

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЖИЛОМ СЕКТОРЕ



Жилыми зданиями потребляется значительная доля энергии, и поэтому применение энерго-сберегающих технологий в бытовом секторе в перспективе дает возможность существенно снизить энергоемкость экономики. Одной из наиболее перспективных инновационных технологий, обеспечивающих эффективное использование энергии и экономию невозобновляемых энергоресурсов, является применение топливных элементов. Главным недостатком топливных элементов на сегодняшний день является их высокая стоимость. В настоящей статье приведены результаты исследования эффективности применения топливных элементов в жилом секторе, проведенного зарубежными специалистами. Ими было выполнено энергетическое моделирование установки на основе топливных элементов с тепловым насосом, предназначенной для энергоснабжения типовых жилых зданий в различных климатических зонах, и проведено сравнение с системой теплоснабжения традиционного типа.

Системы на основе топливных элементов

Системы на основе топливных элементов обладают высоким коэффициентом полезного действия и минимизируют вредное воздействие на окружающую среду. На фоне растущего спроса на технологии малой энергетики такие системы все чаще выбираются за рубежом в качестве бытовых источников энергоснабжения.

Проектировать систему на базе топливных элементов правильнее всего на основании реальных данных по годовой энергетической на-

грузке, которую можно разделить на электрическую и тепловую.

Природный газ является наиболее доступным источником энергии для топливного элемента. Топливные элементы, работающие на при-

родном газе, обладают пониженной энергоэффективностью при работе с частичными нагрузками: они требуют предварительного нагрева и не способны быстро реагировать на переменную нагрузку.

Таблица 1 Общие свойства установки на топливных элементах, применяемой в жилом доме

Выработка энергии, кВт • ч	электрической	1,0
	тепловой	1,3
Энергоэффективность (КПД), %	по электричеству	34,0
	по теплу	44,0
Источник энергии: природный газ Габариты: высота 800 мм, ширина 500 мм, глубина 580 мм		

Таблица 2 Характеристика климатических зон

Зона	ГСОП, град.-сут.	ГСОхП, град.-сут.	Количество дней с температурой наружного воздуха	
			ниже -15 °С	выше 22 °С
1 – теплый климат	983	627	130	137
2 – умеренный климат	1 702	169	186	88
3 – холодный климат	2 327	165	204	68
4 – континентальный климат	4 665	286	286	5

В табл. 1 приведены общие свойства бытовой установки на базе топливных элементов.

Различные системы на базе топливных элементов

В литературных источниках предлагается и анализируется несколько систем на базе топливных элементов. В жилых домах можно использовать как твердотельные оксидные топливные элементы (SOFC), так и топливные элементы с протонообменной мембраной (PEMFC).

Сравнение систем энергоснабжения

Предложен метод сравнения системы энергоснабжения на базе топливных элементов с традиционной системой теплоснабжения. Системы на базе топливных элементов были спроектированы для одинаковых типовых зданий, расположенных в четырех климатических зонах, характеризующихся разным количеством градусо-суток отопительного периода (ГСОП) и периода охлаждения (ГСОхП) (табл. 2). В каждой из рассматриваемых зон отмечены преимущества использования топливных элементов: низкие эксплуатационные расходы и небольшие объемы выбросов CO₂, что обусловлено экономичным потреблением и более эффективным использованием природного газа.

Ежегодное энергопотребление было определено для среднего пользователя и включало энергозатраты на отопление, охлаждение, горячее водоснабжение и использование электрической энергии бытовыми приборами. Экономия эксплуатационных расходов и снижение выбросов CO₂ рассчитывались на каждый год и 15-летний период. В расчетах на долгосрочный период использовался метод расчета чистых дисконтированных затрат. Объемы выброса CO₂ рассчитывались с использованием международных данных по угле-

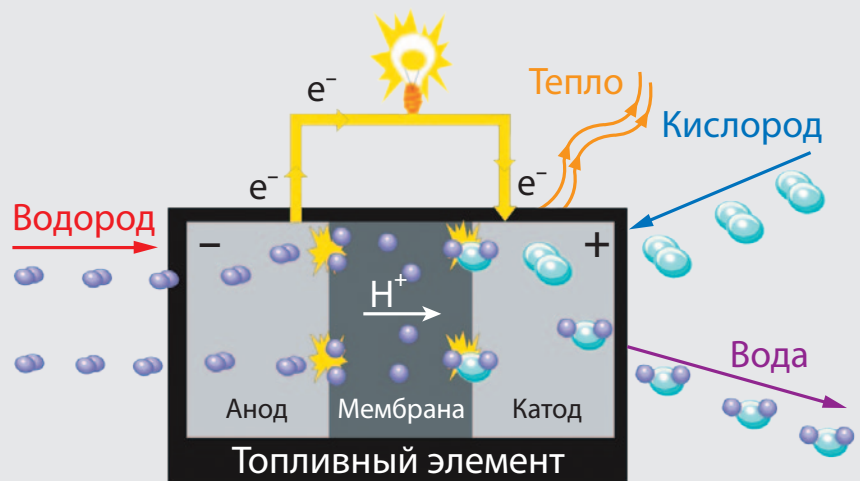
родному следу (carbon footprint). Срок окупаемости определялся при помощи простого (бездисконтного) метода.

