

УДК 621.315.614:621.311.25

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРБОНОВОГО МАТЕРИАЛА В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ НА АЭС

Джеймсон М., Севриков В.В., Чибисова Л.Б.

Исследована возможность использования карбонового материала в качестве термоизоляции трубопроводов на АЭС. Предлагается один из возможных вариантов этого применения.

В настоящее время существует ряд трудностей при обеспечении теплоизоляции трубопроводов на АЭС. Причина заключается в специфических условиях эксплуатации самих трубопроводов

Основные технические требования к конструктивному исполнению и материалам тепловой изоляции сводятся к обеспечению высоких теплоизоляционных свойств в сочетании с высокой механической прочностью; крепления теплоизоляции к трубопроводу без применения сварки; обеспечения влагонепроницаемости; устойчивости к дезактивирующим растворам с температурой до 100°C, растворам кислот и щелочей. Применяемые материалы в процессе эксплуатации (во всех проектных режимах, включая аварийные) не должны выделять пожароопасные, взрывоопасные и токсичные вещества, а также водород при любых воздействиях.

В настоящее время на АЭС применяется тепловая защита трубопроводов выполненная следующим образом: теплоизоляционный слой состоит из специальных прошивных матов, выполненных из волокнистого материала, обшитого со всех сторон специальной тканью, как правило, это обычная стеклоткань. Толщина матов около 100 мм. Маты наполнены минеральным наполнителем в виде волокон до 15 мм длиной. В качестве такого наполнителя может использоваться базальтовое тонкое волокно. Маты крепятся на трубопроводы с помощью специальных металлических конструкций (скоб, планок и т.д.). В конструкции предусмотрена защита от попадания прямой струи воды и механических воздействий в виде кожуха выполненного из лакированного алюминия.

В мировой практике применяются аналогичные конструкции-сэндвичи, отличающиеся лишь применяемыми волокнистыми материалами и культурой изготовления защитного кожуха так, например, изделия ведущей американской фирмы по производству теплозащитных конструкций применяемые на атомных станциях, The Engineered Systems Division (ESD),

которую представляет на Украине фирма «Promo technology» во главе с Ralf Blok. Немецкая фирма KAEFER (Bremen), специализирующаяся на изготовлении подобного рода тепловой изоляции, применяет металлическую конструкцию, внутри которой располагается спрессованный длинноволокнистый стекломатериал. Отличие от используемых конструкций – отсутствие так называемых матов. Само волокно контактируетс трубопроводом

Применяемые в настоящее время конструкции имеют ряд существенных недостатков, основные из которых состоят в следующем

1. Сложная и протяженная конфигурация трубопроводов не позволяет, как правило, выполнить теплоизоляционную конструкцию предприятию-изготовителю без последующих доработок в местах изгиба «по месту».

2. Достаточно большие габаритные размеры конструкций теплозащиты (толщина около 100 мм), кроме того, вся конструкция крепится с помощью крепежных элементов (болтов и др.), для закрепления которых требуется определенное пространство. Таким образом, трубопровод вместе с теплоизоляционной конструкцией занимает достаточно много места.

3. Нет необходимой защиты от попадания воды, которую требуют нормативные документы. Металлические кожухи, представляющие собой сочетание планок, пластин и т.д., могут лишь частично защитить от попадания на трубопровод прямой струи воды. Струя воды, идущая под наклоном, а также брызги свободно могут проникнуть внутрь материала тепловой защиты (в маты или в спрессованное стекловолокно). В этом случае вода не стечет сразу после ее попадания на защитную теплоизоляцию, а будет естественным образом высыхать, используя повышенную температуру самого трубопровода

4. При разрыве трубопровода из материала теплозащиты (матов, слоя стекловолокна) выбрасывается большое количество частиц минерального наполнителя, которые забивают все имеющиеся фильтры.

5. При аварии вся изоляция подлежит захоронению в могильнике радиоактивных отходов, поскольку провести дезактивацию практически невозможно.

