

УДК 62-03

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ПРЕОБРАЗОВАНИЕ И  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОДА В ЭНЕРГЕТИКЕ  
INNOVATIVE TECHNOLOGIES: TRANSFORMATION AND USE OF  
HYDROGEN IN ENERGY**

Д.А. Бабак, А.С. Гребень

Научный руководитель – В.В. Кравченко, к.э.н., доцент  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь  
vladmir70@rambler.ru

D. Babak, A. Greben

Supervisor – V. Kravchenko, Candidate of Economic Sciences, Docent  
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** в статье представлено исследование инновационного проекта, представленного на Петербургском международном экономическом форуме, о способах использования водорода в энергетике и условиях его производства, хранения, транспортировки и использования в промышленных масштабах.*

***Abstract:** the article presents a study of an innovative project presented at the St. Petersburg International Economic Forum on methods of using hydrogen in the energy sector and the conditions for its production, storage, transportation and use on an industrial scale.*

***Ключевые слова:** водород, водородсодержащие вещества, электрические ресурсы, тепловые ресурсы, преобразование.*

***Keywords:** hydrogen, hydrogen-containing substances, electrical resources, thermal resources, transformation.*

### **Введение**

В нынешние дни человечество ставит глобальные задачи в области энергетики: нахождение новых энергоресурсов и способы их получения; сохранение и поддержание экологического баланса мира.

Ответом на данные задачи могут быть использование новой энергетической стратегии или реализация инновационных идей.

Рассмотрим, одну из инновационных идей, которая была предложена в докладе “10 прорывных идей в энергетике на следующие 10 лет” ассоциацией “Глобальная Энергия” на Петербургском международном экономическом форуме, а именно как реализовать преобразование электричества в водород посредством электроники [1].

Сравним несколько способов обратного преобразования и накопления водорода, а также их эффективность и влияние на экологическую структуру энергетической промышленности. Также мы проанализируем почему нынешнее хранение в электрических батареях не достаточен и какие альтернативные методы существуют.

Для сравнительного анализа нескольких способов выработки энергоресурса из первичного материального источника в водородосодержащие вещества и наоборот, неизбежно потребуется использовать стандартизированные свойства и показатели. Выдвигается идея по оценке энергетических потерь водородосодержащих субстанций от момента их преобразования до момента их эксплуатации, как для постоянных, так и для кратковременных проектных задач.

Для более простого анализа учитывается энергия, использованная для преобразования водорода, например, на точке выхода из электролизера.

Как единицу измерения предлагается использовать свободную энтальпию водорода и водородосодержащих веществ, но с учетом сложности ее применения в расчетах, можно использовать разность свободных энтальпий между водородом и материалом его эксплуатации. Также можно принимать в учет условные величины системы: теплота сгорания и теплота сгорания.

Потери при использовании энергетической способности водородосодержащих веществ от “Источника” до места назначения (в пример взята энергетическая энергия, подаваемая в сеть) должны быть взяты в учет затрат при пополнении ресурса “Источника”, убыль и прибыльность эксплуатационной деятельности водорода от “Источника”-Tank-to-Wheel(ТТВ) [2].

Схожим образом, при производстве водорода необходимым фактором является взятие во внимание не только персональных убытков производственного и хранящего оборудования, но и убытки при транспортировочных работах начальной энергии для производственной деятельности и потери в ходе распределения энергетических носителей(сжижение, сжатие, транспортировка по трубопроводным системам и распределительным сетям, включающие изменения в параметрах напряжения и деятельность по стабилизации подающей мощности сети)-Weel-to-Tank(WТТ) [2].

Предполагается, что сжатие или его сжижение происходит на месте его эксплуатации, также в учет не берется потеря сети даже при преобразовании требуемой электрической энергии.

Хранилище водородосодержащих веществ имеет малый коэффициент потери при дозаправке и сливных работ, а также в режиме застоя производства, что различно от аккумуляторных батарей имеющие убытки энергии при своей эксплуатации. При необходимости механической или электрической энергии, требуемым является учет эффективности ее производства.

Также для более удобного подсчета не учитывается базовая затратность производства (транспортировочная деятельность для первичного энергоресурса и коэффициент эффективности станции).

По итогу данный анализ показывает необходимые экономические показатели, которые в большей степени ограничены [1].

Дальше рассмотрим водород как предлагаемый источник получения энергии, а именно рассмотрим ряд проблем использования его в виде энергоносителя. Хранение водорода в сжиженном или сжатом состоянии

требует экономических вложений и оборудования (криогенные емкости), из-за его весьма низкой плотности, температуры кипения и критической температуры.

