

УДК 697.1:536.2

**К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ КОНВЕКТИВНЫХ СВОЙСТВ  
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ****И. В. КРУПЕНЧИК***(Представлено: канд. техн. наук Д. Н. ШАБАНОВ, А. Н. ЯГУБКИН)*

**Постановка проблемы.** Повышение энергоэффективности жилых зданий, продиктованное энергетическим кризисом, потребовало значительного увеличения нормативных требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций этих зданий и разработки комплекса энергосберегающих мероприятий.

На данный момент вопросы, связанные с использованием экранной теплоизоляции в современных ограждающих конструкциях недостаточно изучены. Вместе с тем отсутствие методики расчета подобных теплозащитных систем и технических решений по утеплению ограждающих конструкций зданий сдерживают использование указанных выше материалов в строительстве.

**Анализ предварительных исследований.** Учитывая большое разнообразие теплоизоляционных материалов, важным вопросом является их систематизация и разработка высокоэффективных материалов. Благодаря проведенным исследованиям накоплен богатый экспериментальный опыт и разработаны эффективные материалы для обеспечения теплоизоляции зданий и сооружений. И проведение сравнительного анализа материалов позволит выбрать путь разработки новых составов для изготовления теплоизоляционных материалов и их эффективной оптимизации. Известно, что основными требованиями к теплоизоляционным материалам являются низкая теплопроводность и пригодность для тепловой изоляции строительных конструкций жилищных, производственных и сельскохозяйственных зданий, поверхностей производственного оборудования и агрегатов (промышленных печей, турбин, трубопроводов, камер холодильников и др.). Эти материалы должны иметь небольшую среднюю плотность – не выше 600 кг/м<sup>3</sup>, что достигается с помощью повышения их пористости [3]. В гражданском и транспортном строительстве тепловая изоляция позволяет уменьшить толщину ограждающих конструкций (стен, кровли), снижать затраты основных строительных материалов (кирпича, бетона, древесины), облегчать конструкции и снижать их стоимость, уменьшать затраты топлива в эксплуатационный период. В технологическом и энергетическом оборудовании тепловая изоляция снижает потери теплоты обеспечивает необходимый технологический температурный режим, снижает удельные затраты топлива на единицу продукции, улучшает условия труда. Чтобы получить достаточный эффект от применения тепловой изоляции, в инженерных проектах проводятся соответствующие тепловые расчеты, в которых принимаются конкретные разновидности теплоизоляционных материалов и учитываются их теплофизические характеристики [2]. За последние годы на украинском строительном рынке появились десятки новых теплоизоляционных материалов, благодаря чему произошел значительный прорыв, в первую очередь, в сфере энергосбережения. С развитием новых технологий, современные изоляционные материалы стали более эффективными, экологически безопасными, разнообразными и отвечают конкретным техническим заданиям строительства: возможности строительства высотных зданий, уменьшению толщины ограждающих конструкций, снижению массы зданий, расходов строительных материалов, а также экономии топливно-энергетических ресурсов при обеспечении нормального микроклимата в помещениях.

Органические теплоизоляционные материалы изготавливаются из натурального сырья: отходов деревообработки и сельского хозяйства, торфа, а также различных пластмасс, цемента. Это достаточно большая группа материалов, представленная на рынке в обширном ассортименте. Практически всем органическим теплоизоляторам свойственна низкая огне-, водо- и биостойкость. Как правило, применяют органические теплоизоляторы на участках, где температура поверхности и окружающей среды не поднимается выше 150 градусов, а также в качестве среднего слоя многослойных конструкций – в штукатурных фасадах, при облицовке стен, в тройных панелях и т. п. Более стойки к действию влаги, огня и биоагентов, материалы, изготовленные из газонаполненных пластмасс (пенополистирол, пенопласт, поропласт, сотопласт и др.). Ячеистые пластмассы сегодня занимают значительную долю на рынке теплоизоляционных материалов. Утеплители на их основе пользуются заслуженной популярностью благодаря своим физическим свойствам, невысокой стоимости, простоте обработки и долговечности.

Проведенный анализ материалов исследований и публикаций [1-8] указал на проблемы использования современных теплоизоляционных материалов. Если говорить о пенополистироле, то основными его отрицательными свойствами являются недолговечность, горючесть и экологическая опасность. Как показывает опыт строительства, заложенный в стены пенополистирол через 10–15 лет разрушается. Также обстоит дело с минераловатными изделиями. Уже через 7–9 лет они переходят в пылевидное состояние, что экологически небезопасно. Следовательно, использование пенопласта и минераловатных

изделий в строительстве ведет к тому, что уже через 7–10 лет ограждающие конструкции не будут обеспечивать требуемого термического сопротивления. Несмотря на преимущества ячеистых бетонов в сравнении с другими теплоизоляционными материалами, им присущи существенные недостатки. Высокое водопоглощение приводит к низкой влажной морозостойкости. Повышенная гидрофобность их снижает адгезию к поверхности и затрудняет штукатурные работы. Низкая прочность в сочетании с большой плотностью и недостаточными теплоизоляционными свойствами сужает область их применения [5].

