

## ЩЕЛОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЫ ДЛЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

*Меринова Виктория Эдуардовна*  
Студентка Московского государственного технического  
университета им. Н. Э. Баумана,  
кафедры «Ядерные реакторы и установки»,  
г. Москва

### ALKALINE ELECTROLYZERS FOR ATOMIC ENERGY

*Merinova Victoriaia*  
Student of Bauman Moscow State Technical University,  
“Nuclear reactors and powerplants”,  
Moscow

**Аннотация.** В современном мире наблюдается тенденция перехода к нетрадиционным источникам энергии. Водородные технологии – наиболее актуальное направление трансформации энергетики. Щелочные электролизеры, описанные в работе, являются ключевой разработкой для получения водорода. Наиболее эффективное применение технологий – атомные электростанции.

**Abstract.** In the modern world there is a tendency of transition to non-traditional energy sources. Hydrogen technologies are the most actual direction of energy transformation. Alkaline electrolyzers, described in the work, are the key development for hydrogen production. The most effective application of technologies - nuclear power plants.

**Ключевые слова.** Щелочные электролизеры, электролиз, водород, энергетика, атомные электростанции, экология.

**Keywords.** Alkaline electrolyzers, electrolysis, hydrogen, energy, nuclear power plants, ecology.

---

В настоящее время остро встал вопрос, связанный с водородной энергетикой. Водородные технологии становятся одним из актуальных направлений трансформации энергетики мира [1]. Около 80% водорода получают из природного газа и нефтепродуктов путем паровой конверсии. В эндотермическом процессе паровой конверсии сжигается около половины природного газа с выбросом продуктов сгорания в атмосферу, что наносит вред экологии.

Щелочные электролизеры являются ключевой разработкой для получения водорода на атомных станциях при использовании расплавов солей и щелочей. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами электролиза и являются наиболее экологичными в сравнении с другими видами производств.

К примеру, проект получения водорода путем адиабатической конверсии метана требует затрат на [2]:

- первоначальное строительство 230 млрд. руб.;
- природный газ (в расчете на одну установку) – 11400 млн руб./год;

В настоящее время серийное производство щелочных электролизеров в РФ прекращено. Поэтому проблема является актуальной и требует решения.

#### Технология и конструкция электролизера

Установка контейнерного типа включает электролизер (генератор водорода) на базе щелочных электролизных элементов матричного типа без циркуляции электролита, ионные мембранные фильтры, агрегат осушки и очистки водорода и кислорода, системы контроля и диагностики, автоматики и безопасности (рис. 1).

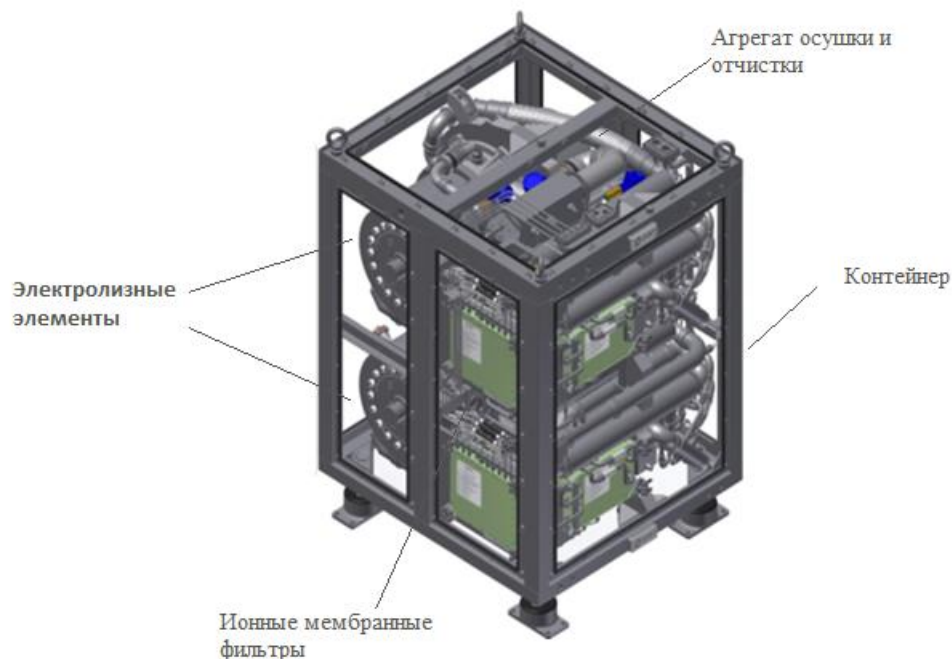


Рис. 1. Схема щелочного электролизера.

Преимущества конструкции:

- уникальная система уплотнений и шлангов обеспечивает практически полную герметичность;
- прочные, износостойкие прокладки из ПТФЭ (политетрафторэтилена);
- собранные элементы могут храниться в течение многих месяцев;
- быстрая и простая замена элементов;
- за счет специальной ионной мембраны достигается эффект «нулевого зазора», чем обеспечивается герметичной, а следовательно, и безопасность установки.

