

ПИЛОТНЫЙ ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА НА ТЕРРИТОРИИ ТУРКМЕНИСТНА

А. Я. Джумаев

Государственный энергетический институт Туркменистана

Достижение целей Парижского соглашения по климату, снижение выбросов парниковых газов и сокращение объема потребления ископаемых углеродных топлив стимулирует развитие водородной энергетики. Водород используется для накопления, хранения, транспортировки энергии и является перспективным энергоносителем для развития низкоуглеродной экономики, снижающим антропогенное влияние на изменение климата.

Основными преимуществами водорода являются:

- отсутствие выбросов углекислого газа при его использовании в качестве энергоносителя;
- высокая энергоемкость (в три раза выше, чем у природного газа);
- возможность его получения из различных источников, включая воду, углеводороды, органические материалы.

Ожидается, что в процессе глобальной трансформации мировой энергетической системы (энергетическом переходе), связанной, в первую очередь, с декарбонизацией и низкоуглеродным развитием, ключевую роль будет играть «зеленый» водород. При этом «зеленый» водород рассматривается не только в качестве энергоносителя для сферы конечного потребления, но и в качестве средства хранения и накопления энергии, а также балансировки нагрузки энергосетей (с учетом нестабильности потребления электроэнергии и ее генерации при использовании переменных возобновляемых источников энергии) [1].

Постановлением Президента Туркменистана от 28 января 2022 года была принята Дорожная карта по развитию международного сотрудничества Туркменистана в области водородной энергии на 2022–2023 годы. В рамках этой Дорожной карты планируется реализовать 18 проектов и мероприятий, в частности разработать Национальную стратегию развития водородной энергетики в Туркменистане [2].

Цель пилотного проекта:

- Проанализировать современное состояние и перспективы развития водородной энергетики.
- Рассмотреть возможность реализации пилотного проекта по производству водорода на территории Туркменистана.
- Выбрать подходящее место для строительства объекта.
- Предусмотреть использование возобновляемых источников для снабжения потребителей объекта электроэнергией.
- Изучить существующие методы получения водорода с целью выбора подходящего для использования на территории Туркменистана.
- Рассчитать объемы электроэнергии, вырабатываемой выбранным источником и потребляемой элементами системы получения водорода.
- Определить стоимость реализации пилотного проекта и срок его окупаемости.

Туркменистан обладает большим потенциалом развития водородной энергетики. В пилотном проекте рассматривается строительство двух фотоэлектрических солнечных станций (ФСС) установленными мощностями 100 МВт каждый в Марыйском и Лебапском велаятах в населенных пунктах Серхетабат и Керки. Они могут стать источниками энергии для производства «зеленого» водорода. Если использовать электролизеры для этой цели совместно с ФСС, то нет необходимости в применении специального оборудования как для преобразования вырабатываемого тока (генераторы, инверторы), так и для синхронизации с общей электросистемой. Сырьем для получения водорода с помощью электролизерной установки помимо электрической энергии является вода. Эффективность и надежность работы электролизера напрямую зависит от степени ее очистки. В технологическом процессе получения водорода возможно использование непересной воды, для чего необходимы использовать опреснительные установки. Это может повысить стоимость производства водорода. В среднем влияние мероприятий по подготовке воды оцениваются в размере 1 доллар США / м³ или около 0,01 доллара США / кг водорода. Процесс электролиза в идеальном случае для получения 1 кг водорода требует 9 кг воды. В расчетах были применены эти данные.

Методы используемые в пилотном проекте:

– Для достижения поставленных целей использовался метод расчета объема электроэнергии, вырабатываемой источником, а также метод определения стоимости реализации пилотного проекта и окупаемости по данным из открытых источников.

– В работе выполнено моделирование объекта, состоящего из источника электроэнергии – фотоэлектрической солнечной станции установленной мощности 100 МВт, системы получения водорода – электролизера мощностью 50 МВт, системы опреснения воды – установки обратного осмоса с производительностью 80 тонн воды в сутки.

