

по сравнению базовым вариантом и вариантами с установкой одного реклоузера на ВЛ и, как следствие, с существенным повышением надежности электроснабжения потребителей (табл. 4).

#### Л и т е р а т у р а

1. Сазыкин, В. Г. Критерии оптимизации места установки реклоузера в распределительной сети 6–10 кВ / В. Г. Сазыкин, А. Г. Кудряков, А. А. Багметов / Электротехнические системы и комплексы. – 2018. – № 1 (38). – С. 33–39.
2. Реклоузер вакуумный серии РВА/TEL : техн. информ. : ТШФГ 674153.101. – Изм. № 6. – М. : Рос. группа компаний «Таврида электрик», 2007. – 82 с.

УДК 316.34(476)

## ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА – ТОЧКИ РОСТА

**Б. В. Чернейко, А. В. Кононович**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Н. М. Кидун

*Рассмотрены водородная энергетика, а также перспективы ее развития на мировом уровне.*

**Ключевые слова:** водород, энергетика, альтернативные источники энергии.

## HYDROGEN ENERGY – POINTS OF GROWTH

**B. V. Cherneiko, A. V. Kononovich**

*Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus*

Scientific supervisor N. M. Kidun

*This article discusses hydrogen energy. The perspective of its development at the global level.*

**Keywords:** hydrogen, energy, alternative energy source.

Водород – первый элемент в таблице Менделеева. Это простое вещество, которое регулярно встречается во Вселенной: чаще всего водород можно найти в сочетании с другими элементами, такими как вода и органические соединения. С тех пор как появилась перспектива перехода на водородную энергетику с углеводородной, потребность в водороде существенно увеличилась. Водород представляет огромные перспективы при использовании в промышленности и энергетике, в первую очередь, с точки зрения его экологического потенциала, так как в качестве сырья для его получения могут быть использованы биомасса, уголь, атомная и возобновляемая энергия. Поэтому водородная энергетика – отрасль энергетики, основанная на использовании в качестве топлива водород.

Водород сам по себе не является новой энергетической технологией. Концепция использования водорода в качестве источника энергии восходит к XIX в., а водородные топливные элементы были разработаны более 150 лет назад. Однако его применение в качестве энергоносителя и его потенциальная роль в устойчивой энергетической системе привлекли значительное внимание в последние годы. Этот возобновленный интерес обусловлен поиском чистых энергетических альтернатив исключенному топливу в особенности в контексте изменения климата и необходимости

сокращения выбросов парниковых газов (ПГ). Водород обладает высокой плотностью энергии, особенно с точки зрения энергии на единицу массы, благодаря своим химическим и физическим свойствам.

Применение водорода в энергетике отмечено двигателем внутреннего сгорания (ДВС) на водороде. Преимуществом ДВС с водородом от обычного ДВС является следующее:

- широкие пределы воспламенения водорода (4–75 % против 1,5–76 % для бензина), делая водород идеальным горючим для двигателей;
- скорость сгорания водорода с воздухом в ДВС в 3 раза больше, чем изооктановой воздушной смеси, при этом значительно более высокий термический КПД.

В мире существуют три основных источника выбросов диоксида углерода в окружающую среду: промышленность, транспорт и производство электроэнергии, что сказывается на изменении климата. Водород может использоваться во всех трех областях. Развитие водородной энергетики связано с необходимостью снижения ущерба для окружающей среды, возникающего во время использования ресурсов, переходом на альтернативные источники энергии. Водород рассматривается как чистая альтернатива углю, нефти и газу, потому что, когда он сжигается или используется в топливных элементах, выделяется только вода. Также водородная энергетика приводит к снижению зависимости от ископаемого топлива.

Запасы водорода можно считать почти безграничными. Он встречается практически везде и его можно использовать там, где он и производится. В отличие от аккумуляторов, которые не могут хранить большое количество энергии, водород можно производить из излишков полученной энергии от возобновляемых источников и хранить в больших количествах при относительно малом объеме. Водород содержит почти в три раза больше энергии, чем ископаемое топливо, поэтому для выполнения какой-либо работы его требуется гораздо меньше. Например, по сравнению с электростанцией, работающей на сжигании топлива с КПД от 33 до 35 %, против 65 % – с водородными топливными элементами. Для примера, у солнечных электростанций КПД – 20 %, а у ветряков – 40 %.

