные в Государственном энергетическом институте Туркменистана система энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и системы аккумулирования, которые прошли стадию научно-исследовательских работ, частично обеспечены конструкторской документацией и на их основе построен экспериментальный жилой дом с автономным энергоснабжением. Определена эффективность применения в разных климатических зонах Туркменистана ряда систем энергоснабжения на основе ВИЭ. Рассматриваются методы повышения эффективности энергоиспользования фотоэлектрических солнечных станций (ФСС).

Ключевые слова: возобновляемых источников энергии, системы аккумулирования, экспериментальный жилой дом, автономное энергоснабжение, фотоэлектрическая солнечная станция, эффективность энергоиспользования.

RATIONAL USE OF ENERGY IN AN EXPERIMENTAL HOUSE

A. Ya. Jumayev¹

¹ Vice rector, State Energy Institute of Turkmenistan, Mary city, Turkmenistan, a.jumayev.tm@gmail.com

Abstract

The article presents an energy system developed at the State Energy Institute Turkmenistan's based on renewable energy sources (RES) and storage systems, which have passed the stage of scientific research and testing and supplies partially with design documentation and an experimental residential building with an autonomous power supply that is built on their basis. The article also provides evidence in support of the efficiency of the use of several renewable energy-based energy supply systems in different climatic zones of Turkmenistan.

Keywords: renewable energy sources, storage systems, experimental house, autonomous energy supply, photovoltaic solar station, efficiency energy supply systems.

Введение. В Туркменистане в основном используется электроэнергия, вырабатываемая на газотурбинных станциях, работающих на природном газе и возобновляемые источники энергии приобретают все большую актуальность в связи с тем, что традиционные источники ограничены, и их использование

наносит вред окружающей среде. В нашей стране из-за огромного ресурса все большее значение приобретает солнечная энергия, которая может быть использована для получения экологически чистой электрической и тепловой энергии [1–3]. Ограниченное использование ВИЭ связано с дискретностью энергетических потоков – периодичностью поступления и изменчивостью энергетического потенциала, что во многих случаях при их применении создает существенные осложнения и не обеспечивает требуемые параметры энергоснабжения. При автономном энергоснабжении параметры ФСС выбираются для зимнего периода времени, когда поступление солнечного излучения минимальное. При этом возникает проблема неэффективного использования ФСС в летний период времени. Поэтому в некоторых случаях такая необходимость полностью оправдана. В данное время в рамках возобновляемой энергетики имеется целый ряд технических средств и методов решения этой задачи, в том числе за счет использования аккумуляторов электрической энергии. Также возникает вопрос необходимости изучения возможности использования излишка энергии, выработанной ФСС в летнее время для производства водорода, т. к. в настоящее время важным направлением развития возобновляемой энергетики является водородная энергетика, которая занимается решением проблем, связанных с применением водорода в качестве энергоносителя и аккумулирующей среды [4, 5].

Материалы и методы. В Государственном энергетическом институте Туркменистана разработана система энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и системы аккумулирования, которые прошли стадию научно-исследовательских работ, частично обеспечены конструкторской документацией и на их основе построен экспериментальный жилой дом с автономным энергоснабжением и с системой горячего водоснабжения [6–8]. Определена эффективность применения в разных климатических зонах Туркменистана ряда систем энергоснабжения на основе ВИЭ, наиболее перспективная из которых представлена ниже (таблица 1 и рисунок 1).

