

ИНИН А. Е., НИЗИНА Т. А., МИХАЙЛОВА В. М.

**РАЗРАБОТКА ЖИДКИХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ
НА ОСНОВЕ МЕСТНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ**

Аннотация. Приведены результаты исследования разработанных составов жидких теплоизоляционных покрытий, обладающих высокими теплоизоляционными характеристиками. Показана эффективность применения в составах местных минеральных наполнителей.

Ключевые слова: теплоизоляционное покрытие, акриловое связующее, местный минеральный наполнитель, диатомит, белая сажа.

ININ A. E., NIZINA T. A., MIKHAILOV V. M.

**DEVELOPING OF LIQUID ENERGY-SAVING COVERS
BASED ON LOCAL MINERAL FILLERS**

Abstract. The article shows the test results of the new-developed compositions of liquid thermal insulation coatings with high operational characteristics. The study demonstrates the effectiveness of local mineral fillers.

Keywords: thermal insulation coating, acrylic binder, local mineral filler, diatomite, white soot.

Энергосбережение является важнейшей задачей современности. Актуальность этой проблемы в Российской Федерации обусловлена, в первую очередь, весьма низкой среднегодовой температурой окружающей среды ($- 5,5$ °C), значительной длительностью отопительного сезона (в целом ряде регионов РФ этот показатель превышает 200 дней, а в отдельных регионах отопление зданий и сооружений осуществляется постоянно), а также наличием большого числа морально и физически устаревшего оборудования. Масштабность этой проблемы для нашей страны характеризуется следующими показателями. Длина теплопроводов систем теплоснабжения страны составляет 260 тыс. км; из них порядка 60 тыс. км находятся в аварийном состоянии. Потери тепла при транспортировке достигают 80 млн. т. у. т. в год при общем расходе на теплоснабжение 400 млн. т. у. т. в год. Ежегодные потери энергоресурсов в нашей стране сравнимы с годовым энергопотреблением промышленно развитых европейских государств [1].

ЖКХ является одним из крупнейших потребителей энергии. Потребление систем теплоснабжения только гражданских зданий составляет 30% всего добываемого в стране твердого и газообразного топлива, при этом потери тепловой энергии достигают 50-60% [2]. При этом с годами становится все более очевидно, что проблему энергосбережения

возможно решить не только за счет увеличения добычи энергоресурсов в труднодоступных районах и строительством новых энергообъектов, но и непосредственно за счет снижения потребления энергоресурсов.

На сегодняшний день среди традиционных утеплителей наибольшее распространение получили минеральная вата и пенополистирол. Однако данные материалы обладают рядом недостатков:

- они малоэффективны при утеплении поверхностей сложных конфигураций;
- не обеспечивают полного отсутствия мостиков холода;
- при их использовании на металлических конструкциях возникает необходимость в дополнительном применении антикоррозионных материалов.

Наиболее эффективный путь экономии топливно-энергетических ресурсов в жилищно-строительной сфере – создание энергоэффективных жидких теплоизоляционных покрытий (ЖТП) на основе полимерных связующих, обладающих рядом преимуществ по сравнению с традиционными утеплителями. ЖТП защищают конструкции от коррозии и перегревов, препятствуют образованию плесени и грибка, имеют более продолжительный срок службы; позволяют производить теплоизоляцию в труднодоступных местах; существенно снижают затраты труда при производстве работ и т.д. Использование при разработке составов ЖТП минеральных наполнителей позволяет снизить себестоимость производимой продукции без потери эксплуатационных показателей, что, несомненно, является востребованной и актуальной задачей.

Среди составов жидкой теплоизоляции наибольшее применение нашли следующие торговые марки:

- Изоллат – ООО «Специальные технологии», г. Екатеринбург;
- Корунд – ООО «Фуллерены», г. Волгоград;
- Thermal-Coat™ – США.

Как правило, низкие значения коэффициента теплопроводности жидких теплоизоляционных покрытий обеспечиваются за счет введения в их состав максимального количества полых керамических и стеклянных микросфер, содержание которых достигает 80% от общего объема. Однако использование достаточно дорогих микросфер приводит к существенному повышению себестоимости и, как следствие, снижению конкурентной способности выпускаемой продукции.