На сегодня в качестве теплоизоляционных материалов часто используют: минеральную вату, пенополистирол, пеноплекс. Все перечисленные теплоизоляционные материалы пользуются большим спросом, но не стоит забывать о их сроке службы, выбросе токсичных веществ и стоимости. На данный момент в Республике Беларусь нету теплоизоляционных материалов или конструктивных решений стен, по крайней мере на рынке, которые были бы дешевле и энергоэффективнее. Альтернативой этим материалам могут стать экранные утеплители, в роли которых будет выступать фольга.

Применение подобных материалов в строительстве сдерживается отсутствием экспериментальных данных по термическим сопротивлениям замкнутых экранированных воздушных прослоек, а также методики расчета строительных ограждающих конструкций, утепленных с применением экранной теплоизоляции.

Изучив эту проблему, мы провели лабораторные исследования в которых пытались улучшить теплоизоляционные качества изоляционных материалов.

**Цель исследования.** Рассмотреть популярные теплоизоляционные материалы, представленные на рынке Республики Беларусь, и сопоставить их с экранным теплоизоляционным материалом, представленным в виде алюминиевой фольги.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Для наблюдения за показателями температур использовались цифровые датчики температуры.

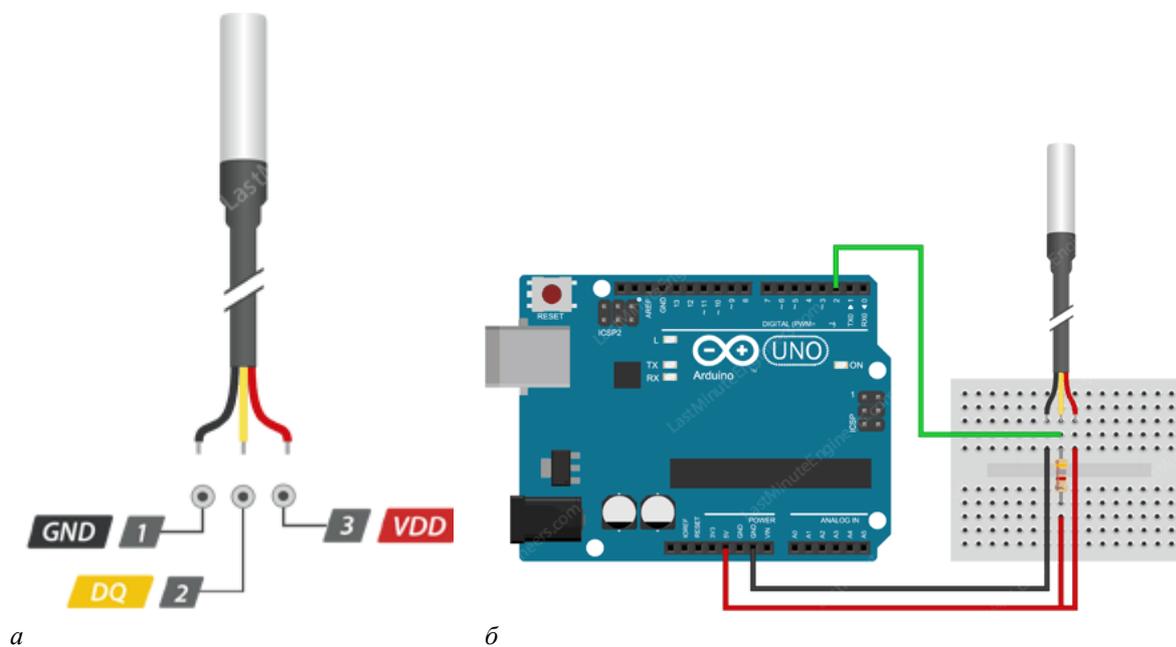
Основные характеристики цифрового датчика температуры ds18b20:

- диапазон измеряемой температуры от  $-55$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ ;
- погрешность измерения в диапазоне от  $-10$  до  $+85^{\circ}\text{C}$  составляет  $0,5^{\circ}\text{C}$ .