– Были анализированы электролизеры различных типов.

Результаты и выводы

Для оценки перспективы совместной работы источников солнечной энергии и электролизера для производства водорода на территории Туркменистана в качестве источника электрической энергии были выбраны ФСС установленными мощностями 100 МВт каждый в Марыйском и Лебапском велаятах в населенных пунктах Серхетабат и Керки. Принято, что потребителями ФСС являются только электролизер и опреснительная установка. В расчетах использовали технические данные электролизера с мощностью 1 МВт (таблица 1). Был выполнен расчет объема электрической энергии, вырабатываемой такой ФСС в течении года:

$$E = E_{udel,\beta} \cdot S = \sum_{i=1}^{12} E_{i,\beta} \cdot \eta_p \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_m \cdot S, \quad (1)$$

где E – выработка ФСС в год; $E_{udel,\beta}$ – удельная выработка ФСС с учетом наклона β в течении года; S – площадь ФСС; $E_{i,\beta}$ – приход солнечной энергии на оптимально ориентированную площадку с углом наклона $\beta = 36^\circ$ на широтах расположения ФСС в i -ом месяце. Потери η_p на ФСС составляет до 25 %, а КПД η_{inv} преобразования из постоянного в переменный ток составляет 98,8 %, принятый КПД η_m солнечного модуля 19,2 %.

Таблица 1 – Технические характеристики электролизерной установки с мощностью 1 МВт

Технические характеристики	Значение и единица измерения
Номинальная мощность	1 МВт
Производительность по водороду	300 Нм ³ /ч, 27 кг/ч
Регулирование производительности по водороду	15-100 %
Удельный расход электроэнергии	4,4 кВт·ч/Нм ³ , 48,88 кВт·ч/кг
Давление водорода на выходе	30–200 кгс/см ²
Удельная плотность водорода	0,08988 кг/Нм ³
Нижняя теплотворная способность (НТС)	119,96 МДж/кг (т. е. 33,32 кВт·ч/кг или 3,00 кВт·ч/Нм ³)

В ходе вычислений были приняты следующие допущения:

– количество часов работы электролизера с установленной максимальной производительностью в день: январь, февраль, декабрь – 3 часа, март, апрель, май, сентябрь, октябрь, ноябрь – 5 часов, июнь, июль, август – 6 часов;

– количество суммарной солнечной энергии поступающая на поверхность солнечной панели, расположенной на населенном пункте под углом наклона

$\beta = 36^0$ южной ориентации: Атамурат (Керки), Лебапский веляят: 1919,328 кВт·ч/м² год; Серхетабат (Кушки), Марыйский веляят: 1892,972 кВт·ч/м² год.

Мощность электролизера была выбрана исходя из того, что ФСС будет покрывать его потребности в электроэнергии, следовательно, производство водорода будет зависеть от выработки и режима работы ФСС. Исходя из этого, было решено выбрать электролизер мощностью 50 МВт.

Используя данные, приведенные в таблице 1 была рассчитана масса водорода (рисунок 2), получаемая выбранным электролизером соответствующей мощностью:

$$m = \sum_{i=1}^{12} m_i = \sum_{i=1}^{12} \eta_{el} \cdot t_i \cdot N_i, \quad (2)$$

где m – масса полученного водорода в течении года; m_i – масса водорода, получаемая электролизером в i -ом месяце; η_{el} – эффективность работы электролизера; t_i – количество часов работы электролизера с установленной максимальной производительностью в день; N_i – количество дней в месяц.

Определены баланс энергии, вырабатываемой и потребляемой элементами системы получения водорода (рисунок 1).