Основным недостатком наиболее хорошо зарекомендовавших себя покрытий является высокая цена, существенным образом зависящая от стоимости используемых микросфер. Кроме того, в настоящее время выпускается целый ряд составов, также предлагаемых в качестве теплоизоляционных покрытий. Однако стремление снизить цену лишь за счет

использования микросфер более низкого качества приводит к существенному ухудшению эксплуатационных характеристик, а в ряде случаев и к многочисленным нареканиям со стороны конечных производителей.

Решение задачи снижения расхода микросфер без потери эксплуатационных характеристик возможно за счет использования модифицированных связующих, содержащих тонкодисперсные минеральные наполнители. Известно, что тонкодисперсные минеральные порошки обладают высокой пористостью, что позволяет создавать на их основе эффективные теплоизоляционные материалы [3]. Поэтому использование ультра- и наноразмерных частиц кремнезема (в том числе, полученных из диатомита Атемарского месторождения Республики Мордовия), позволяет существенно снизить расход микросфер и разработать эффективные составы ЖТП.

Жидкие теплоизоляционные покрытия представляет собой суспензию белого или любого другого цвета, которая после высыхания образует бесшовное покрытие толщиной, как правило, 2÷4 мм, обладающее высокими теплоизоляционными, звукоизоляционными и антикоррозионными свойствами. Жидкая теплоизоляция наносится послойно окрасочными инструментами: кисточкой, валиком или краскопультом низкого давления. Работы по нанесению покрытия сопоставимы с трудоёмкостью покраски.

Одним из самых перспективных направлений использования жидких теплоизоляционных покрытий является применение их при теплоизоляции трубопроводов тепловых сетей. Использование ЖТП обеспечивает постоянный доступ к осмотру теплоизолируемой поверхности, препятствует образованию плесени и грибка, существенно снижает затраты труда, позволяя снизить теплопотери и обеспечить антикоррозионную защиту.

Многие производители и разработчики жидких теплоизоляционных составов считают, что низкие значения коэффициентов теплопроводности подобных материалов обеспечиваются исключительно за счет введения полых керамических или стеклянных микросфер. При этом роль связующего в реализации задачи дополнительного снижения теплопроводности составов практически не учитывается.

На наш взгляд, при разработке составов жидких теплоизоляционных покрытий необходимо уделять особое внимание оптимизации составов связующих не только по прочностным и адгезионным характеристикам, но по параметрам теплопроводности. При разработке составов связующих, предназначенных в дальнейшем для изготовления ЖТП, целесообразно использовать минеральные порошки низкой плотности, что позволит дополнительно снизить теплопроводность наносимых покрытий.

На основе проведенных научно-исследовательских работ установлено, что возможно дополнительное снижение теплопроводности за счет оптимизации составов связующих и использования минеральных наполнителей, обладающих низкой плотностью. Проведенный анализ показал, что наиболее перспективными наполнителями с этой точки зрения являются белая сажа и порошки на основе диатомитов, являющиеся для Республики Мордовия местными строительными материалами.

Важнейшим свойством связующего, используемого для производства ЖТП, является его теплопроводность. Известно, что лучший теплоизолятор – это сухой воздух (коэффициент теплопроводности – 0,023 Вт/(м·К)), особенно когда он заключен в порах материала, т. е. малоподвижен. Если поры крупные и, тем более, сообщающиеся между собой и внешней средой, то происходит конвекционное передвижение воздуха и теплопроводность материала увеличивается.

Тонкодисперсные минеральные порошки обладают высокой пористостью, что позволяет создавать на их основе эффективные теплоизоляционные материалы [3]. Диатомиты благодаря тонкодисперсному составу, высокому содержанию кремнезема, малому удельному весу и большой удельной поверхности обладают отличными теплоизоляционными, абразивными, кислотоустойчивыми и огнеупорными свойствами.

Проведенные исследования структурных характеристик природных диатомитов месторождений Среднего Поволжья показали, что диатомиты Атемарского месторождения содержат несколько большее количество диоксида кремния, чем другие диатомиты и примерно на 2% меньше оксида алюминия, что свидетельствует о незначительном содержании в нем глинистых минералов [3].

