

# ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

МАРИАННА БРОДАЧ, НИКОЛАЙ ШИЛКИН

Один из наиболее эффективных и экологически чистых способов получения электрической энергии – топливные элементы. В настоящее время топливные элементы применяют в самых разных областях – как стационарные электростанции, автономные источники тепло- и электроснабжения зданий, двигатели транспортных средств, ведутся работы по использованию их в качестве источников питания ноутбуков и мобильных телефонов.

В середине XIX века английский ученый Уильям Гроув создал «газовую батарею», в которой в процессе электрохимической реакции водорода и кислорода происходило образование молекул воды, при этом выделялась тепловая и электрическая энергия. Это и был первый топливный элемент, практическое применение которого началось в 1960-х годах в космической отрасли, где был необходим надежный, компактный и эффективный источник для энергоснабжения космических аппаратов.

## Принцип работы

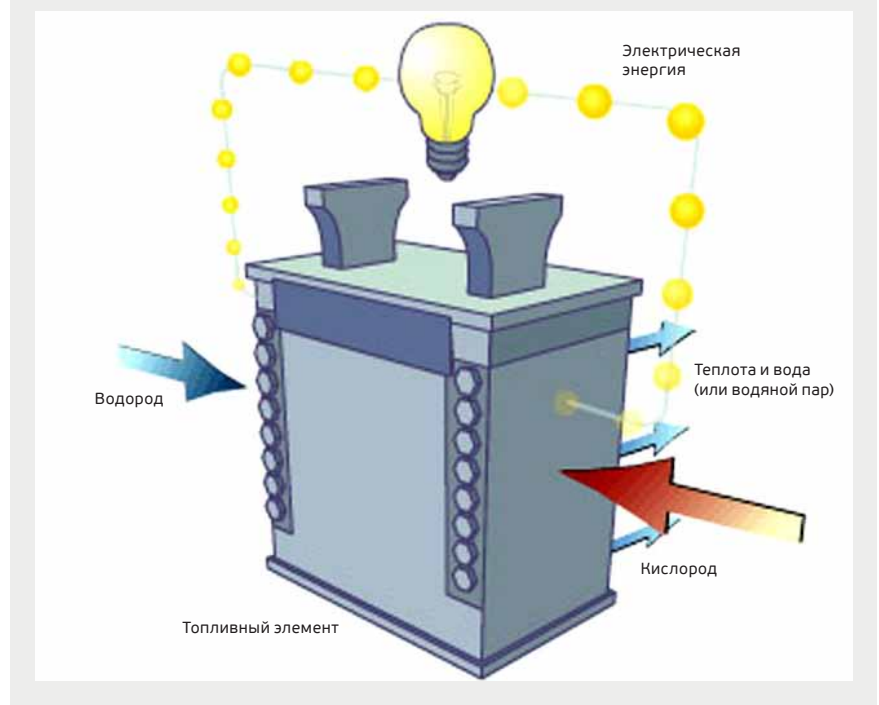
С практической точки зрения топливный элемент напоминает обычную гальваническую батарею. В отличие от батареи для производства электрической энергии он использует топливо, подаваемое от внешнего источника.

Топливный элемент преобразует химическую энергию топлива в электрическую напрямую, без процесса горения. Прямое электрохимическое

преобразование топлива очень эффективно и привлекательно с точки зрения экологии, поскольку в процес-

се работы выделяется минимальное количество загрязняющих веществ, а также отсутствуют сильные шумы

СХЕМА ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА



## Техническое помещение экологического центра военной базы Fort Bragg

и вибрации. Для производства электрической энергии используют чистый водород, природный газ, аммиак, метанол, бензин и другое водородосодержащее сырье.

Источником кислорода является обычный воздух.

Когда в качестве топлива применяют чистый водород, выделяются теплота, вода (или водяной пар) и электрическая энергия. Следовательно, такой процесс не влечет за собой загрязнения воздушной среды и не создает парникового эффекта.