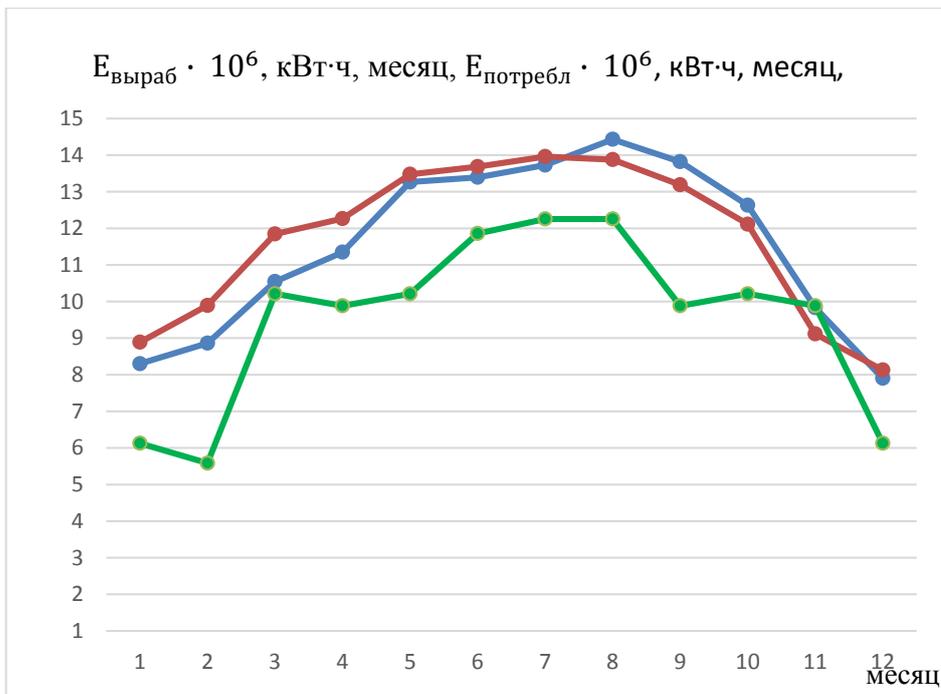


Рисунок 1 – Вырабатываемая электрическая энергия ФСС и потребляемая энергия электролизера (красн. син. – выраб. энерг. ФСС, зел. – потребл. энерг. электролизера)

