



УДК: 621.56

## ПОПУТНЫЙ НЕФТЯНОЙ ГАЗ КАК ТОПЛИВО ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ



## ASSOCIATED FUEL GAS AS A FUEL FOR SOFCS

**Мусави Саида Арифовна**Азербайджанский государственный  
университет нефти и промышленности  
musavisaida@mail.ru**Musavi Saida Arifovna**Azerbaijan state oil  
and industry university  
musavisaida@mail.ru

**Аннотация.** Современным электроэнергетическим системам предъявляются ряд требований, определяющих перспективность их применения в различных отраслях промышленности, включая и нефтегазовую. Эти требования направлены на повышение потребительского качества применяемых систем и сводятся в основном к степени их коммерциализованности (определяет доступность), многофункциональности (определяет способность), лояльности к окружающей среде (определяет взаимодействие с окружающей средой), соответствию условиям местности функционирования (определяет требования местности), готовности и наличия по качеству и объемам потребляемого топлива (определяет гибкость в использовании топлива).

**Ключевые слова:** топливный элемент, твердооксидных топливных элементов, водорода, альтернативных ресурсов, топливную установку, метаноловых топливных элементов, бензиновых топливных элементов.

**Annotation.** Modern electric power systems have a number of requirements that determine the prospects of their application in various industries, including oil and gas. These requirements are aimed at improving the consumer quality of the systems used and are reduced mainly to the degree of their commercialization (determines accessibility), a lot of functionality (determines ability), environmental loyalty (determines interaction with the environment), compliance with the conditions of the functioning area (determines the requirements of the area) availability and availability in terms of quality and volume of fuel consumed (determines the flexibility in the use of fuel).

**Keywords:** fuel cell, solid oxide fuel cells, hydrogen, alternative resources, fuel installation, methanol fuel cells, gasoline fuel cells.

**В**одород может подаваться непосредственно или путем выделения его из внешнего источника топлива, такого как природный газ, бензин или метанол. В случае внешнего источника его необходимо химически преобразовать, чтобы извлечь водород. Этот процесс называется «реформингом». Водород можно также получить из аммиака, альтернативных ресурсов, таких как газ из городских свалок и от станций очистки сточных вод, а также путем электролиза воды, при котором для разложения воды на водород и кислород используется электричество. В настоящее время большинство технологий топливных элементов, применяемых на транспорте, используют метанол. Для реформинга топлива с целью получения водорода для топливных элементов были разработаны разные средства. Министерство энергетики США разработало топливную установку внутри машины для реформинга бензина с тем, чтобы обеспечивать подачу водорода на автономный топливный элемент. Исследователи из Тихоокеанской северо-западной национальной лаборатории в США продемонстрировали компактную топливную установку по реформингу величиной в одну десятую размеров блока питания. Американская энергокомпания, Northwest Power Systems, и Национальная лаборатория Сандия продемонстрировали топливную реформинговую установку, которая преобразует дизельное топливо в водород для топливных элементов.

Хотя водородный газ является наилучшим топливом, инфраструктуры или транспортной базы для него еще не существует. В ближайшей перспективе для обеспечения энергоустановок источниками водорода в виде бензина, метанола или природного газа могли бы использоваться существующие системы снабжения ископаемым топливом (газовые станции и т.д.). Это исключило бы необходимость создания специальных водородозаправочных станций, но потребовало бы, чтобы на каждом транспортном средстве был установлен преобразователь («реформатор») ископаемого топлива в водород. Недостаток этого подхода состоит в том, что он использует ископаемое топливо и, таким образом, приводит к выбросам двуокси углерода. Метанол, являющийся в настоящее время ведущим кандидатом, создает меньше выбросов, чем бензин, но он бы потребовал установки на автомобиле емкости большего объема, поскольку он занимает в два раза больше места при одинаковом энергосодержании. В отличие от систем снабжения ископаемым топливом, солнечные и ветровые системы (использующие электричество для создания водорода и кислорода из воды) и системы прямого фотопреобразования энергии (использующие полупроводниковые материалы или ферменты для производства водорода) могли бы обеспечивать снабжение водородом без этапа реформинга, таким образом, можно было бы избежать выбросов вредных веществ, что наблюдается при использовании метаноловых или бензиновых топливных элементов. Водород мог бы накапливаться и преобразовываться в электричество в топливном элементе по мере необходимости. В перспективе соединение топливных элементов с такого



рода возобновляемыми источниками энергии, скорее всего, будет эффективной стратегией обеспечения продуктивным, экологически продуманным и универсальным источником энергии.

Список возможного применяемого топлива длинен и включает:

- чистый водород;
- газообразные или газифицированные углеводороды (природный газ, биогаз, газ сточных вод, газ угольной шахты, метан, содержащий газы смеси, и т.д.);
- синтез газа (смеси водорода и углекислого газа), в качестве окислителя используются чистый кислород и воздух.

Попутный нефтяной газ (ПНГ) – это углеводородный газ, сопутствующий нефти и выделяющийся из нее при сепарации. Количество газов в м<sup>3</sup> может изменяться от 1–2 до нескольких тыс. м<sup>3</sup>/т нефти. В отличие от природных горючих газов, состоящих в основном из метана, нефтяные попутные газы содержат значительные количества этана, пропана, бутана и др. предельных углеводородов.

Проблема рационального использования ПНГ существует во всем мире давно. В мире ежегодно сжигается около 100 млрд м<sup>3</sup>, что составляет примерно 3 % мировой валовой добычи. Согласно данным НГР РФ [1] в 2005 г. в России из 55 млрд м<sup>3</sup> извлеченного ПНГ в переработку было направлено лишь 26 %, 27 % газа было сожжено на факелах и 47 % было использовано компаниями-недропользователями.

