

УДК 621.1

Хабибуллин Ю.Х. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: a0an@mail.ru

Барышева О.Б. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: obbars@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Энергосберегающие покрытия на основе минеральных микросфер

Аннотация

Снижение энергопотребления считается важной задачей, успешное решение которой неразрывно связано с улучшением теплофизических свойств теплоизоляционных материалов. Традиционные утеплители бесперспективны в первую очередь с экологической точки зрения. Разрабатываемые в настоящее время теплозащитные материалы на основе полых стеклянных и керамических микросфер обладают весьма ценным комплексом свойств, благодаря которым они находят все большее применение в строительной отрасли.

Ключевые слова: энергосбережение, энергопотребление, классические утеплители, теплоизоляция, минеральные микросферы.

Снижение расхода энергии при эксплуатации зданий, оборудования систем теплоснабжения, трубопроводов является особо важной задачей, успешное решение которой неразрывно связано с повышением их теплозащитных свойств.

Вследствие низких среднегодовых температур наружного воздуха в РФ и значительной длительностью отопительного сезона актуальность этой проблемы очевидна.

Масштабность проблемы усугубляется крайней изношенностью трубопроводов систем отопления (длина теплотрасс с износом более 50-55 % составляет около 260000 км и из них более 60000 км находится в аварийном состоянии).

При транспортировке потери тепла составляют 80-85 млн. тонн УТ (условного топлива) в год при общем расходе на теплоснабжение 400 млн. тонн УТ в год [1].

В итоге, годовые потери энергоресурсов в России соответствуют годовому энергопотреблению ресурсов всех европейских промышленно развитых стран.

Потребление энергии зданиями в РФ составляют примерно 45-50 % от общего объема потребляемой тепловой энергии. В то же время в Европе на энергопотребление зданий расходуется около 20-25 % общего потребления тепловой энергии [1].

Среднее энергопотребление в зданиях, построенных в 50-70 годах XX века, составляет 200-350 кВт·ч/(м²·год), из которых примерно 72-85 % расходуется на отопление и по 10-15 % на электроснабжение и горячее водоснабжение.

Современные строительные нормы в европейских государствах устанавливают энергопотребление на уровне 80-100 кВт·ч/(м²·год).

В новых поколениях домов, которые проектируются и строятся на данный момент в соответствии с концепцией Passive House, уровень потребления энергии понижен до 15-30 кВт·ч/(м²·год) в зависимости от региона строительства и свойств местности. Поэтому целесообразным является применение эффективной тепловой изоляции в строительных конструкциях.

На сегодняшний день для теплоизоляции зданий и различных сооружений используется множество разнообразных материалов. Ко всем видам утеплителей предъявляются строгие требования, равно как и к другим строительным материалам. Так они должны удовлетворять 4 критериям безопасности – это физической, химической, биологической и пожарной. На данный момент в мире практически отсутствуют теплоизоляционные материалы, соответствующие всем приведенным требованиям.

Рассмотрим свойства чаще всего применяемых в мире теплоизоляционных материалов.

Пенополистирол очень опасен по пожарной и химической составляющим. С точки зрения химии он представляет собой равновесный полимер, находящийся в термодинамическом равновесии со своим мономером – стиролом. А сам стирол является очень высокотоксичным веществом, предельно допустимая концентрация которого в России составляет $0,002 \text{ м}^2/\text{м}^3$.

В массе пенополистирола и над ним независимо от вида изделия всегда будут находиться пары стирола. Эти пары за счет процессов испарения и диффузии проходят через любую преграду (стену). Вторым недостатком пенополистирола – это горючесть. Он плавится и горит с температурой более $1100\text{-}1200 \text{ }^\circ\text{C}$. Так при возгорании здания, где в качестве утеплителя используется пенополистирол, сгорает всё, даже стальные конструкции. При сгорании пенополистирола происходит его термодеструкция. Это является результатом выхода более 135 опасных для человека соединений.