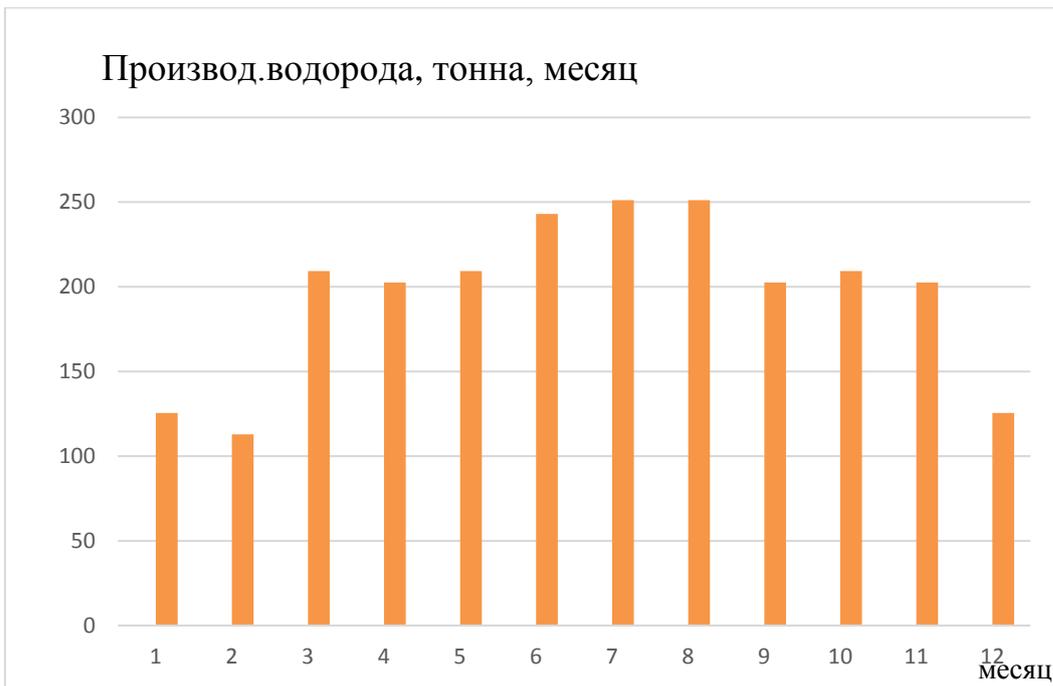


Рисунок 2 – Производство водорода в течении месяца

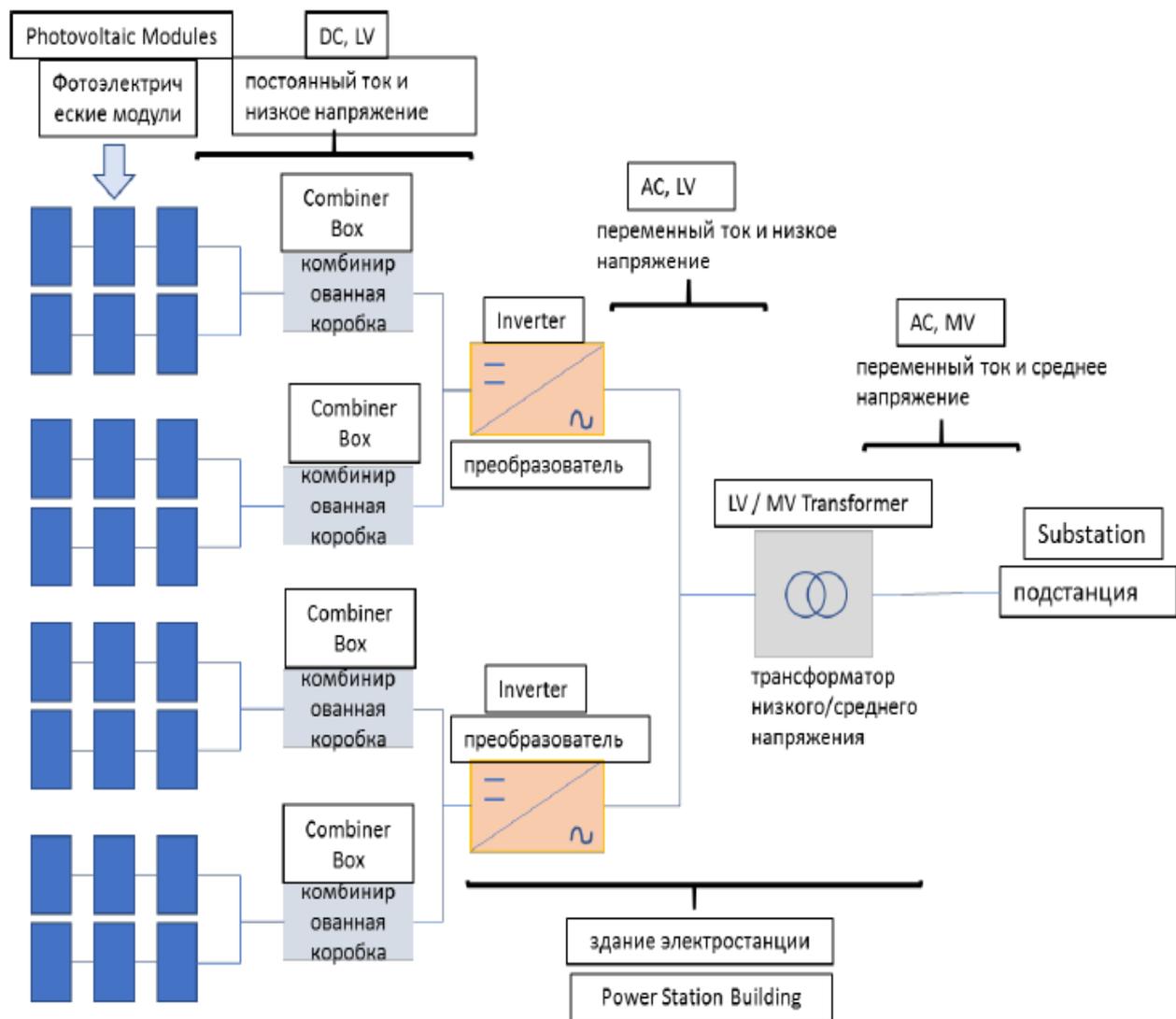
В таблицах 2 и 3 приведены технические характеристики основного базового блока и ФСС мощностью 100 МВт. Схема основного базового блока показана на рисунке 3.