Исходные условия исследований

Исследуемое здание представляет собой типичный двухэтажный жилой дом площадью 206 м², рассчитанный на четырех человек. Ежедневное потребление электроэнергии составляет 16 кВт·ч, а среднее потребление горячей воды – 300 л/сут.

СПРАВКА

Принцип работы топливного элемента (газовой батареи): в процессе электрохимической реакции водорода и кислорода происходит образование молекул воды и при этом выделяется тепловая и электрическая энергия.



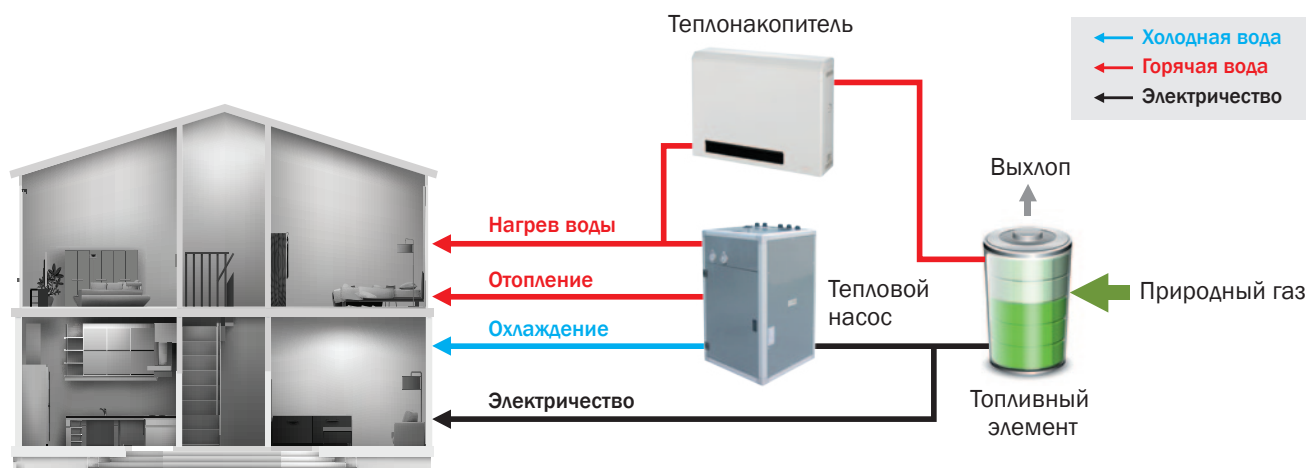


Рис. 1. Схема системы энергоснабжения жилого дома на базе топливных элементов

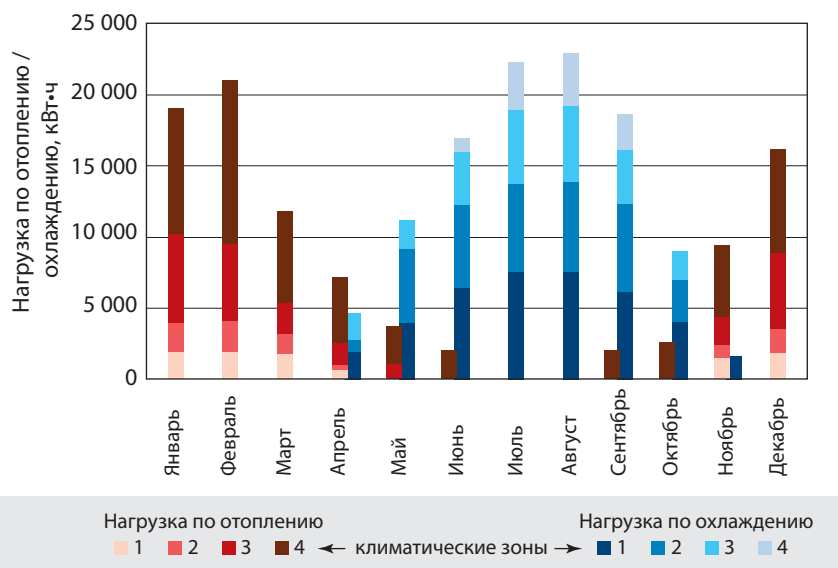


Рис. 2. Месячные нагрузки по отоплению / охлаждению, рассчитанные при помощи программы NAP