В Западной Европе более двадцати лет назад пенополистирол был полностью удален из жилых зданий. В СССР использование пенополистирола в строительстве было вообще запрещено из-за его токсичности и пожароопасности.

Пенополиуретан активно используется в РФ при строительстве жилых домов в качестве утеплителя. В нормальных условиях эксплуатации пенополиуретан химической опасности не представляет, но при возгорании выделяет более 100 высокотоксичных веществ, в том числе синильную кислоту. По этой причине в СССР и в других странах пенополиуретан был запрещен к применению в строительстве.

Следует отметить, что работы по созданию малогорючих утеплителей на основе пенополиуретана в мире не ведутся.

Утеплители на основе стеклянных, минеральных и базальтовых волокон часто применяются в виде жестких, полужестких и мягких плит, а также в виде не прошивных и прошивных матов. Такие материалы распространены в строительстве больше, чем другие, но и они не лишены недостатков.

Первый недостаток – данные материалы не соответствуют требованию химической безопасности жилья. В качестве связующего элемента в них используются фенолформальдегидные смолы. Эти смолы при эксплуатации выделяют фенол и канцерогенный формальдегид и чем выше температура окружающей среды, тем больше скорость этого процесса.

Второй недостаток этих утеплителей – способность выделять при горении значительное количество вышеупомянутых фенола и формальдегида.

Кроме того, производство таких утеплителей основано на выдувании из расплавленного минерального сырья тончайших волокон (диаметр до 8 мкм, длина от 2 до 10 мм), которые при эксплуатации материала попадают в воздушную среду и отрицательно воздействуют на организм человека. Таким образом, применение этих теплоизоляционных материалов также недопустимо.

Пеноизол – это вспененная карбамидоформальдегидную смола, заливаемая в простенок. Однако, к сожалению, из этого материала в течение всего срока эксплуатации выделяется формальдегид и метанол – опасные для здоровья человека вещества. Именно поэтому пеноизол был запрещен в середине 80-х годов XX века решением Министерства здравоохранения СССР. Однако в 90-е годы XX века некоторые компании в России возродили производство этого утеплителя, и он до сих пор применяется при строительстве жилых зданий.

Самым химически безопасным материалом является эковата, т.к. она производится из бумажной макулатуры. Самые большие недостатки эковаты – это ее усадка и повышенная гигроскопичность, т.е. при эксплуатации ее теплоизолирующие свойства ухудшаются. Для борьбы с этим явлением фирмы-производители предлагают вводить в эковату различные добавки, которые, однако, приводят к удорожанию материала.

Таким образом, традиционные теплозащитные материалы бесперспективны, в первую очередь, с экологической точки зрения. С другой стороны, эти утеплители достигли своего совершенства с точки зрения теплофизики, поскольку в основном их теплоизоляционные характеристики определяются использованием в структуре материала воздуха, имеющего минимальный показатель теплопроводности порядка $0,026 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

Достоверно известно, что долговечность классических утеплителей не превышает 2-3 лет. Вскрытие фасадов показывает, что накопленная за осенний период влага с наступлением зимы замерзает и разрывает волокна и воздушные камеры материала, в результате чего его теплопроводность резко снижается. Более того, напокая, эти утеплители становятся местом обитания различных бактерий, грибков и прочих опасных для человека вредителей.

Еще одно немаловажное обстоятельство – все эти материалы объединяет сложность и трудоёмкость монтажа.

Дальнейшее совершенствование теплоизоляционных материалов, на наш взгляд, связано с использованием вакуума вместо воздуха (коэффициент теплопроводности вакуума равен нулю). Поэтому огромную перспективу имеют многокомпонентные материалы, основу которых составляют механически прочные полые вакуумированные микросферы.

В таких утеплителях стеклянные или керамические микросферы расположены в композиции из полимерных связующих и различных добавок для придания материалам требуемых свойств.