Для подтверждения возможности повышения эксплуатационных характеристик ЖТП были проведены экспериментальные исследования, основными варьируемыми факторами в котором являлись: акриловая дисперсия, диатомит, белая сажа, стеклянные микросферы марки К15 компании «ЗМ Компании» и ряд целевых добавок.

В ходе экспериментального исследования оценивались: плотность в жидком и сухом состоянии, теплопроводность (ГОСТ 7076-99), адгезионная прочность к бетонным основаниям (ГОСТ 28574-90) и массовая доля нелетучих веществ (ГОСТ Р 52487-2005). Теплопроводность ЖТП определяли с помощью прибора ИТС-1 на основе метода стационарных потоков.

Поиск оптимальных решений осуществлялся на основе методов скаляризации и экспериментально-статистического моделирования, опирающегося на концепцию полей свойств материалов. Оптимизация составов осуществлялась с целью достижения

минимальных характеристик по теплопроводности, плотности в сухом и жидком состояниях при обеспечении достаточных адгезионных характеристик.

На основе полученных данных экспериментально доказано (рис. 1), что оптимизация составов ЖТП позволяет снизить теплопроводность покрытий до $0,05 \text{ В}/(\text{м} \times \text{К})$, что сопоставимо с аналогичными показателями для ЖТП «Корунд» ($0,0546 \text{ В}/(\text{м} \times \text{К})$) и ниже, чем для ЖТП «Изоллат» ($0,0713 \text{ В}/(\text{м} \times \text{К})$). Исследование адгезионных характеристик ЖТП показало, что наибольшей адгезионной прочностью обладают составы с содержанием: 24% акриловой дисперсии, 5% доломита и $2 \div 6\%$ белой сажи.

На основе проведенного экспериментального исследования разработаны составы ЖТП, обладающие высокими эксплуатационными характеристиками, не уступающими, а порой и превосходящими составы, принятые при проведении сравнительных испытаний за эталоны [4–8]. Разработана технологическая схема производственного процесса.