6. Защита от разрыва трубопровода и от летящих предметов в используемых конструкциях осуществляется лишь частично, поскольку у используемых конструкций нет сплошного металлического кожуха

Для устранения или сведения к минимуму указанных выше недостатков предлагается использовать иную конструкцию тепловой защиты трубопровода с использованием нового поколения карбоновых материалов, в частности, с использованием материала Greenish Black Felt, поставляемого на рынок фирмой “FMJ Technologies, LLC” (США).

Этот материал изготовлен из карбона, усиленного нитями из кевлара. Кевлар – материал, используемый для защиты тела человека в бронежилетах, обладает значительной механической прочностью. Внешне он представляет собой материал зеленовато-черного цвета, на срезе которого хорошо просматриваются серебристые нити кевлара. Толщина материала и наличие в нем слоев кевлара могут быть различными, например, толщина материала может варьироваться от (1,55 до 10) мм. С увеличением количества слоев кевлара возрастает его механическая прочность.

Проведенные нами испытания показали стойкость к воздействию концентрированных кислот и щелочей. Кроме того, были проведены испытания на стойкость к воздействию высоких температур и прямого огня, которые показали, что материал не горит и не изменяет своих свойств при длительном воздействии температуры до 600°C. При воздействии в течение 20 минут открытого интенсивного пламени газовой горелки верхний слой карбона испытываемого образца (лицевой по отношению к пламени) до кевларового плетения испарился, а нижний слой остался без изменения. Во всех случаях испытывался образец толщиной 1,55 мм с одним слоем кевлара.

Результаты испытаний на теплопроводность проводились в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88. Результаты измерений плотности потока ИК-излучения (П1 – без материала, П2 – с материалом), а также расчетные значения коэффициентов теплопроводности λ образцов материалов представлены в таблице 1. Экспозиции теплового излучения 1, 5, 10 минут. Таблица 1 – Коэффициенты теплопроводности образца материала в два слоя

Расстояние r от источника тепла, м	1 мин			5 мин			10 мин		
	П1	П2	λ	П1	П2	λ	П1	П2	λ
0	1520	40	0,026	1600	40	0,025	1600	50	0,031
0,1	1250	30	0,024	1300	30	0,023	1300	40	0,031
0,2	950	20	0,021	1000	20	0,02	1000	30	0,03

По результатам испытания определено, что коэффициент теплопроводности стабилизируется после экспозиции нагрева более 5 минут, а коэффициент теплопроводности уменьшается примерно в два раза при использовании

материала в два слоя. Здесь показаны результаты исследования образца в два слоя, поскольку предлагаемый способ защиты предполагает наличие двух слоев материала на поверхности трубопровода

В нашем случае температура теплоносителя в трубе не превышает 320°C. Таким образом, запас по температурной устойчивости достаточно большой.

Материал обладает большой механической прочностью, таким образом, сам теплоизолирующий материал может защищать трубопровод от летящих предметов и разрывов определенной силы. При разрыве материала не разлетаются волокна, как это имеет место при разрыве матов или спрессованного волокнистого материала. В местах прорыва могут выделяться лишь незначительное количество маленьких по размеру ворсинок.

Одно из достоинств предлагаемого материала – возможность дезактивации. Отпадает необходимость его захоронения в могильнике радиоактивных отходов и есть возможность многократного использования материала.

Для сведения к минимуму недостатка по пунктам 1 и 2 предлагается нижеследующая технология нанесения защитного теплоизолирующего покрытия.

