

Большинство традиционных теплоизоляционных материалов содержат либо волокнистую [1], либо пористую структуру [2]. Известно, что увлажнение таких теплозащитных покрытий вызывает ухудшение их теплофизических характеристик [3]. Поэтому при использовании для теплоизоляции традиционных материалов практически всегда необходимо применение специальных гидроизоляционных покрытий. В качестве специальных гидроизоляционных покрытий используются герметизирующие [4] и гидроизолирующие [5] композиции. Разработанный нами теплозащитный состав отличается от традиционных теплоизоляторов использованием полых натрийборсиликатных микросфер, которые содержат замкнутые наполненные разреженным газом поры и придают теплозащитным покрытиям (ТЗП) высокие теплозащитные характеристики. Закрытые полости стеклянных микросфер, с насыпной плотностью 0,18-0,35 г/см<sup>3</sup> и размером от 10 до 100 мкм, непроницаемы для паров и конденсированной влаги [6], благодаря чему покрытие имеет низкую водопроницаемость, которая не зависит от срока эксплуатации. Малая чувствительность теплозащитного состава к воздействию воды делает незаменимым этот вид теплоизоляции при защите теплопроводов в затопляемых местах, например, в подвалах домов. Поэтому представлял интерес изучение изменения теплофизических характеристик теплозащитных составов в зависимости от степени увлажненности. Для оценки влияния увлажнения на теплофизические характеристики теплозащитных покрытий были измерены коэффициенты теплопроводности и термическое сопротивление различных по составу покрытий до и после воздействия воды. Были получены образцы теплозащитных композиций толщиной до 3 мм отверждением при комнатной температуре следующих составов: образец 1: акриловый сополимер Акрэмос 101 и микросферы стеклянные марки Т32 (32 масс. %); образец 2: акриловый сополимер Акрэмос 101 и микросферы стеклянные полые марки МС группы А2 (32 масс. %); образец 3: акриловый сополимер Акрэмос 101 и микросферы стеклянные полые марки МС-В группы 2Л (32 масс. %); образец 4: полиуретан «Аквапол-11» и стеклянные полые марки Т32 (38 масс. %). образец 5: акриловый сополимер Акрэмос 101, полиуретан Аквапол-11 (12 масс. %) и микросферы стеклянные полые марки МС группы А2 (36 масс. %); образец 6: акриловый сополимер Акрэмос 101, акриловый сополимер Акрэмос 402 (2 масс. %) и микросферы стеклянные полые марки МС-В группы 2Л (35 масс. %). Благодаря форме частиц, микросферы, как сыпучий материал, обладают повышенной текучестью, что обеспечивает хорошее заполнение объема. Используемые полые микросферы отличаются друг от друга прежде всего размером (мкм), истинной плотностью (г/см<sup>3</sup>) и коэффициентом заполнения объема (%). Так, например размер микросфер марки МС-В группы 2Л составляет от 20 до 190 мкм, марки МС группы А2 от 15 до 120 мкм, размер микросфер марки Т32 от 20 до 160 мкм. Сравнительная диаграмма водопоглощения приведенных выше составов

теплозащитных покрытий при выдержке в воде в течение 24 часов приведена на рисунке 1. Водопоглощение определяли по изменению массы образцов [7]. Видно, что образцы 2, 4 и 5 обладают высокой степенью водопоглощения (15-20 масс. %). Это связано, вероятно, с наличием в составе данных покрытий более гидрофильного и высоковязкого полиуретанового компонента, вследствие чего образуются пористые структуры в композиционных материалах. Кроме того, использование полых стеклянных микросфер марки МС группы А2 в составе композиций приводит к увеличению степени водопоглощения. Наименьшим водопоглощением обладают образцы 3 и 6. Таким образом, оптимальными компонентами являются акриловый сополимер Акрэмос 101 и микросферы стеклянные полые марки МС-В группы 2Л. Рис. 1 Сравнительная диаграмма водопоглощения различных составов теплозащитного покрытия за 24 часа

Для измерения коэффициента теплопроводности и термического сопротивления при комнатной температуре отвержденных образцов размером 10x10x0,3 см использовали прибор ИТП-МГ4-100, предназначенный для определения теплопроводности и термического сопротивления строительных материалов, а также материалов, предназначенных для тепловой изоляции промышленного оборудования и трубопроводов при стационарном тепловом режиме [8]. Прибор обеспечивает определение коэффициента теплопроводности в диапазоне от 0,02 до 1,5 Вт/(м К) и термического сопротивления в диапазоне от 0,01 до 1,5 м<sup>2</sup>•К/Вт. Для увлажнения образцы выдерживали в воде в течение 24 часов. Результаты измерений представлены в таблицах 1 и 2. Таблица 1

