

## ПЕРСПЕКТИВЫ И ВЫЗОВЫ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Терехов Я.С., студент 2 курса факультета энергетики и систем  
управления

Научный руководитель – Черных Т.Е.  
ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический  
университет

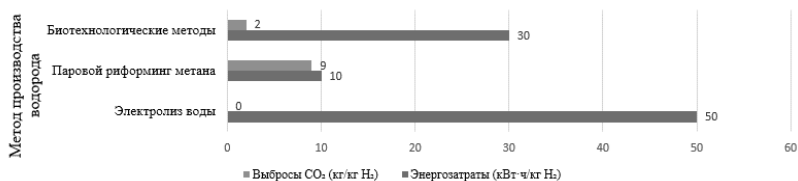
**Ключевые слова:** водородная энергетика, возобновляемые источники энергии, топливные элементы.

*В статье рассматриваются перспективы и вызовы водородной энергетики как ключевого элемента перехода к устойчивым и низкоуглеродным энергетическим системам. Анализируются основные технологии производства водорода, их преимущества и недостатки.*

**Введение.** Водородная энергетика является одним из наиболее перспективных направлений в современной энергетике, способным обеспечить переход к устойчивым и низкоуглеродным энергетическим системам. Водород, как энергоноситель, обладает высокой теплотворной способностью и экологической чистотой, что делает его привлекательным для использования в различных секторах экономики. Однако развитие водородной энергетики сталкивается с рядом технических, экономических и инфраструктурных вызовов, которые требуют решения для её широкого внедрения. В данной статье рассматриваются основные аспекты водородной энергетики, её преимущества, технологии производства и применения, а также ключевые проблемы, связанные с её развитием.

**Целью работы** является анализ перспектив и вызовов водородной энергетики в контексте устойчивого развития энергетических систем, а также оценка её потенциала для решения глобальных энергетических проблем.

**Результаты исследования.** Рассмотрим технологии производства водорода. Электролиз воды –разложение воды на водород и кислород с использованием электроэнергии от возобновляемых источников[2]. Этот метод является экологически чистым, но требует значительных энергозатрат. Паровой риформинг метана –наиболее распространённый метод производства водорода [2], который, однако, связан с выбросами углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ). Биотехнологические методы –производство водорода из органических отходов или водорослей, что имеет большой потенциал, но пока находится на стадии разработки [3]. На рис. 1 представлены сравнение энергозатрат и выбросов  $\text{CO}_2$  для электролиза воды, парового риформинга метана и биотехнологических методов.



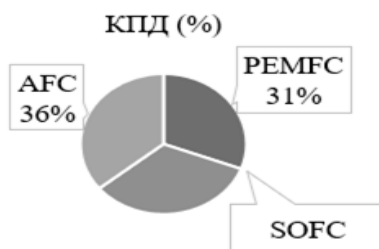
**Рис. 1. Сравнение энергозатрат и выбросов  $\text{CO}_2$  при различных методах производства водорода**

К преимуществам водородной энергетики можно отнести экологичность, так как при сгорании водорода выделяется только вода, что делает его экологически чистым источником энергии. Возобновляемость, так водород может производиться из воды с использованием возобновляемых источников энергии. Высокая эффективность, например, топливные элементы на основе водорода имеют высокий КПД (до 60% и более). И гибкость использования, потому что водород может применяться в различных секторах, включая транспорт, промышленность и жилищно-коммунальное хозяйство.

Как и любая энергетическая отрасль водородная энергетика сталкивается с определенными проблемами[4]. Типичным примером могут служить высокие затраты –производство, хранение и транспортировка водорода требуют значительных инвестиций. Область безопасности, так как водород является легковоспламеняемым и

взрывоопасным веществом, что требует строгих мер безопасности. Создание эффективной инфраструктуры для транспортировки и распределения водорода является сложной задачей.

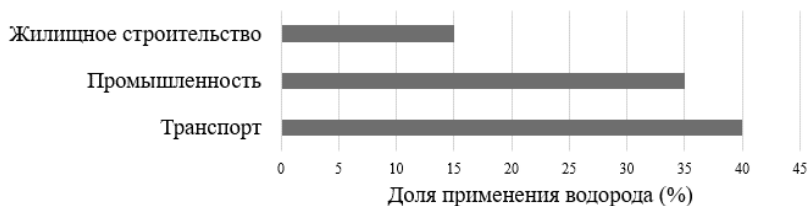
А также эффективность процессов. Некоторые методы производства водорода, такие как паровой риформинг, связаны с потерями энергии и выбросами  $\text{CO}_2$ . На рис.2 изображено сравнение КПД топливных элементов на основе водорода (PEMFC, SOFC, AFC).



**Рис. 2. Сравнение КПД различных типов топливных элементов**

Применение водородной энергетики очень разнообразно. Водородные топливные элементы используются в автомобилях, автобусах, поездах и даже самолётах. Водород применяется в металлургии и химической промышленности, также может обеспечивать теплом и электричеством жилые дома и коммерческие здания. И еще он используется для хранения избыточной электроэнергии от возобновляемых источников.

На рисунке 3 представлено распределение применения водорода по секторам: транспорт, промышленность, жилищное строительство и энергетика.



**Рис. 3. Доля применения водорода в различных секторах**

**Выводы.** Водородная энергетика представляет собой важный элемент глобальной стратегии по снижению воздействия на окружающую среду и переходу к устойчивым источникам энергии. Несмотря на существующие технические и экономические трудности, водородная энергетика имеет огромный потенциал для решения глобальных энергетических проблем. Продолжающиеся исследования и инвестиции в эту область способствуют ускорению внедрения водородных технологий и приближают нас к более зелёному и чистому миру с низким уровнем углерода.

**Библиографический список:**

1. Электролиз воды. – Электронный ресурс – Режим доступа: <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-electrolysis>
2. Паровой риформинг метана– Электронный ресурс – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/steam-reforming>
3. Биотехнологические методы производства водорода – Электронный ресурс – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7891085/>
4. Оразбердиева Э. Водородная энергетика: перспективы и вызовы. Международный научный журнал «Символ науки», 9.1.2, 2024, — с. 61-63.

**PROSPECTS AND CHALLENGES OF HYDROGEN ENERGY  
IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT  
OF ENERGY SYSTEMS**

**Terekhov Ya.S.**

**Scientific supervisor – Chernykh T.E.  
Voronezh State Technical University**

**Keywords:** *hydrogen energy, renewable energy sources, fuel cells.*

*The article examines the prospects and challenges of hydrogen energy as a key element in the transition to sustainable and low-carbon energy systems. The main technologies for hydrogen production, their advantages and disadvantages are analyzed.*