Контейнерная компоновка позволяет на основе типового модуля (контейнера) проектировать водородные станции с разными потребительскими свойствами и оптимально размещать их на открытой площадке вблизи с основными производственными корпусами с соблюдением всех Технических регламентов, правил и норм, действующих в РФ и в других странах. Оборудование оснащено всеми необходимыми технологическими блокировками, газоанализаторами и сигнализацией.

Модульный принцип проектирования, испытаний и сборки позволяет поставлять установку, смонтированную на 90% в типовом контейнере. На месте применения необходимо выполнить только соединение смонтированных конструктивных модулей и подключить к внешним источникам электроэнергии, воды и инертного газа.

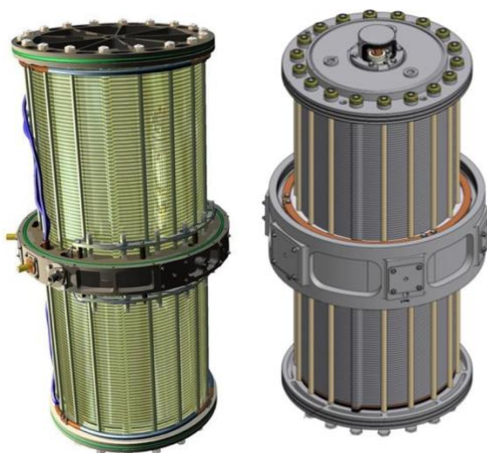


Рис. 2. Батарея: а – топливных элементов, б – электролизных элементов.

Продукт создается на базе отработанных конструкторских решений и технологий щелочного матричного топливного элемента (рис. 2-а). Имеющиеся комплектующие электрохимического генератора позволяют создать электролизер воды (генератор водорода) с энергопотреблением менее 4 кВт·час/м<sup>3</sup> водорода и давлением до 250 Бар. На рис. 2-б представлен пример электролизный элемент производительностью до 55 нм<sup>3</sup>/час, разработанный на базе топливного элемента.

#### Пневмогидравлическая схема щелочного электролизера

Предлагаемое решение отличается от установок предыдущих поколений. Подача воды в электролизные элементы осуществляется нетипичным способом – через паровую фазу, а сами электролизные элементы базируются на щелочных матрицах.

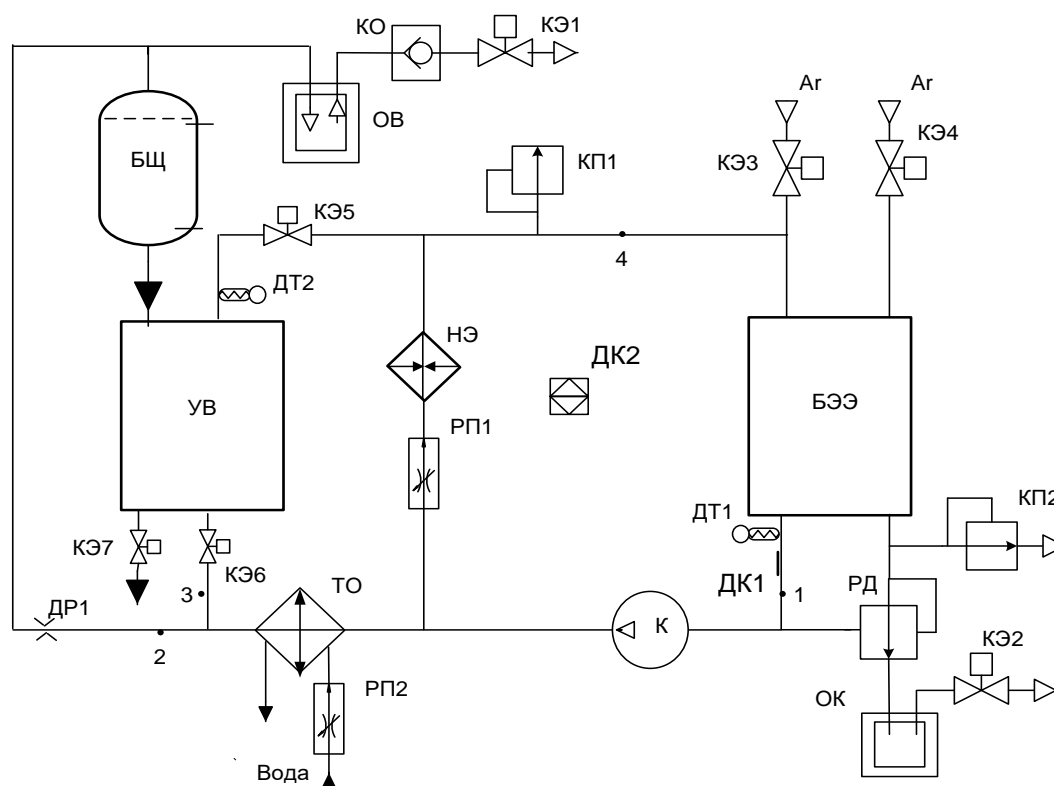


Рис. 3. Пневмогидравлическая схема электролизера

За счёт разности температур и концентраций электролита пары воды, конденсируясь, пополняют объем воды, израсходованный на электролиз. В условиях изменяющегося давления в широких пределах (0-35 МПа) поддерживается требуемый объёмный расход паро-водородной смеси в зависимости от внешней нагрузки. На рис. 3 показана пневмогидравлическая схема реализации установки.