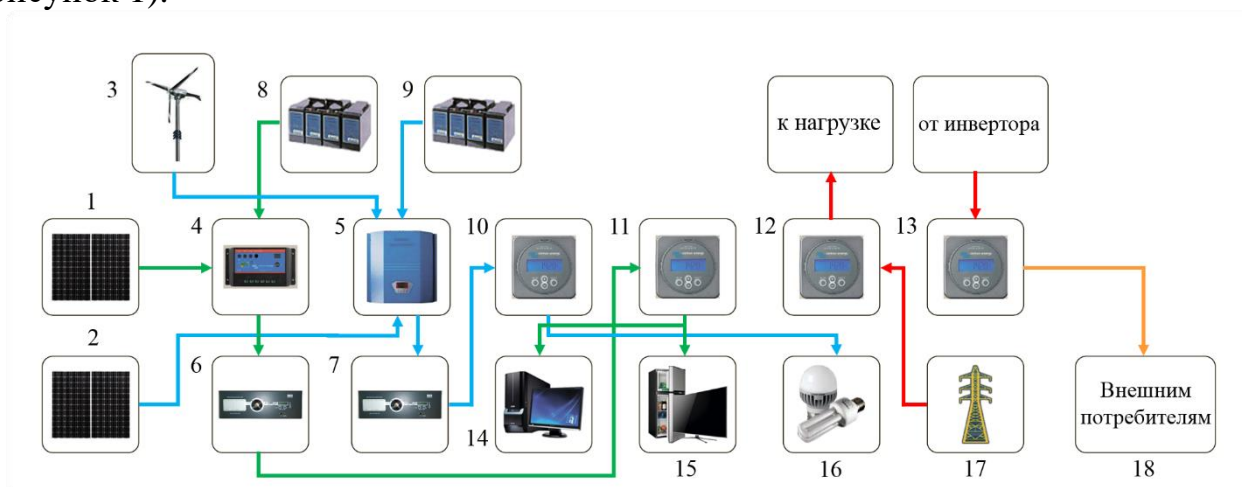


Рисунок 1 – Структурная схема системы энергоснабжения на базе ВИЭ

Таблица 1 – Перечень оборудования, входящего в систему энергоснабжения на базе ВИЭ

Обозначение оборудования на рис.1	Название оборудования	Тип оборудования	Параметры и количества
1	Фотоэлектрическая солнечная станция (ФСС)	Мощность 2 кВт	12 солнечных модулей с мощностью 130 Вт каждый
2			4 солнечных модулей с мощностью 130 Вт каждый
3	Ветровая электрическая станция	Мощность 2 кВт	L-2000
4	Контроллер	LB PWM 01	48 В, 60 А.
5	Гибридный контроллер	Wind/Solar Hybrid Controller	WWS20-48NOO
6	Инвертор1	5000 Вт	HZ, power inverter
7	Инвертор 2	1200 Вт, А power inverter, YGDY	Pure sine wave inverter. DC Input voltage 48V, AC Output voltage 230V, Frequency 50Hz
8	Аккумуляторные батареи (АБ)	С емкостью 200 А•ч, 12 В	4 шт. послед.соед.
9	Аккумуляторные батареи (АБ)	С емкостью 200 А•ч, 12В	4 шт. послед.соед.
10	Счетчики 1 (электроэнергии)	М <i>MAKEL</i>	М 550.2251.RS485 1шт.
11	Счетчики 2 (электроэнергии)	М <i>MAKEL</i>	М 550.2251.RS485 1шт.
12	Счетчики 3 (электроэнергии)	М <i>MAKEL</i>	М 550.2251.RS485 1шт.
13	Счетчики 4 (электроэнергии)	М <i>MAKEL</i>	М 550.2251.RS485 1шт.
14	Бытовое оборудование, компьютер	Персональный компьютер	1шт.
15	Бытовое оборудование, холодильник, телевизор	Холодильник	ORVICA Japan 1шт.
		Телевизор	TOSHIBA, power TV 1шт.
16	Энергосберегающие светильники	125 Вт	2 шт.
	Энергосберегающие светодиодные светильники	24 Вт	8 шт.
17	Центральная система энергоснабжения	Сеть 220В	
18	Внешние потребители	Уличное освещение	

Фотоэлектрическая солнечная станция и ветровая электрическая станция производят электроэнергию, которая распределяется для последующего использования с помощью блока автоматического управления режимами работы системы энергоснабжения (рисунок 1). В первую очередь проводится зарядка аккумуляторных батарей, обеспечивающих питание ламп освещения и бытового оборудования. Экспериментальный жилой дом находится на территории Государственного энергетического института в городе Мары (географические координаты: с. ш. $37,6^0$, в. д. $61,8^0$). Предполагаемые месяцы использования – круглый год, автономный режим, время использования – ежедневно и круглосуточно, место установки солнечного коллектора, ориентированного на юг – на крыше дома с наклоном 36^0 .