Эффект «теплого зеркала» – это основной принцип действия такой теплоизоляции. Такое покрытие обладает высочайшей способностью – до 75 % отражать падающее на него излучение в инфракрасной, видимой и ультрафиолетовой части спектра.

Преимущества материалов такого типа:

- аномально низкая теплопроводность 0,01-0,04 Вт/(м·К), где нижний предел теплопроводности соответствует высокому относительному содержанию микросфер в композиции, а верхний предел – низкому содержанию указанных микросфер;

- возможность использования материалов как при низких (от -273 °С), так и при высоких (до 1000 °С) температурах;

- хорошие герметизирующие и гидроизоляционные свойства;

- высокая механическая прочность;

- более продолжительный срок эксплуатации по сравнению с традиционными утеплителями;

- более низкая толщина покрытия по сравнению с классическими теплоизоляционными материалами при одинаковых теплосберегающих свойствах и соответственно более низкая масса, что снижает нагрузку на несущие конструкции;

- не поддерживает горение (при температуре 250 °С обугливается, при 800 °С и выше начинает разлагаться с выделением двуокси углерода и окиси азота, что способствует замедлению распространения пламени);

- удобство нанесения, в том числе, на поверхности со сложной геометрией, поскольку покрытие может наноситься кистью, валиком или пульверизатором.

Весь этот набор свойств позволяет с полным основанием называть такую теплоизоляцию материалом XXI века.

Но применение таких инновационных материалов в сферах ЖКХ и строительства притормаживается как организациями, занимающимися производством традиционных высокотоксичных материалов, так и недобросовестными чиновниками, которые ищут выгоду в частых ремонтах, связанных с заменой утеплителей – им выгодны огромные потери тепла, приводящие к повышению тарифов и т.п.

Нами была разработана композиция, наполненная микросферами, которая может использоваться в качестве антикоррозионного и теплоизоляционного покрытия трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения, а также воздуховодов систем вентиляции и воздушного отопления.

Известны энергосберегающие покрытия, полученные с использованием различных минеральных микросфер [2, 3]. Однако эти композиции не обладают необходимым комплексом свойств, предъявляемых к покрытию.

Предлагаемый состав включает в себя эпоксидную смолу, отверждаемую аминым отвердителем. В качестве эластификатора используется реакционноспособный каучук.

Наполнитель – полые стеклянные или керамические микросферы с наружным диаметром от 10 до 500 мкм. В качестве антипиреновых добавок используются фосфорсодержащие соединения, гидроксиды алюминия или магния [4, 5, 6].

Высоконаполненные керамическими или стеклянными микросферами покрытия обладают высокой способностью отражения и рассеивания падающего на поверхность излучения [7, 8]. Способность микросфер рассеивать и отражать падающее на них излучение, в том числе, и в инфракрасной области спектра (тепловое излучение) имеет большое значение для такого типа покрытий, поскольку они способны отражать излучение с высокой степенью эффективности (до 75° от всего падающего потока электромагнитной энергии).

Теплоизоляционные свойства такого покрытия обеспечиваются наличием в нём среды с низким значением коэффициента теплопроводности разреженного газа или вакуума. При этом связующий полимер и материал стенок микросферы имеют достаточно высокий коэффициент теплопроводности. Для улучшения теплоизоляционных свойств покрытия необходимо оптимизировать объёмную концентрацию теплоизолирующей среды.

Исследования показали, что при уменьшении диаметра микросфер менее некоторого определенного значения теплоизоляционные свойства покрытия ухудшаются. Это происходит вследствие увеличения числа «тепловых мостиков», которые образуются близкорасположенными друг к другу стенками микросфер, имеющих низкое термическое сопротивление.

В случае увеличения диаметра микросфер свыше некоторого значения также наблюдается снижение теплоизоляционных свойств покрытия, обусловленное, на этот раз, повышением объёмной концентрации связующего полимера.