Если же используют водородосодержащее сырье, например природный газ, побочным продуктом реакции будут и другие газы – оксиды углерода и азота. Тем не менее и в этом случае выбросы в атмосферу загрязняющих веществ при эксплуата-



ции топливных элементов настолько низки, что в некоторых районах США для их использования не требуется специального разрешения от государственных органов, контролирующих качество воздушной среды.

Процесс химического преобразования топлива с целью получения водорода называется реформингом, а соответствующее устройство – реформером.

## Пример реализации

Использование топливных элементов – перспективное направление в развитии автономных источников энергии (например, для энергоснабжения частных жилых домов и небольших офисов посредством небольших установок мощностью 3–5 кВт). Для оценки эффективности таких решений был реализован демонстрационный

### ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Тип элемента	Диапазон рабочей температуры, °С	КПД (производство электрической энергии), %	Суммарный КПД, %
С протонообменной мембраной (PEMFC)	60–160	30–35	50–70
На основе ортофосфорной (фосфорной) кислоты (PAFC)	150–200	35	70–80
На основе расплавленного карбоната (MCFC)	600–700	45–50	70–80
Твердотельные оксидные (SOFC)	700–1 000	50–60	70–80

### КЛАССИФИКАЦИЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Область применения	Номинальная мощность, кВт	Примеры применения
Стационарные установки	5–250 и выше	Автономные источники тепло- и электроснабжения жилых, общественных и промышленных зданий, источники бесперебойного питания, резервные и аварийные источники электроснабжения
Портативные установки	1–50	Дорожные указатели, грузовые и железнодорожные рефрижераторы, инвалидные коляски, тележки для гольфа, космические корабли и спутники
Мобильные установки	25–150	Автомобили, автобусы и другие транспортные средства, военные корабли и субмарины
Микроустройства	1–500	Мобильные телефоны, ноутбуки, различные бытовые электронные устройства, современные военные приборы



Размещение топливного элемента SU-1



### Водопровод и газовая магистраль

проект экологического центра военной базы Fort Bragg. В ходе реализации данного проекта не было задачи по снижению эксплуатационных рас-

ходов. Изучалась лишь возможность практического использования нового способа получения электрической энергии непосредственно на месте ее потребления.

Центр, несмотря на свое общественное назначение, представляет собой небольшое здание, аналогичное малоэтажным жилым домам. Опыт его эксплуатации может быть учтен и при проектировании, например, коттеджей.

Недостаток проекта в том, что стоимость 1 кВт·ч произведенной электроэнергии превышает стоимость энергии, которая поставляется из энергосистемы штата. Достоинство же про-

### ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗДАНИИ

**Наименование:** экологический центр военной базы Fort Bragg.

**Расположение:** Фейетвилл (США).

**Основное назначение:** общественное здание.

**Реализация проекта:** 2001 год.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА SU-1

**Установочная мощность** – 5 (максимальная); 2,5; 4 кВт.

**Вырабатываемая электрическая энергия** – 120/240 В, 60 Гц.

**Потребляемое топливо:** природный газ.

**Выделяемые загрязнения:**

- $\text{NO}_x < 5 \text{ ppm}$ ;
- $\text{SO}_x < 1 \text{ ppm}$ .

**Уровень шума** – менее 70 дБ(А).

**Габаритные размеры (длина × ширина × высота)** – 2,15 × 0,81 × 1,73 м.

**Диапазон рабочей температуры** –  $-18...40 \text{ }^\circ\text{C}$  (допускается наружная установка).

екта в его экологичности, хотя результаты уменьшения вредных выбросов сложно оценить экономически.

Рядом с техническим помещением экологического центра был установлен топливный элемент SU-1 производства компании Plug Power Corporation. Этот топливный элемент относится к типу PEM (с протонообменной мембраной), для функционирования которого необходимо некоторое количество воды. Его мощность составляет 5 кВт, рабочее напряжение 120/240 В, 60 Гц переменного тока. Топливный элемент установлен параллельно основной системе электроснабжения здания и работает при номинальной мощности 2,5 кВт. Он снабжен счетчиком электроэнергии и газовым счетчиком, что позволяет оценить его эффективность. Кроме этого, посредством обычной телефонной линии установлено модемное соединение с эксплуатирующей организацией, что позволяет оперативно получать информацию о различных нештатных и аварийных ситуациях, необходимости сервисного обслуживания и т.д.