Результаты и обсуждение. Проведены исследования влияния климатических условий, т. е. облачной погоды, запыленности воздуха на эксплуатационные параметры фотоэлектрической станции. Низкие энергетические характеристики солнечного излучения в зимнее время требуют завышенных мощностей преобразователей солнечной энергии, что приводит к их неэффективному использованию в летний период, т. к. в летнее время аккумуляторы заряжаются быстро и контроллер отключает процесс их зарядки. Динамика процесса зарядки аккумуляторов в летний период показана на рисунках 2 и 3. Как видно из графиков, в солнечные дни аккумуляторы быстро заряжаются и контроллер отключает процесс их зарядки. В результате эффективность использования ФСС снижается. В графиках показаны подключения нагрузки до 12.00 и после 12.00, что позволяет эффективно использовать ФСС (рисунок 2). На рисунке 3 показано, как быстро заряжаются аккумуляторы в зависимости от потребляемой энергии в ночное время. Экспериментальные данные показали, что при потреблении энергии свыше шести кВт•ч в ночное время на каждом из двух-, четырех- последовательно соединенных аккумуляторах возможно полностью эффективно использовать ФСС.

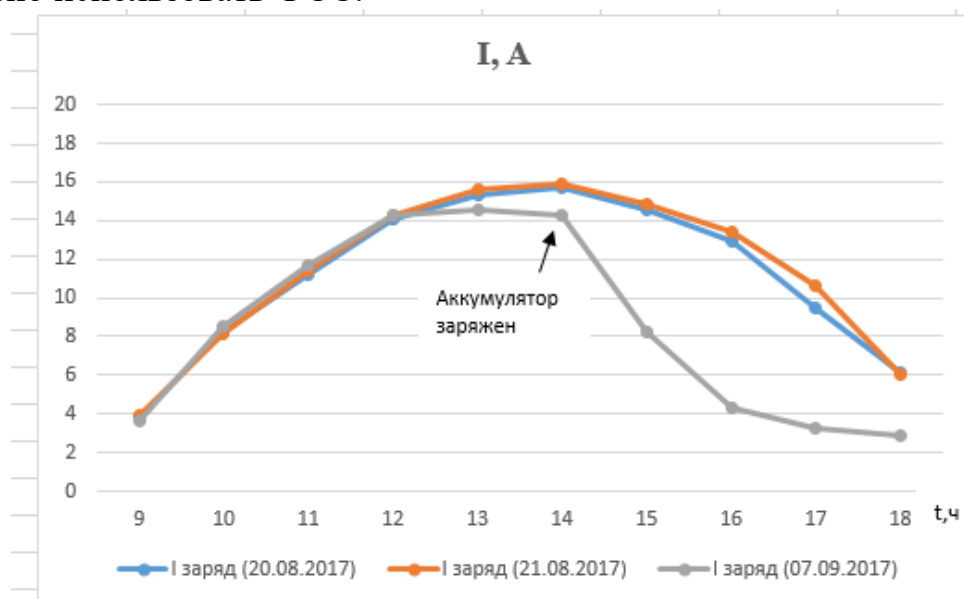


Рисунок 2 – Изменение тока зарядки при подключении нагрузки и без нагрузки

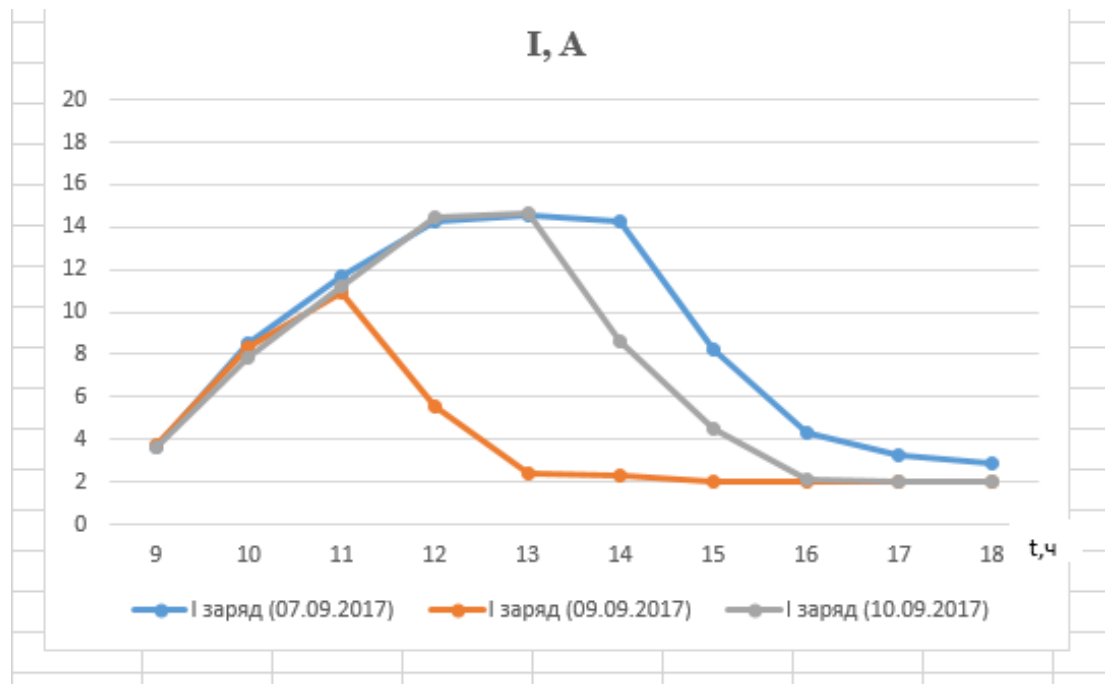


Рисунок 3 – Изменение тока зарядки без нагрузки при различных условиях потребления энергии

Для определения требуемой мощности фотоэлектрических преобразователей целесообразно использовать данные не о полной установленной мощности потребителей электроэнергии объекта электроснабжения P , а данные о среднесуточном потреблении электроэнергии E .