Самым распространенным способом получения водорода на производстве является его выработки из природного газа (метана) паровым риформингом при поддержании достаточно высокой температуры. В ходе этого способа мы получаем “серый” водород. Однако проблемой данного метода является выбросы углекислого газа в атмосферу. Одной из альтернатив является производство “зеленый” водород основой для получения которого является газификация биомасс, в ходе которой из-за нехватки содержания кислорода образуется равноценная смесь “водного” газа. Низкую перспективность способ получил из-за того, что данная смесь водорода и монооксида углерода имеет мало вариативности эксплуатации. Производство водорода из водной среды при электролизе не получает распространения из-за того, что такое преобразование потребует больше энергозатрат, чем полученный водород. Если же первичным продуктом будет энергия из восстанавливаемых или атомных источников, то итогом станут совершенно новые виды водородных смесей: “зеленый” и “синий” водород; побочным продуктом таких реакций является кислород, что является довольно выгодным с точки зрения затрат материальной и ресурсной базы [2].

Эффективность электролиза в большей части зависит от проводимого по электродам токам и созданному в электролизере давлению, по статистическим данным коэффициент таких установок колеблется от 60% до 80%. Именно по этой причине большинство используемого оборудования имеет большой конструктивный размер и стоимость.

Для решения данной проблемы предлагается делать электролизеры с протонопроводящей мембраной, то есть использовать “инверсивный” контроль топливных веществ. Преимуществом данного решения станет то, что их установка будет возможна в точках преобразования и эксплуатации водорода, а тепловая энергия, сопутствующая процессу электролиза, может быть использована, то есть мы объединяем выработку водорода с когенерацией.

С экономической точки зрения сложностью производства “зеленого” и “синего” водорода является тот фактор, что для работы электролизеров требуется бесперебойная и постоянная подача электричества, которая очень сложно реализуема при нынешних возобновляемых источниках энергии. По предварительным расчетам КПД установок при использовании в качестве источника энергии ВЭС составляет менее 50%, а для СЭС менее 20%. Данный фактор ставит энергетические, материальные и инвестиционные условия для конструирования данных установок.

Также не малой важностью является расчет энергетических потерь при хранении водорода, так как плотность энергетического ресурса в сжиженном и сжатом водороде довольно низка по сравнению с другими доступными аналогами. При хранении сжатого водорода необходим учет материального состава хранилища и его герметичности в связи с тем, что молекулы водорода имеют довольно малые размеры, что может привести к ослаблению стенок

баллонов. Предлагается использование никелевого сплава, так как он менее подвержен водородной коррозии, в отличие от своих альтернатив: строительной стали и алюминиевых сплавов. При хранении сжиженного водородного вещества необходимым условием является учет его низкой критической температуры и температуры кипения при атмосферном давлении [2].

Вода при использовании установок на основе электролиза должна соответствовать нескольким данным: температура, давление, относительная чистота. Так как в процессе эксплуатации могут возникать нежелательные побочные продукты: щелочные металлы, гидроксиды и анионы, которые уменьшают срок службы оборудования.

Также было выдвинуто предложение использования водорода для получения тепловой энергии, путем непосредственного его сжигания в смесях с другими газами (метаном), но данное нововведение потребует дополнительных экономических затрат на хранение, так как смеси водорода с метаном при имении большей теплотворной способности имеют более низкую плотность из-за большей газовой постоянной водорода.

### **Заключение**

Водород и водородосодержащие вещества могут быть использованы для переработки в электро- или теплоэнергетические ресурсы при поддержке топливных смесей, необходимым условием которых является работоспособность в системах с низкой и высокой температурой режимов. Также есть возможность использования водородосодержащих веществ в качестве топлива для транспорта с двигателем внутреннего сгорания.

### **Литература**

1. «10 прорывных идей в энергетике на следующие 10 лет» были презентованы на ПМЭФ-2021 [Электронный ресурс] / «10 прорывных идей в энергетике на следующие 10 лет» были презентованы на ПМЭФ-2021 – Режим доступа: <https://energo-union.com/ru/a/10-proryvnyh-idey-v-energetike-na-sleduyushchie-10-let-byli-prezentovany-na-pmef-2021> /. – Дата доступа: 13.04.2024.

2. Водород в энергетике и транспорте: ключевые перспективы и вызовы [Электронный ресурс] / Водород в энергетике и транспорте: ключевые перспективы и вызовы. – Режим доступа: <https://elektrik.info/article/1931-vodorod-v-energetike-i-transporte-perspektivy-i-problemy.html> /. – Дата доступа: 13.04.2024.