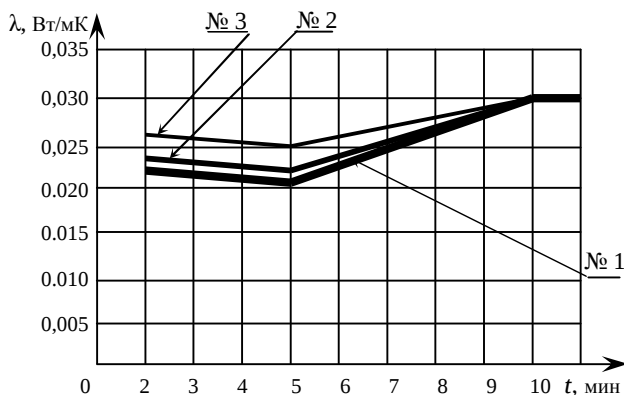


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента теплопроводности образца (в два слоя) от времени экспозиции и расстояния до источника тепла: линия № 1 – источник тепла находится на расстоянии 0,2 м; линия № 2 – для расстояния 0,1 м; линия № 3 – при расстоянии 0 м

Трубопровод обертывается («забинтовывается») полосой ткани шириной l из предлагаемого материала таким образом, чтобы перекрытие слоев составляло от 60% до 70% за каждый виток, как показано на рисунке 2. Таким образом, при «забинтовывании» трубопровода накладывается практически два слоя материала. При использовании максимальной толщины материала получится толщина изоляционного слоя около 20 мм с десятью слоями кевларовой сетки. Концы полотна закрепляются следующим слоем материала. Начало и конец можно закрепить специальным шнуром, изготавливаемым по этой же технологии из таких же составляющих элементов как предлагаемый материал. Это шнур Shoe

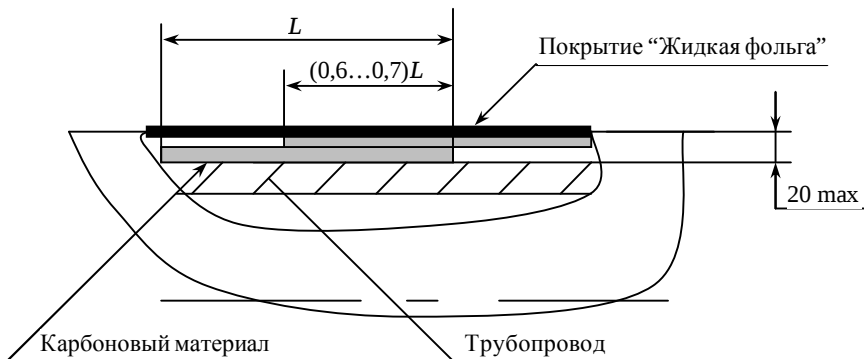


Рисунок 2 – Расположение слоев материала

string LT-600. Резко уменьшаются габариты конструкции. Нет необходимости использовать конструкции, выполненные, как правило, из плакированного алюминия, и крепежные металлические элементы. Кроме того, опадает необходимость их доработки «по месту». Очень важно, что материал можно использовать на изгибах трубопровода любой конфигурации. Подготовительная операция – это разрез материала на необходимую ширину полосы, но возможно заказать материал в виде ленты необходимой ширины.

Для защиты от воздействия воды предлагается на обработанный ткань трубопровод нанести методом распыления жидкую фольгу. После нанесения ее на любую поверхность образуется прочное эластичное пленочное покрытие, достаточно близкое по своим теплоотражающим свойствам к алюминиевой фольге. Рецептура краски позволяет наносить ее на ткани. Толщина пленки варьируется от 50 мкм до 100 мкм. Теплоотражающая краска технологична при монтаже и обладает высокими эксплуатационными характеристиками: теплоотражающие свойства, близкие к фольге; влагонепроницаемость; термостойкость; долговечность;

экологически чистая; хороший герметик и имеет антикоррозионные свойства [4].

Таким образом, применение этой краски дает возможность сделать теплоизолирующий слой водонепроницаемым, чего нет в применяемых конструкциях, а также увеличить термическое сопротивление теплоизоляционного слоя и придать красивый внешний вид.

Предлагаемое конструктивное решение тепловой защиты трубопроводов позволяет устранить отмеченные выше недостатки существующих способов и конструктивных решений, улучшить их эксплуатационные характеристики, технологичность и обеспечить красивый внешний вид. Данный способ тепловой защиты может быть использован и для других теплоэнергетических объектов.

Поступила в редакцию 26.03.2001 г.