

Рис. 3. Зависимость поляризационного сопротивления от времени испытаний, $T = 850\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_{O_2} = 10^{-2}$ атм

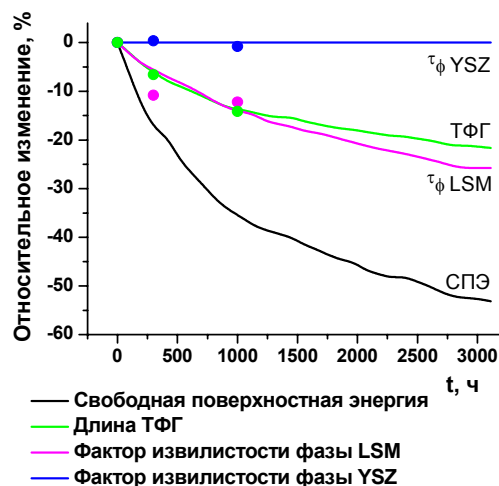


Рис. 4. Зависимость относительного изменения длины ТФГ, свободной поверхностной энергии, факторов извилистости фаз LSM и YSZ от времени, $T = 850\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_{O_2} = 10^{-2}$ атм

В случае с активатором, кинетика деградации, по-видимому, определяется деградацией микроструктуры самой активирующей добавки. Происходит процесс перекристаллизации оксида празеодима с образованием сравнительно более крупных частиц (показано стрелкой на рис. 2). Укрупнение частиц приводит к уменьшению протяженности трехфазной границы (ТФГ) – активной зоны электрохимической реакции. На фоне данного процесса влияние огрубления фазы LSM на поляризационное сопротивление активированных ячеек обнаружить не удалось. Возможно, это влияние проявится при более длительных временах испытания.

Библиографический список

1. Ni M., Zhao T. Solid Oxide Fuel Cells: From Materials to System Modeling // The Royal Society of Chemistry. 2013. P. 510.
2. Ananyev M., Gavrilyuk A., Bronin D., Steinberger-Wilckens R., Mertens J. SOFC degradation quantification using image analysis // Proceedings of 15th European Fuel Cell Forum. 2011. P. 21–34.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Федотова А.М., Горелов М.В.

Московский энергетический институт, gorelov_mikhail@mail.ru

Основным видом применяемых в России утеплителей являются минераловатные изделия, доля которых в общем объеме производства и потребления составляет более 65 %, около 8 % приходится на стекловатные материалы, 20 % – на пенополистирол и другие пенопласты, доля теплоизоляционных ячеистых бетонов не превышает 3 %, вспученного перлита, вермикулита и изделия на их основе – 2...3 % (по вспученному продукту).

Все большую популярность на современном этапе развития рынка утеплителей приобретает жидкая тепловая изоляция. Производители данного вида теплоизоляции отмечают следующие преимущества:

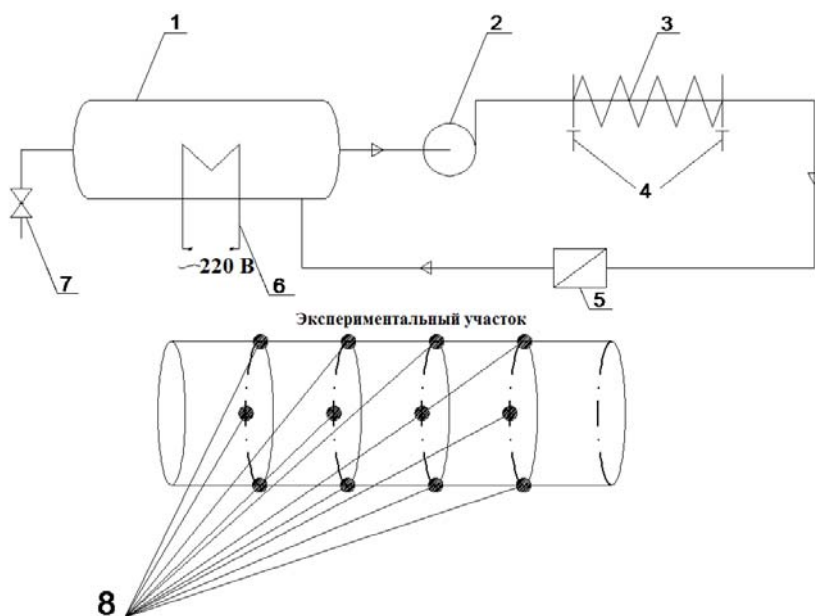
- термоизоляция – 1 мм покрытия соответствует 50 мм минераловатной плиты;
- высокие антикоррозионные свойства;
- возможность покрытия в труднодоступных местах или сложных поверхностях (колена труб, сферические емкости и т.п.);
- гарантийный срок покрытия — от 15 лет;
- возможность использования жидкой теплоизоляции в качестве финишного фасадного покрытия (возможна колеровка);
- не уменьшает пространства помещения;
- всесезонность выполнения работ, скорость и простота выполнения работ.

Цель настоящей работы – определение действительных значений коэффициента теплопроводности жидкой и других видов тепловой изоляции, сравнение полученных значений.

Для этого было взято два идентичных участка трубы из углеродистой стали длиной 682 мм и наружным диаметром 155 мм. Толщина стенки была измерена толщиномером и составила 1,5 мм.