Использование автономной ФСС в децентрализованном электроснабжении в режиме многолетней непрерывной работы предполагает отсутствие периодической подзарядки АБ 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 одна солнечная панель за расчетный промежуток времени. Для расчета потребуется значение солнечной радиации, которое берется в период работы станции, когда солнечная радиация минимальна $E_{мес}$. В случае круглогодичной эксплуатации – это декабрь. Часто производится вычисление для сентября.

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

Солнечная панель мощностью $P_{пан}$ в течении выбранного периода времени выработает следующее количество энергии:

$$E_{пан} = (k \cdot P_{пан} \cdot E) / 1000, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (1)$$

где E – значение инсоляции за выбранный период, кВт·ч/м²; k – коэффициент, учитывающий поправку на потерю мощности 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

$$P_{ФСС} = (30 \cdot E / E_{пан}) \cdot P_{пан}, \text{ кВт} \quad (2)$$

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

В таблице 2 даны среднемесячные суммы солнечной радиации и суммарные годовые значения солнечной радиации (кВт·ч/м²) для этрапов Ахалского веляята Туркменистана, в частности Гокдепинского и Бахерденского этрапов, а также выработка солнечной панели с углом наклона поверхности относительно горизонтальной поверхности $\beta = 36^\circ$ южной ориентации [9–10]. Кроме этого в таблице 2 приведены выработка панели с мощностью $P = 415$ Вт, рассчитанная по формуле (1), полная мощность ФСС, рассчитанная по формуле (2), а также количество панелей с мощностью $P = 415$ Вт в ФСС, месячная выработка ФСС и потребление электроэнергии в течении месяца в селах, где планируются установка ФСС в качестве системы автономного электроснабжения. Полученные данные (таблица 2 и рисунок 4) показывают, что целесообразно выбрать мощности ФСС равными 1200 кВт для села Бори Гокдепинского этрапа и 900 кВт для села Кирпили Бахерденского этрапа.