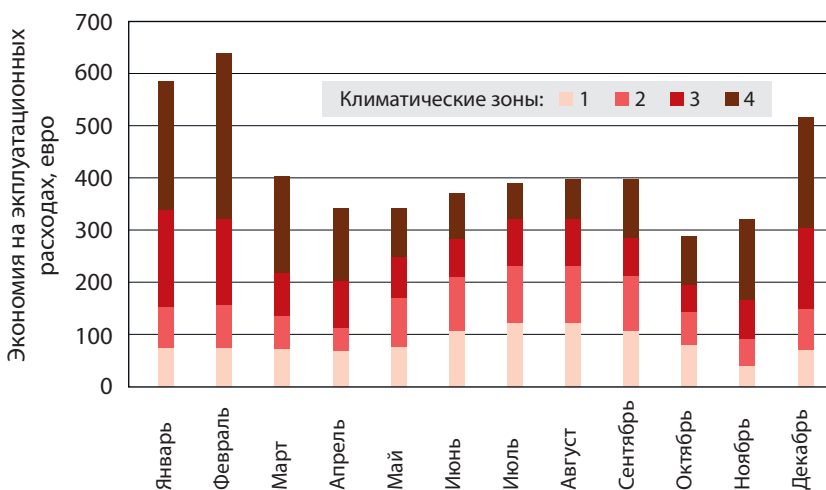


Рис. 3. Снижение эксплуатационных расходов (экономию) при использовании системы на базе топливных элементов

Традиционная система тепло-снабжения включает конденсационный котел для отопления и бытового горячего водоснабжения, а также холодильную установку для кондиционирования воздуха. Для отопления и охлаждения в рассматриваемом здании используются доводчики (фэнкойлы). Электроснабжение обеспечивается городскими сетями.

Внедряемая в рассматриваемое здание система энергоснабжения на базе топливных элементов, работающих на природном газе, включает тепловой насос для отопления и ГВС, охлаждения и предусматривает выработку электрической энергии (рис. 1), в том числе для работы теплового насоса. Во время работы выделяется углерод. Весь процесс заключается в использовании природного газа для производства электроэнергии.

Расчет нагрузок по отоплению и охлаждению проводился посредством программы почасового анализа (Hourly Analysis Program – NAP) на основании регистрируемых данных. NAP – это программное обеспечение для энергетического моделирования, получившее мировое признание и использующее стандарты ASHRAE.

Таблица 3 Экономические показатели использования системы энергоснабжения на топливных элементах (годовые и на 15-летний период)

Климат	Тип системы	Инвестиции, долл. США	Экспл. расходы, долл. США/15 лет	Чистая текущая стоимость, долл. США/15 лет	Бездисковый период окупаемости, долл. США/год	Углеродный след, кг CO ₂ /15 лет	Период окупаемости, лет
Зона 1	Традиционная	5 110	32 937	14 190	2 196	162 300	11,7
	Топл. элемент	16 940	17 826	7 680	1 189	86 550	
	Экономия	-11 830	15 111	6 510	1 007	75 750	
Зона 2	Традиционная	5 110	30 930	12 990	2 063	141 990	12,2
	Топл. элемент	16 940	16 405	6 888	1 094	86 295	
	Экономия	-11 830	14 525	6 102	969	55 695	
Зона 3	Традиционная	5 110	35 566	15 323	2 371	174 150	9,6
	Топл. элемент	16 940	17 148	7 388	1 143	84 900	
	Экономия	-11 830	18 418	7 935	1 228	89 250	
Зона 4	Традиционная	5 110	46 297	19 946	3 087	225 150	6,6
	Топл. элемент	16 940	19 535	8 416	1 302	96 450	
	Экономия	-11 830	26 762	11 530	1 785	128 700	

Анализ полученных результатов

Тепловые нагрузки существенно различаются в зависимости от климатической зоны (рис. 2). В зонах 3 и 4 с континентальным климатом годовая нагрузка по отоплению выше, чем для зон 1 и 2. И наоборот, благодаря более теплому климату охлаждение становится важнее, чем отопление в зонах 1 и 2.

Экономия определяется разницей в эксплуатационных расходах между традиционной системой и системой на базе топливных элементов и является прямой функцией от величины нагрузок по отоплению и охлаждению (рис. 3). Технология на базе топливных элементов более выгодна в континентальном климате, что обусловлено нагрузкой по отоплению. В умеренных климатических зонах выгода от применения топливных

элементов зависит от потребности в охлаждении.

Системы на топливных элементах значительно влияют на объем выбросов углерода. Кроме того, с увеличением потребности в тепловой нагрузке количество выбросов CO₂ растет, поэтому континентальные зоны, где более низкие зимние температуры и длительный отопительный период, характеризуются большими выбросами углерода.

Окупаемость инвестиций и величина экономии от использования системы энергоснабжения на базе топливных элементов различаются из-за климатических условий (табл. 3). Однако если срок окупаемости приемлем в континентальном климате, это будет верно и для очень жаркого климата. В умеренных климатических зонах срок окупаемости больше, и на данный момент такие системы сложно реализовать.

Выводы

В результате исследования подтверждена эффективность новой технологии – системы на базе топливных элементов, которая применялась в жилом доме. Система энергоснабжения на базе топливных элементов оказалась более эффективной, чем традиционная. Эксплуатационные расходы уменьшились приблизительно на 50%. Еще один важный момент – снижение объемов выбросов углерода.

Обсуждались вопросы экономической доступности данной технологии и в результате сделан вывод, что бытовое применение системы на базе топливных элементов осложняется ее дороговизной. На протяжении последних лет активно ведутся работы по ее усовершенствованию, и в ближайшем будущем ожидается снижение ее стоимости. ■

Статья подготовлена по материалам журнала «The REHVA European HVAC Journal», № 51/2, март 2014 года