На участок трубы, имитирующий трубопровод, были нанесены различные теплоизоляционные покрытия: минеральная вата, вспененный каучук, жидкая теплоизоляция. Также был проведен эксперимент с неизолированным участком.

На рисунке представлена принципиальная схема экспериментальной установки.



Принципиальная схема экспериментальной установки
 1 – расширительный бак,
 2 – центробежный насос,
 3 – экспериментальный участок трубопровода,
 4 – подвижные опоры трубопровода, 5 – водомер,
 6 – электронагреватель,
 7 – спускной кран,
 8 – датчики температуры

Для нагрева и прокачки воды использовался термостат марки *Thermo NESLAB RTE 10*, который представляет собой емкость для заполнения водой (бассейн), встроенный нагреватель воды, встроенный циркуляционный насос, 2 патрубка для подсоединения к контуру циркуляции воды, а также информационный дисплей,

показывающий температуру воды в бассейне. Для моделирования условий эксплуатации прокачивалась вода, нагретая до 85 °С.

Для измерения температуры на поверхности изолированного и неизолированного трубопроводов использовался контактный метод. Измерения проводились с помощью прибора ИТП-МГ4.03 «Поток» (3 шт.). Суммарное количество датчиков температуры, использовавшихся для контроля измеряемой величины – 12 шт. для измерений на неизолированной трубе и 18 шт. для измерений на изолированных трубопроводах. Помимо температуры на поверхности изолированного и неизолированного трубопроводов, во время эксперимента также замерялась температура окружающей среды с помощью 2-х канального логгера данных температуры и влажности «Testo 175 H1». При наличии тепловой изоляции измерения проводились на поверхности изоляции и под изоляцией. Измерения проводились в стационарном режиме.

Результаты экспериментальных исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты экспериментального определения температуры

Тип изоляции	Средняя температура на поверхности изоляции, °С	Средняя температура на поверхности трубы под изоляцией, °С	Средняя температура окружающей среды, °С
1. Без изоляции	-	78,21	19,47
2. Вспененный каучук	32,55	79,39	19,71
3. Минеральная вата	27,25	81,87	19,87
4. Жидкая теплоизоляция	73,85	79,05	20,72

Расчет коэффициента теплопроводности проводился на основе полученных результатов. За основу было взято предположение, что тепловой поток с поверхности изолированной трубы равен тепловому потоку, проходящему через слой тепловой изоляции. Плотность теплового потока с поверхности трубы рассчитывался по зависимости

$$q = \alpha_{\Sigma} \cdot (t_{из} - t_0), \quad (1)$$

где α_{Σ} – суммарный коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К); $t_{из}$ – средняя температура на поверхности изоляции, °С; t_0 – средняя температура окружающей среды, °С.

Коэффициент теплоотдачи

$$\alpha_{\Sigma} = \alpha_{л} + \alpha_{к}, \quad (2)$$

где $\alpha_{л}$ – радиационный коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К); $\alpha_{к}$ – конвективный коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К).

Найдя тепловой поток по формуле (1), возможно определить коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала

$$\lambda_{из} = \frac{q \cdot \delta}{t_{тр} - t_{из}} \quad (3)$$

где $t_{тр}$ – средняя температура на поверхности трубы под изоляцией, °С; δ – толщина слоя изоляции, м.

Результаты расчетов сведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчетов значений коэффициента теплопроводности различных теплоизоляционных материалов

Тип теплоизоляции	Экспериментальное значение коэффициента теплопроводности, Вт/(м·К)	Значение коэффициента теплопроводности по данным производителя, Вт/(м·К)
Вспененный каучук	0,047	0,039
Минеральная вата	0,046	0,040
Жидкая теплоизоляция	0,08	0,0012

На основании представленных данных можно сделать вывод о том, что экспериментальные значения коэффициентов теплопроводности вспененного каучука и минеральной ваты отличаются от значений, заявленных производителями, не более чем в 1,21 раза. Отличие реального значения коэффициента теплопроводности жидкой теплоизоляции от значения, заявленного производителем, достигает 66,67 раз.

Причиной этого может быть:

- нарушение технологии нанесения жидкой тепловой изоляции;
- ошибочно заявленное производителем значение коэффициента теплоотдачи;
- контрафактная продукция.

С целью подтверждения или опровержения полученных данных необходимо провести серию дополнительных экспериментов на образцах разной геометрии и протяженности.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ БЕДНЫХ ГАЗОВ

*Филиппов П.С., Абаимов Н.А., Буян Б.
УрФУ, tes.urfu@mail.ru*

Камера сгорания для сжигания бедных газов имеет свои особенности конструкции и установки в общую систему ГТУ достигнутых параметров. Для того чтобы компенсировать низкое значение теплоты сгорания бедных газов, система подачи топлива должна обеспечивать гораздо больший расход, чем система топливоподачи газа с высокой теплотой сгорания. По причине большого массового расхода газа с низкой теплотой сгорания, выходное сечение для топлива должно иметь большее поперечное сечение, чем при использовании природного газа. При этом необходимо поддерживать равномерное распределение температуры в камере сгорания и избегать локальных перегревов во избежание больших выбросов NO_x [1].

В качестве исходных данных использовались результаты, полученные в диссертациях Никулиной А.Ю. [2] и Абатуровой О.С. [3]. На основе данных