Топливный элемент предназначен только для электроснабжения здания – тепловая энергия не используется.

Выбор места размещения топливного элемента определялся удобством подключения всех необходимых коммуникаций (газ, вода и электрическая энергия). Топливный элемент был размещен на улице у стены здания, для чего пришлось срубить одно дерево. Для устройства основания высотой 30 см был вырыт грунт на глубину 15 см и засыпан гранитной крошкой.

Из технического помещения к топливному элементу подводится вода, необходимая для его функционирования, в этом же помещении находится и электрическое оборудование. Точка подключения к газовой магистрали располагается с другой стороны здания, там же установлен и газовый счетчик. Регулятор давления газа входит в состав топливного элемента. Длина электрического кабеля составляет примерно 8 м, водяных труб – также 8 м, газовой трубы – 15 м.

Топливный элемент не является единственным источником электроэнергии в здании, а комбинируется с внешними источниками. Энергоснабжение данного здания может осуществляться от городской электросети в случае сбоев в работе топливного элемента или при превышении максимально допустимой нагрузки. Для автоматического отключения то-

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА SU-1, ДОЛЛ. США\*

### Первоначальные затраты

Топливный элемент SU-1 мощностью 5 кВт	42 500
Доставка оборудования	1 000
Электрооборудование и его монтаж	4 200
Механическое оборудование и его монтаж	2 400
Электросчетчик	800
Подготовка площадки, материалы	925
Обслуживание	6 500
Ввод в эксплуатацию	5 000
<b>Итого</b>	<b>63 325</b>

### Среднегодовые эксплуатационные затраты

Природный газ (при номинальной мощности 2,5 кВт)	1 502
Вода	8,31
<b>Итого</b>	<b>1 510,31</b>

\* Приведены цены, актуальные на момент реализации проекта.

пливного элемента в схему включено защитное реле.

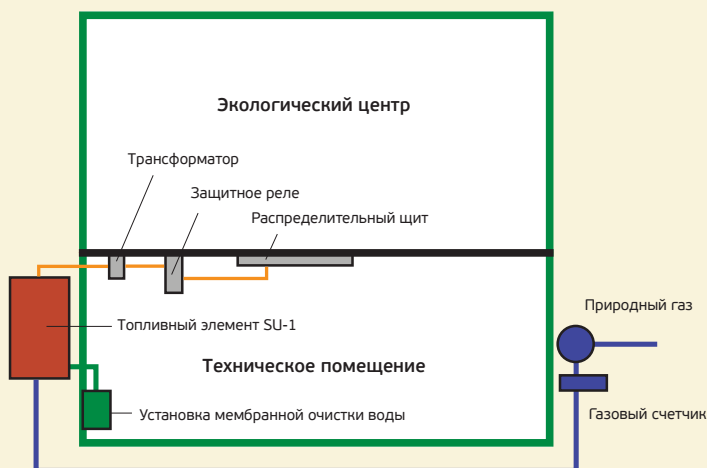
Топливный элемент комплектуется установкой мембранной очистки воды (обратного осмоса). Эта установка располагается в техническом помещении и предназначена для очистки технической воды, подаваемой к топливному элементу. Для предотвращения замерзания воды трубопровод снабжен подогревом.

Рассмотрим экономические показатели данного проекта.

Среднегодовая производительность топливного элемента составляет 19710 кВт•ч. Таким образом, стоимость 1 кВт•ч произведенной электроэнергии без учета затрат на обслуживание и амортизацию оборудования составляет 0,0766 долл. США за 1 кВт•ч.