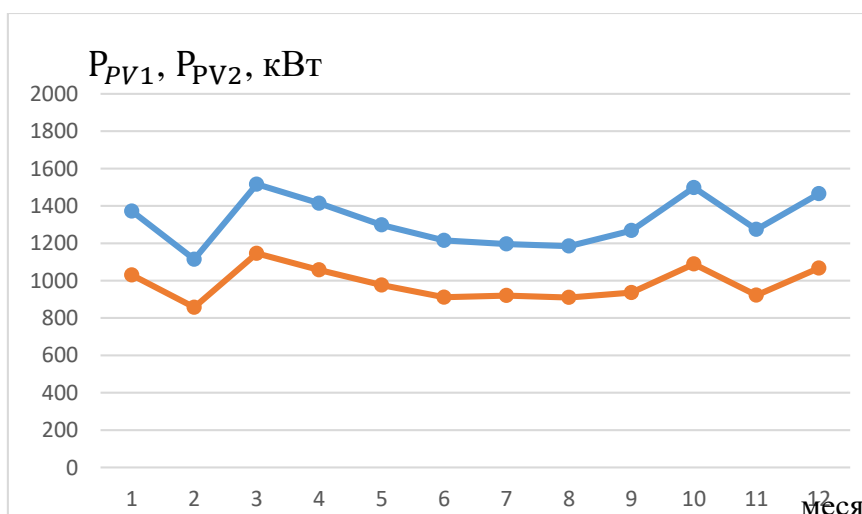


Рисунок 4 – Мощности ФСС по месяцам

Сравним выработку электроэнергии ФСС с необходимым для энергоснабжения сельской местности, т. е. для села Кирпили и Бори. Приход

с
о
л
н
е
ч
н
о
й

$$E_{удел, \beta} = E \beta \cdot \eta_p \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_m. \quad (3)$$

Таблица 2 – Выработка ФСС за месяц и месячное потребление электроэнергии

Месяц	Кол-во дней	Коэф-циент k	Село Бори Гокделинского этрапа, кол.домов 238, суточное потребление 3570 кВт·ч, β=36°				Село Кирпили Бахерденского этрапа, кол.домов 177, суточное потребление 2655 кВт·ч, β=36°							
			E _{β,месц} , кВт·ч/м ²	Выработ-ка панели (кВт·ч) с мощностью P _{пан} = 415Вт	Мощ-ность ФСС, кВт	Кол-во панел ей	Выра-ботка ФСС, кВт·ч	Потребл. электро-энергии, кВт·ч	E _{β,месц} , кВт·ч/м ²	Выработ-ка панели (кВт·ч) с мощностью P _{пан} = 415Вт	Мощ-ность ФСС, кВт	Кол-во панел ей	Выра-ботка ФСС, кВт·ч	Потребл. электро-энергии, кВт·ч
1	31	0,7	115,234	33,475	1372,01	3306	110668	110670	114,143	33,159	1030,08	2482	82300	82305
2	28	0,7	128,187	37,238	1114,01	2684	99946	99960	123,822	35,97	857,69	2066	74314	74340
3	31	0,5	145,957	30,286	1516,48	3654	110665	110670	143,604	29,798	1146,27	2762	82302	82305
4	30	0,5	151,46	31,428	1414,23	3407	107075	107100	150,688	31,268	1057,14	2547	79639	79650
5	31	0,5	170,48	35,375	1298,32	3128	110653	110670	168,587	34,982	976,4	2352	82277	82305
6	30	0,5	176,291	36,58	1215,05	2927	107069	107100	174,81	36,273	911,28	2195	79619	79650
7	31	0,5	185,055	38,399	1196,07	2882	110665	110670	178,731	37,087	920,99	2219	82296	82305
8	31	0,5	186,759	38,752	1185,18	2855	110636	110670	180,699	37,495	910,96	2195	82301	82305
9	30	0,5	168,845	35,035	1268,63	3056	107066	107100	170,123	35,3	936,4	2256	79636	79650
10	31	0,5	147,688	30,645	1498,71	3611	110659	110670	151,099	31,353	1089,42	2625	82301	82305
11	30	0,7	120,066	34,879	1274,31	3070	107078	107100	123,404	35,849	922,06	2221	79620	79650
12	31	0,7	107,91	31,348	1465,1	3530	110658	110670	110,178	32,007	1067,16	2571	82289	82305
ГОД	365		1803,932				1302838	1303050	1789,887				968894	969075