В настоящее время уже многие страны приняли водородные стратегии и многие предприятия анонсировали водородные проекты. И поскольку водородная экономика строится в контексте декарбонизации, принято выделять цветовые градации водорода, соответствующие степени его экологичности и способу получения:

1. Серый водород занимает 75 % производимого водорода в мире. Чтобы его получить, природный газ нагревают и смешивают с паром. Это самый дешевый, но и не очень экологичный способ, так как при этом выделяется большое количество углекислого газа.

2. Коричневый или бурый тип водорода занимает больше 20 %, и получают такой водород путем газификации угля. Но после такого способа получения водорода также остаются парниковые газы.

3. Голубой водород получают из природного газа, при этом вредные отходы улавливаются для вторичного использования. Идеально чистым такой метода назвать тоже нельзя, так как диоксид углерода нужно утилизировать, а это снижает экономическую эффективность энергетики.

4. Розовый или красный водород получают про помощи атомной энергетики.

5. Бирюзовый водород получают путем нагрева природного газа до 900 °С в вакууме. Отходом после такого метода получения водорода является твердый углерод, который можно использовать в промышленности и легко утилизировать.

6. Зеленый водород можно считать самый экологически чистым. Он производится благодаря электролизу воды из полученной энергии от возобновляемых источников. Для электролиза необходимо только вода, электролизер и большое количество электроэнергии. Именно на этот вид водорода делают акцент практически все в альтернативной энергетике, так как он может попробовать заменить углеводородное топливо. Единственным существенным минусом для развития зеленого водорода можно считать высокую стоимость добычи чистого водорода. Сегодня его стоимость в 2–3 раза дороже, чем других видов водорода.

Перечислим особенности водорода:

- неограниченные запасы сырья (воды) для получения;
- эффективность производства электроэнергии в топливных элементах;
- отсутствие загрязнения окружающей среды при использовании для получения энергии;
- возможность аккумулирования энергии при использовании в качестве энергоснабжения;
- широкие масштабы промышленного потребления как химического реагента;
- удобство использования и транспортировки.

В нашей стране курс на развитие водородной энергетики закреплен в Энергетической стратегии страны, плане мероприятий «Развитие водородной энергетики» и Концепции развития водородной энергетики.

Согласно документам, достижением данных целей развития отечественной водородной энергетики могут быть пилотные проекты по выработке низкоуглеродного водорода, создание консорциумов по производству оборудования и комплектующих, формирование инфраструктуры для хранения и транспортировки этого энергоснабжения.

В качестве получения водорода с низким выбросом CO<sub>2</sub> в окружающую среду на первом плане рассматривается пиролиз углеводородов и получение водорода различными способами при помощи атомных электростанций.

Еще одним направлением, способствующим глобальному внедрению водорода в энергетику, может стать развитие различных водородных энергоснабжений в различных секторах экономики: нефтехимической, электроэнергетической, химической и металлургической промышленности, транспорте и робототехнике.

Делая вывод, можно сказать, что развитие водородной энергетики будет способствовать решению задач для достижения декарбонизированного, устойчивого энергетического ландшафта. Грамотно подходя к решению существующих проблем посредством точно направленных усилий в области технологий и инфраструктуры, интеграции водорода в энергетические системы, можно добиться поставленных целей, а именно – продвижения использования возобновляемых источников энергии на основе водорода и, как следствие, – снижения выбросов отходов углеводородного сырья в окружающую среду.

#### Литература

1. Водородная энергетика // Атомные города. – 2021. – № 8.
2. Электролиз, или вода вместо бензина. – URL: [http://www.skyzone.ru/tech/meyer\\_h2.htm](http://www.skyzone.ru/tech/meyer_h2.htm) (дата обращения: 22.04.2025).
3. Green Hydrogen for Energy Transition: A Critical Perspective. – URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/18/2/404> (дата обращения: 22.04.2025).