Теплофизические характеристики сухих образцов теплозащитных покрытий № обр

| № обр | Сухой образец | Коэффициент тепло-проводности, Вт/(мК) | Термическое сопротивление, м <sup>2</sup> К/Вт |
|-------|---------------|--|--|
| 1     | 0,104         | 0,047                                  | 2  |
| 2     | 0,101         | 0,064                                  | 3  |
| 3     | 0,071         | 0,068                                  | 4  |
| 4     | 0,092         | 0,044                                  | 5  |
| 5     | 0,099         | 0,044                                  | 6  |
| 6     | 0,069         | 0,062                                  |  |

Из представленных в таблице данных следует, что увлажнение образцов теплозащитных покрытий приводит к увеличению коэффициента теплопроводности – от 4,3 до 38,0 % и уменьшению теплового сопротивления – от 6,4 до 29,5 %. При увлажнении образец № 4 существенно теряет свои теплозащитные свойства, максимальное увеличение коэффициента теплопроводности (38,0%) и уменьшение теплового сопротивления (29,5%).

Таким образом, наименьшую степень изменения теплозащитных свойств в зависимости от увлажненности покрытий показывают композиции 3 и 6, следовательно, они могут быть рекомендованы для использования в условиях повышенной влажности. Таблица 2 Теплофизические характеристики влажных образцов теплозащитных покрытий № обр

| № обр | Влажный образец | Водопоглощение, масс. % | Коэффициент тепло-проводности, Вт/(мК) | Степень изменения% |
|-------|-----------------|-------------------------|--|--------------------|
| 1     | 6,10            | 0,133                   | 27,8                                   |                    |
| 2     | 21,2            | 0,037                   | 21,2                                   |                    |
| 3     | 20,00           | 0,126                   | 24,7                                   |                    |
| 4     | 17,1            | 0,053                   | 17,1                                   |                    |
| 5     | 5,20            | 0,076                   | 7,0                                    |                    |
| 6     | 7,0             | 0,063                   | 7,3                                    |                    |
| 7     | 15,80           | 0,127                   | 38,0                                   |                    |
| 8     | 0,031           | 29,5                    | 5                                      |                    |
| 9     | 15,10           | 0,115                   | 16,0                                   |                    |
| 10    | 0,037           | 15,9                    | 6                                      |                    |
| 11    | 4,70            | 0,072                   | 4,3                                    |                    |
| 12    | 0,058           | 6,4                     |  |                    |

С целью дальнейшего уменьшения водопоглощения ТЗП на основе 6 состава было

нанесено дополнительный защитный слой толщиной 0,1-0,2 мм с использованием водостойкой акриловой эмульсии марки «Акрэмос 101». На рисунке 2 представлены кривые изменения водопоглощения от времени выдержки в водной среде за 24 часа, отражающие процесс сорбции воды образцом № 6 теплозащитного покрытия без защитного слоя и защищенного акриловой эмульсией марки «Акрэмос 101». Рис. 2 Динамика водопоглощения образцом № 6 теплозащитного покрытия без защитного слоя (●) и защищенного акриловой эмульсией марки «Акрэмос 101» (○) Крутой подъем кривой сорбции воды незащищенным образцом теплозащитного покрытия на начальном этапе после погружения образца в воду объясняется проникновением воды в открытые капилляры. Водопоглощение образца покрытия с дополнительно нанесенным слоем акриловой эмульсии значительно меньше, чем у незащищенного образца покрытия. Кривая сорбции воды в данном случае повышается плавно по мере диффузии воды в макрои мезопоры, поскольку мелкие капилляры закрыты образовавшимся при сушке акриловым полимером. Динамика изменения теплофизических характеристик (образца № 6) покрытия в зависимости от количества поглощенной покрытием воды представлена на рис. 3. Рис. 3 Влияние водопоглощения на коэффициент теплопроводности(◆) и термическое сопротивление (■) теплозащитного покрытия Из рисунка 3 видно, что коэффициент теплопроводности увеличивается, а тепловое сопротивление уменьшается до значения водопоглощения 3 масс.%. Дальнейшее поглощение воды теплозащитным покрытием не сказывается на его теплофизических показателях. Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что теплозащитное покрытие на основе полых стеклянных микросфер характеризуется низким водопоглощением, при этом основные теплофизические характеристики теплозащитного покрытия изменяются незначительно. Применение теплозащитного покрытия не требует использования специального гидроизоляционного покрытия, которое практически всегда применяется при использовании традиционных теплоизоляторов.