#### Анализ исследований/разработок

В настоящее время прямыми конкурентами являются:

1. Нарботка водорода из природного газа. Данный вид производства является неэкологичным и в последнее время теряет свои позиции. Не переведен в промышленное производство.
2. Нарботка водорода путем паровой конверсии (Например: ВТГР). Является нецелесообразным для реализации в РФ, т. к. имеет большие затраты на первоначальное строительство (до 230 млрд).
3. Нарботка водорода на ГЭС. Не имеет разработанной технологии и проектов. Требуется большого периода внедрения.
4. Электролизеры с твердым полимерным электролитом (ТПЭ) и с твердым оксидным электролитом [3]. Имеют малую производительность, либо дорогостоящее производство имеющие сложности с реализацией в РФ.

#### Использование щелочного электролиза на атомных электростанциях (АЭС)

Атомная энергия прочно утвердилась в сфере производства электрической энергии, но всё больше внимания уделяется нетрадиционным источникам энергии – в том числе, водородной энергетике. Учитывая новые тенденции, следует рассматривать комплексно атомно-водородное направление [4, 5].

Ядерная энергетика заметное преимущество при производстве водорода на АЭС [6]: неограниченное топливо, большие запасы электроэнергии, наименьшее воздействие на окружающую среду и экологичность. Особенность водородной энергетики:

- неограниченное количество сырья (вода);
- водород является энергоносителем с хорошими физическими свойствами;
- экологичность;
- высокий спрос в стекольной, пищевой и др. промышленности.

Сравнение этих характеристик позволяет определить концепцию атомно-водородной энергетики: вода и ядерная энергия – водород (чистая энергия) [7].

Производство водорода имеет всю большую востребованность на рынке. Только в своих целях АЭС используют более 40 нм<sup>3</sup>/ч водорода для охлаждения блоков и более 100 нм<sup>3</sup>/ч - для производства тяжелой воды. Усовершенствованная технология щелочных электролизеров позволит не только наладить производство водорода на всех АЭС, как в России, но и в зарубежных странах (Финляндия, Индия, Венгрия и т.д.).

В дальнейшем стоит рассматривать концепцию производства водорода на АЭС в промышленных масштабах. Потребление водорода в различных сферах приведено в таблице 1.

Таблица 1.

#### Потребление водорода в различных сфера промышленности

Стекольная промышленность	<b>при производстве флот-стекла необходимо от 250 до 1000 нм<sup>3</sup>/ч</b>
Пищевая промышленность	основные потребители электролизеров имеют потребность в водороде – 750 нм <sup>3</sup> /ч
Электроника	основные предприятия электронной промышленности потребляют не менее 1000 нм <sup>3</sup> /ч
Металлургия	- для получения металлов методом прямого восстановления руды требуется до 1000 нм <sup>3</sup> /ч - для получения твердых сплавов – от 200 до 500 нм <sup>3</sup> /ч

#### Заключение

Представленная в работе схема щелочного электролизера имеет ряд преимуществ в сравнении с другими источниками наработки водорода. Среди них стоит выделить декарбонизацию, что благоприятно отражается на окружающей среде.

Важнейшее применение данной технологии – атомно-водородное направление, а именно внедрение на АЭС с целью обеспечения собственных нужд станции и дальнейшего выхода на промышленное производство для других сфер.

#### Список литературы

- водородная экономика: новые надежды на успех. Аналитический центр при правительстве Российской Федерации, 2019, Электронный ресурс, URL: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/22861.pdf>
- .Н. Пономарев-Степной и др. Атомный энерготехнологический комплекс с высокотемпературными газоохлаждаемыми реакторами для масштабного экологически чистого производства водорода из воды и природного газа. / Газовая промышленность, №11 – 2018
- оллиншид Г., Икард М., Надоленко В. Щелочной электролиз – альтернатива электролизу с ионно-обменными мембранами. Наноиндустрия 5(29), 32-34 – 2011.
- ономарев-Степной Н. Н., Столяревский А. Я., Пахомов В. П., Атомно-водородная энергетика. -М.: Энергоатомиздат, 2008. – 108 с.: ил.
- остин В. И., Кодочигов Н. Г., Васяев А. В. и др. МГТ-Р – инновационная ядерная технология для комбинированного производства водорода и электроэнергии // Доклад на 2-й Российской научно-технической конференции «Материалы ядерной техники» (МАЯТ-2), 26-30 сентября 2005 г.
- .Z. Aminov, A.N. Bairamov. Performance evaluation of hydrogen production based on off-peak electric energy of the nuclear power plant. International Journal of Hydrogen Energy 42(34), 21617-21625 – 2017.
- ономарев-Степной Н. Н., Столяревский А. Я. Атомно-водородная энергетика // Альтернативная энергетика и экология, 2004, №3(11).