Согласно Киотского протокола, подписанного 160 странами в декабре 1997 года в дополнение рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК) промышленно развитые страны и страны с переходной экономикой призываются сократить или стабилизировать вопросы парниковых газов, способствующих парниковому эффекту (в т.ч. окислов азота, метана, углекислого газа и т.п.) в 2008–2015 годах по сравнению с уровнем 1990 г. в среднем на 5,2 % [1–3].

Поступающие в окружающую среду продукты сгорания попутного нефтяного газа (ПНГ) представляют собой потенциальную угрозу нормальному функционированию человеческого организма на физиологическом уровне. Его сжиганием наносится огромный экологический ущерб и уничтожается невозполнимый ценнейший продукт, содержащий в основном этан, пропан, бутан и др. предельные углеводороды. ПНГ – это ценнейшее химическое сырье и высокоэффективное органическое топливо.

В основном – это ПНГ нефтяных месторождений, утилизацию которого многие нефтяные компании считают нерентабельной. Больше всего (в количественном и процентном отношении) теряется газа в Нигерии, Иране, Мексике, Венесуэле, Алжире и Индонезии.

Надо отметить, что на морских месторождениях Азербайджана ежегодно на факелах сжигается около 350 млн м<sup>3</sup> газа. Утилизация этого объема является важным направлением в энергоснабжении морских коммуникаций и гидротехнических сооружений, а также реализуемых на них технологических процессов. На современном уровне развития техники и технологии в мире предлагаются следующие комплексные решения по утилизации углеводородных газов:

- Основные решения по утилизации ПНГ, которыми сегодня могут воспользоваться нефтедобывающие компании: закачка ПНГ и смесей на его основе в пласт для повышения нефтеотдачи, установка энергоблоков, переработка ПНГ на синтетическое топливо, строительство котельных на базе ПНГ. Из представленных направлений в России развиваются [4] лишь два: потребление ПНГ в качестве топлива с целью выработки электроэнергии, горячей воды и как сырья для нефтехимии.

- Технологии по утилизации ПНГ предоставляют возможность полностью переработать газ с месторождения, получать дополнительную электроэнергию и тепло. Мини-ТЭС проектируются на базе газотурбинных (ГТУ) и газопоршневых (ГПА) агрегатов от 1 до 50 Мвт, в том числе работающих на попутном газе. ГТУ целесообразно применять при больших единицах мощностей (от 3 МВт) и достаточно равномерном энергопотреблении, в остальных случаях целесообразнее применять ГПА. Утилизация попутного нефтяного газа путем переработки в электроэнергию и обеспечение приоритетного доступа на оптовый рынок электроэнергии, произведенной газотурбинными и газопоршневыми тепловыми электростанциями, использующими в качестве основного топлива попутный нефтяной газ или продукты его переработки, приведет к значительному экономическому эффекту.

- Предлагается для утилизации ПНГ с учетом существующих ресурсов и большой экономии – экологической выгоде использовать в качестве электрогенерирующих устройств в сочетании ГТУ или ГПА электрохимические генераторы типа SOFC. Следовательно, ПНГ это один из важнейших видов топлив для использования в топливной системе твердооксидных топливных элементов. В зависимости от интенсивности физико-химических процессов на анодно-катодно поверхностях могут генерироваться различные тепловые мощности, которые определяют требования, предъявляемые к материалам и свойствам твердых электролитов.

## Выводы

Проведен анализ существующего класса топлив и подтверждена возможность эффективной утилизации ряда углеводородных соединений, в том числе, попутного газа, газогидратов и водорода в топливной системе низко и высоко температурных топливных элементов.

Разработана и решена математическая модель механического поведения топливных элементов с различной формой конструктивного исполнения и даны рекомендации по выбору рационального сочетания их геометрических характеристик с учетом формы исполнения и режимов эксплуатации.



## Литература

1. Алексин Е.Н. Хранение газообразного водорода в баллонах под давлением. Определение потерь водорода вследствие диффузии через стенки баллона // Перспективы наук. – 2010. – С. 63–70.
2. Алексин Е.Н. Хранение водорода в гидрате интерметаллического соединения  $\text{LaNi}_5$  / Е.Н. Алексин, А.А. Фокин // Морской Вестник. – СПб., 2010. – № 3 (46). – С. 45–47.
3. Мусави С.А. Влияние температурного фактора на показатели работоспособности SOFC пакетного исполнения // Журнал Нефтепереработка и нефтехимия. – 2016. – № 11. – С. 35–42.
4. Achenbach E. Three-dimensional and time dependent simulation of a planar solid oxide fuel cell stack // Journal of Power Sources. – 1999. – P. 333–348.

## References

1. Alexin E.N. Storage of hydrogen gas in cylinders under pressure. Determination of Hydrogen Losses Due to Diffusion through Cylinder Walls // Prospects of Sciences. – 2010. – P. 63–70.
2. Alexin E.N. Storage of Hydrogen in Hydrate of  $\text{LaNi}_5$  Intermetallic Connection / E.N. Alexin, A.A. Fokin // Marine Herald. – St. Petersburg, 2010. – № 3 (46). – P. 45–47.
3. Musavi S.A. Influence of the temperature factor on performance indicators of SOFC of packet execution // Journal of Oil Refining and Petrochemistry. – 2016. – № 11. – P. 35–42.
4. Achenbach E. Three-dimensional and time dependent simulation of a planar solid oxide fuel cell stack // Journal of Power Sources. – 1999. – P. 333–348.