Таблица 2 – Технические характеристики основного базового блока

1	Мощность ФСС	2745x2 = 5490 кВт
2	Мощность фотоэлектрического модуля	380 Вт
3	Количество фотоэлектрических модулей	7224x2 = 14448
4	Количество фотоэлектрических модулей соединенных последовательно в ряду	28
5	Количество рядов	258x2 = 516
6	Площадь фотоэлектрических модулей	28578 м ²
7	Количество инверторов	2
8	Номинальная мощность инвертора	2841 кВА

Таблица 3– Технические характеристики ФСС мощностью 100 МВт

1	Мощность ФСС	100 МВт
	Количество основных базовых блоков	18
	Мощность основного базового блока ФСС	5490 кВт
2	Мощность фотоэлектрического модуля	380 Вт
3	Количество фотоэлектрических модулей	260064
4	Количество фотоэлектрических модулей, соединенных последовательно в ряду	28
5	Количество рядов	9288
6	Площадь фотоэлектрических модулей	514406 м ²
7	Количество инверторов	36
8	Выработка электроэнергии за год	138,538·10 ⁶ кВт·ч



Активат

Рисунок 3 – Схема основного базового блока

В пилотном проекте рассматривается строительство двух фотоэлектрических солнечных станций (ФСС) установленными мощностями 100 МВт каждый в Марыйском и Лебапском велятах в населенных пунктах Серхетабат и Керки и основные полученные результаты приведены в таблице 4. Реализация данного пилотного проекта позволяет производить в течении года 2344,45 т «зеленого» водорода.

Таблица 4 – Основные результаты пилотного проекта

<i>Технические параметры и информация</i>	<i>Значение и единица измерения</i>
Населенный пункт, координаты	Атамурат (Керки): с. ш. 37,8 ⁰ ; в. д. 65,2 ⁰ Серхетабат (Кушки): с. ш 35,2 ⁰ ; в. д. 62,4 ⁰
Количество суммарной солнечной энергии, поступающей на поверхность солнечной панели, расположенной в населенном пункте под углом наклона $\beta = 36^0$ южной ориентации	Атамурат (Керки): 1919,328 кВт·ч/м ² год Серхетабат (Кушки): 1892,972 кВт·ч/м ² год
Выработка электрической энергии ФСС за год	Атамурат (Керки): 140,467 · 10 ⁶ кВт·ч Серхетабат (Кушки): 138,538 · 10 ⁶ кВт·ч
Производство водорода	2344,45 т
Потребление энергии при производстве водорода	114,443 · 10 ⁶ кВт·ч
Потребление воды при производстве водорода	21104,550 т

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Экономический и социальный совет. ООН. ECE/Energy/2022/8. Distr.: General 13 July 2022, Russian Original: English.
2. “Türkmenistanyň wodorod energiýasy babatda halkara hyzmatdaşlygy ösdürmek boýunça 2022–2023-nji ýyllar üçin ÝOL KARTASY”. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2022-nji ýulyň 28-nji ýanwarynda çykaran 2581-nji Karary bilen tassyklanyldy.