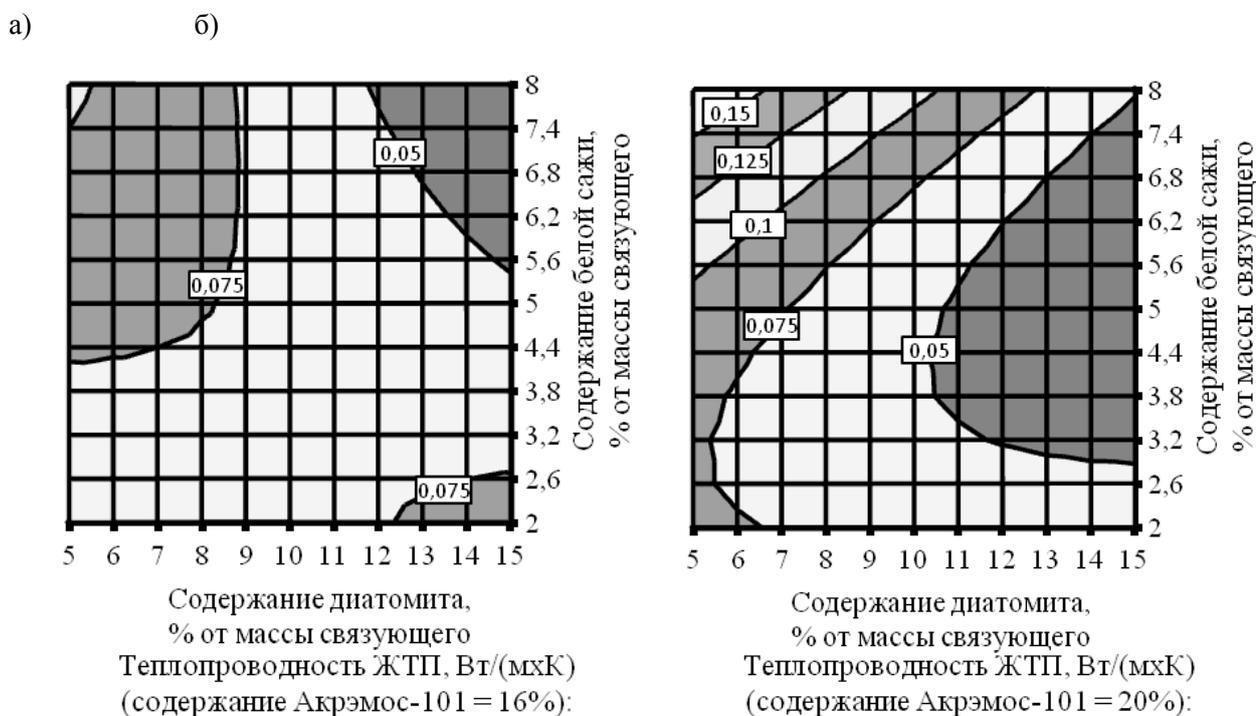


Рис. 1. Изолинии изменения теплопроводности ЖТП в зависимости от содержания диатомита, белой сажи и акриловой дисперсии: а – 16%; б – 20%.

Основными техническими параметрами, подтверждающими конкурентоспособность разрабатываемых жидких теплоизоляционных покрытий, являются:

- плотность в жидком состоянии – не более $0,5 \text{ кг}/\text{см}^3$;
- плотность в твердом состоянии – не более $0,3 \text{ кг}/\text{см}^3$;
- адгезия покрытия (по силе отрыва):
 - к бетонной поверхности – не менее 1 Мпа;
 - к кирпичной поверхности – не менее 1.5 Мпа;

- к стали – не менее 1 МПа;
- теплопроводность (по ГОСТ 7076-99) – не более 0,05 Вт/(м×К).

Для внедрения разработанных составов в производство требуется проведение экспериментальных исследований на длительное воздействие повышенных температур (для труб теплоснабжения) и природных климатических факторов (для фасадных, кровельных и т.д. покрытий).

Основные области применения результатов исследований:

- теплоэнергетика и промышленность (котлы, трубопроводы, резервуары для хранения нефтепродуктов, бойлеры, холодильное оборудование, компрессорное оборудование и т.д.);
- строительство и ЖКХ (стеновые конструкции, кровли, лоджии, торцы монолитных плит, чердачные перекрытия и т.д.);
- транспорт (рефрижераторы, пассажирский транспорт, железнодорожные вагоны, морские и речные суда, авиатранспорт и т.д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Логинова Н. А. Определение эффективности тонкопленочных теплоизоляционных покрытий применительно к системам теплоснабжения: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Москва, 2010. – 20 с.
2. Береговой А. М., Викторова О. Л., Береговой В. А. Энергосбережение в жилых зданиях с альтернативными источниками энергии // Строительные материалы. – 2008. – № 5. – С. 34–38.
3. Селяев В. П., Осипов А. К., Неверов В. А., Маштаев О. Г., Сидоров В. В. Полиструктурная модель теплоизоляционного материала на основе дисперсного микрокремнезема // Региональная архитектура и строительство. – № 2(13). – С. 5–11.
4. Инин А. Е., Низина Т. А. Энергосберегающие защитные покрытия на основе полых микросфер // Актуальные вопросы строительства: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2013. – С. 170–173.
5. Инин А. Е., Низина Т. А., Неверов В. А. Разработка жидких теплоизоляционных покрытий с использованием местного минерального сырья // Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии: материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф. – Тула, 2013. – С. 40–41.
6. Инин А. Е., Низина Т. А., Неверов В. А. Разработка эффективных составов, наполненных полимерных связующих для жидких теплоизоляционных покрытий // Разработка эффективных авиационных, промышленных, электротехнических и

строительных материалов и исследование их долговечности в условиях воздействия различных эксплуатационных факторов: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2013. – С. 158–162.

7. Низина Т. А., Инин А. Е. Разработка жидких энергосберегающих покрытий на основе местных минеральных наполнителей // Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций факторов: материалы Всеросс. науч.-техн. конф. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – С. 89–94.
8. Низина Т. А., Инин А. Е., Михайлова В. М. Разработка жидких теплоизоляционных покрытий на основе местных минеральных наполнителей // Ресурсо- и энергоэффективные технологии в строительном комплексе региона: сб. науч. тр. по мат-лам Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов, 2014. – С. 67–71.