Очевидно, что с учетом дополнительных затрат на амортизацию оборудования и обслуживание стоимость электроэнергии даже выше стоимости электрической энергии, поставляемой из городской электросети. В некоторой степени это связано с тем, что в данном проекте не используется тепловая энергия. Однако этот опыт может быть интересен для нашей страны, поскольку в ряде регионов стоит проблема дефицита и высокой стоимости электрической энергии и в то же время имеются запасы относительно дешевого природного газа. ●

## СХЕМА РАЗМЕЩЕНИЯ ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА И КОММУНИКАЦИЙ



## ОБ АВТОРАХ

**Марианна Бродач** – вице-президент НП «АВОК», профессор МАРХИ, главный редактор журнала «Здания высоких технологий».  
**Николай Шилкин** – канд. техн. наук, доцент МАРХИ.

# ЛЮКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ДЫМОУДАЛЕНИЯ И СНЕГОВАЯ НАГРУЗКА

**Л**юки дымоудаления компании «Керапласт» прошли сертификацию на соответствие Федеральному закону от 22.07.2008 № 123-ФЗ и ГОСТ Р 53301–2009 в Санкт-Петербургском филиале ФГБУ ВНИИПО МЧС России.

В соответствии с ГОСТ Р 53301–2009 «Клапаны противопожарные вентиляционных систем. Метод испытаний на огнестойкость» (п. 5.8.3), крышка люка дымоудаления должна преодолевать снеговую (механическую) нагрузку не менее  $600 \pm 50 \text{ Н/м}^2$ . СНиП 2.01.07–85\* «Нагрузки и воздействия»

(с изменениями от 29.05.2003) вводит значения веса снегового покрова на  $1 \text{ м}^2$  горизонтальной поверхности земли ( $80\text{--}560 \text{ кгс/м}^2$ ), а также содержит методику перехода от веса снегового покрова на земле к снеговой нагрузке на покрытие.

Довольно часто некоторые проектировщики и представители надзорных органов пытаются напрямую соотнести снеговую нагрузку на горизонтальной кровле к нагрузке на крышку люка дымоудаления, что, на наш взгляд, не совсем корректно.



## О КОМПАНИИ

Компания ООО «Керапласт» (дочерняя структура финского концерна «КЕРА ГРУП») специализируется в том числе на производстве люков дымоудаления и светопрозрачных зенитных фонарей.

197348, Санкт-Петербург,  
Коломяжский проспект, д. 10, лит. И  
Тел. (812) 406-88-82  
Факс (812) 406-88-83  
info@keraplast.ru



Информация на с. 92 публикуется на правах рекламы.

Для иллюстрации этой точки зрения приведем выдержку из инженерно-строительных нормативов Финляндии (RIL): «... Если наименьший угол установки крышки люка больше  $45^\circ$  и снег свободно соскальзывает с конструкции, можно использовать люки, которые относятся к классу SL 0 (нулевая снеговая нагрузка). Это предполагает, что высота основания люка должна быть выше толщины снежного покрова, скопившегося на крыше».

Такая же четкая формулировка относительно снеговой нагрузки на крышку люка дымоудаления необходима и в СНиП 2.01.07–85\*. Кроме того, упомянутое в ГОСТ Р 53301–2009 значение снеговой (механической) нагрузки на крышку люка может быть принято в качестве базовой на территории России. Высота основания люка при этом должна быть больше толщины снежного покрова, скопившегося на крыше, а люки должны размещаться в той зоне крыши, где не образуются так называемые снежные мешки. ●

[www.keraplast.ru](http://www.keraplast.ru)

# INTERLIGHT MOSCOW

powered by **light+building**

В рамках международной выставки декоративного и технического освещения, электротехники и автоматизации зданий

**7 ноября 2013**  
ЦВК «Экспоцентр», Москва

Международный форум  
«Автоматизация зданий и энергоэффективность»

При поддержке:



[www.interlight.messefrankfurt.ru](http://www.interlight.messefrankfurt.ru)



**messe frankfurt**