Необходимая прочность покрытия с высоконаполненными стеклянными или керамическими микросферами обеспечивается при оптимальной концентрации микросфер, однако при повышенных требованиях устойчивости к механическим воздействиям объёмная концентрация микросфер может быть снижена.

Было также выявлено, что при введении модификатора (каучука) в композицию, наполненную микросферами, улучшаются прочностные свойства и проявляется эластифицирующий эффект.

Наполнение полыми микросферами значительно повышает химическую стойкость и атмосферную устойчивость покрытия, что очевидно связано с уменьшением доли полимерной матрицы в составе материала.

Таким образом, в результате исследований установлено оптимальное сочетание диаметра микросфер и их объёмной концентрации в структуре покрытия.

Список библиографических ссылок

1. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях. – М.: НИИСФ, 2008. – 496 с.
2. Патент РФ № 2374281 от 27.11.2009 г.
3. Патент РФ № 2351624 от 10.04.2009 г.
4. Кищенко С.Г., Шретер Р. Опыт разработки энергоэффективных систем вентиляции для жилых домов. – М.: «Энергосбережение», № 5, 2000. – С. 51-56.
5. Ливчак И.Ф., Наумов А.Л. Регулируемая вентиляция жилых многоэтажных жилых зданий. – М.: «АВОК», № 5, 2004. – С. 8-12.
6. Ливчак И.Ф., Наумов А.Л. Вентиляция многоэтажных жилых зданий. – М.: «АВОК-пресс», 2005. – 134 с.
7. Богословский В.Н. Внутренние санитарно-технические устройства. Кн. 1. – М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.
8. Патент РФ № 2439440 от 10.01.2012 г.

Khabibullin Iu.Kh. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: a0an@mail.ru

Barysheva O.B. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: obbars@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya str., 1

Energysaving coverages on the basis of mineral microspheres

Resume

Highly filled with ceramic or glass microspheres coatings have high ability reflection and dispersion incident on a surface radiation. The ability of microspheres scatter and reflect the incident radiation, including, and in the infrared region of the spectrum is of great importance for this type coverings, as they are able to reflect radiation with a high degree of efficiency.

Insulating properties of such coatings are provided by the presence of environment with low coefficient of heat conductivity rarefied gas or vacuum. Binding polymer and material of the walls microspheres have rather high conductivity.

The required strength of the coating with high filled glass or ceramic microspheres is provided at the optimum concentration of microspheres. With increased requirements for resistance to mechanical influences the volume concentration can be reduced. With the introduction of the modifier in the song, filled microspheres, improved strength properties, and is manifested bactivitymode effect. Filling of hollow microspheres much better chemical resistance and weather resistance of the coating, which is obviously related to the decrease of polymer matrix in the composition of the material.

In the studies found an optimal combination of the diameter of microspheres and their concentration in the coating structure.

Keywords: energysavings, energyconsumption, classic termoinsulation material, heat-insulation, mineral microspheres.

Reference list

1. Matrosov Yu.A. Energysavings in buildings. – M.: NIISF, 2008. – 496 p.
2. Patent of Russian Federation № 2374281 from 27.11.2009.
3. Patent of Russian Federation № 2351624 from 10.04.2009.
4. Kishchenko S.G., Schroeter R. Experience in the development of energy efficient ventilation systems for residential buildings. – M.: «Energy», № 5, 2000. – P. 51-56.
5. Livchak I.F., Naumov A.L. Adjustable ventilation of residential multistory residential buildings. – M.: «AVOK», № 5, 2004. – P. 8-12.
6. Livchak I.F., Naumov A.L. Ventilation multistory residential buildings. – M.: «AVOK-press», 2005. – 134 p.
7. Bogoslovsky V.N. Internal sanitary engineering devices. Book 1. – M.: Stroyizdat, 1992. – 319 p.
8. Patent of Russian Federation № 2439440 from 10.01.2012.