Таблица 3 – Выработка ФСС за выбранный период и потребление электроэнергии

Выбранный период	Село Бори Гокдешинского этрапа, кол.домов 238, суточное потребление 3570 кВт•ч, $\beta=36^0$						Село Кирилли Бахерденского этрапа, кол.домов 177, суточное потребление 2655 кВт•ч, $\beta=36^0$					
	Мощность ФСС, кВт	Колич. панелей	Площадь ФСС, м ²	Выработка ФСС, кВт•ч	Потребл. электро-энергии, кВт•ч	Разница (Излишка), кВт•ч	Мощность ФСС, кВт	Колич. панелей	Площадь ФСС, м ²	Выработка ФСС, кВт•ч	Потребл. электро-энергии, кВт•ч	Разница (Излишка), кВт•ч
декабрь	1465,1	3530	7624	1964987	1303050	661937	1067,16	2571	5553	1419994	969075	450919
июль	1196,07	2882	6225	1604275	1303050	301225	920,99	2219	4793	1225580	969075	256505
сентябрь	1268,63	3056	6600	1701133	1303050	398083	936,4	2256	4872	1246015	969075	276940
ОПТИМ	1200	2880	6220	1603182	1303050	300112	900	2160	4665	1192993	969075	223918

|

В нашем случае удельная выработка ФСС с учетом наклона β в течении года составляет 257,71 кВт·ч/м² год и 255,7 кВт·ч/м² год для населенных пунктов Бори и Кирпили соответственно, а ФСС различной мощностью в течении года будет производить электроэнергии показанной в таблице 3. Если считать, что каждый дом в сутки потребляет 15 кВт·ч энергии, то годовое потребление энергии села Бори составит 1303050 кВт·ч. и для села Кирпили составит 969075 кВт·ч. Излишки выработанной электроэнергии приведены в таблице 3.

Заключение.

1. Предлагается проект рационального использования энергии в экспериментальном жилом доме с автономной системой энергоснабжения.

2. Разработан пилотный проект системы автономного энергоснабжения на базе фотоэлектрической солнечной станции с мощностью 2 кВт и ветровой станции с мощностью 2 кВт.

3. Экспериментальные данные показали, что при потреблении энергии свыше 6 кВт·ч в ночное время на каждом из двух, четырех последовательно соединенных аккумуляторов позволяет полностью эффективно использовать ФСС.

4. Разработан пилотный проект ФСС с мощностью 1200 кВт и 900 кВт для обеспечения энергоснабжения населенных пунктов Бори и Кирпили.

5. Разработанный пилотный проект на базе ФСС позволяет повысить надежность и эффективность энергоиспользования системы энергоснабжения для удаленных населенных пунктов.

Список цитированных источников

1. Türkmenistanyň Prezidentiniň Karary bilen tassyklanan “Howanyň üýtgemegi barada Türkmenistanyň Milli strategiýasy (rejelen görnüşi). Aşgabat, 2019ý. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2019-njy ýulyň 23-nji sentýabrynda çykaran 1415-nji Karary bilen tassyklanyldy.

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 tassyklanyldy.

3. Gaýtadan dikeldilýän energiýa çeşmeleri hakynda Türkmenistanyň Kanuny. Aşgabat şäheri. 2021-nji ýulyň 13-nji marty.

4. Охоткин, Г. П. Методика расчета мощности солнечных станций. / Г. П. Охоткин // Вестник Чувашского университета. – № 3, 2013. – С.222–230.

5. Сурков, М. А. Оценка целесообразности применения фотоэлектрических установок для электроснабжения удаленных потребителей в климатических условиях Севера Российской Федерации [Электронный ресурс]. / М. А. Сурков [и др.] // Интернет-журнал «Науковедение» Том 8, № 4 (2016). Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/97TVN416.pdf>.

6. Nazarow, S. Türkmenistanyň welaýatlarynda Günüň energiýasyny ulanmak mümkinçiligi / S. Nazarow, A. Jumaýew // Türkmenistanda ylym we tehnika, 2019. № 6. С. 34–39.
7. Мхитарян, Н. М. Комплексное использование энергии возобновляемых источников / Н. М. Мхитарян [и др.] // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. № 17 (139), 2013. P. 14–22.
8. 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.
9. Jumayev, A. Distribution of solar energy potential on territory of Turkmenistan. / A. Jumayev, //IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sciences 1010 (2022). 012157 doi:10.1088/1755-1315/1010/1/012157.
10. Jumayev A., Atayev E. Pilot projects of industrial photovoltaic solar stations / A. Jumayev, E. Atayev // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sciences 979 (2022). 012142 doi:10.1088/1755-1315/979/1/012142.