Схема подключения датчика ds18b20 к микроконтроллеру (например, Arduino) представлена на рисунке 1:

GND, VDD – выводы питания (от 3,3 до 5 В);

DQ – цифровой выход для подключения к микроконтроллеру.



**a** - схема выводов датчика ds18b20;

**б** - схема подключения датчика ds18b20 через подтягивающий резистор 4,7 кОм к микроконтроллеру Arduino uno.

**Рисунок 1.** – Подключение датчика ds18b20 к микроконтроллеру Arduino uno

Исходя из анализа существующих теплоизоляционных материалов нами были поставлены лабораторные исследования, в которых кроме утеплителя (минвата, пеноплекс, пенополистирол) применялась алюминиевая фольга в качестве экранного утеплителя. В качестве модели использовался картонный короб с разными утеплителями внутри. В качестве утеплителей были выбраны: пенопласт, фольга, минвата и арболит. На установку ставился образец (с датчиками внутри), лампа, стоящая внутри образца, включалась и нагревала пространство (рис. 2.). Показание температур фиксировали датчики и давали информацию на специализированную программу Arduino uno. Автоматизированная обработка полученных экспериментальных данных была осуществлена с применением программного пакета Microsoft Office Excel.

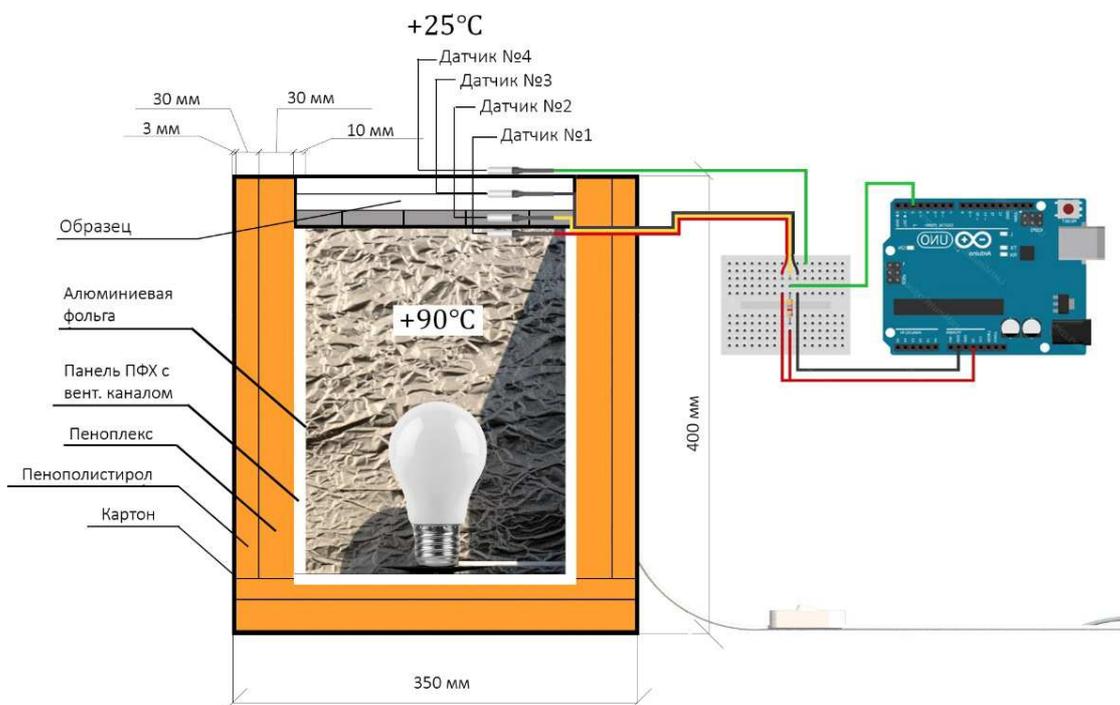


Рисунок 2. – Разрез опытной установки

Сверху опытной установки размещалась опытный образец который представлял из себя короб с ребрами (которые формировали воздушную прослойку) и пустым пространством в которое закладывались разные утеплители толщиной 30мм. Опытной установка нагревалась для создания разности температур +80-90°C и 23-25°C, после нагрева лампа накаливания отключалась и отслеживались показания температур и скоростью с которой тепло из опытной установки уходило наружу (приложение А).

**Заключение.** Сегодня кроме конвекции и теплопроводности, в рассматриваемой системе имеет место и радиационный перенос теплоты, особенно в случае применения отопительных приборов со значимой долей теплоотдачи излучением (система “Плэн”). Радиационный теплообмен может существенно влиять на характер распределения параметром микроклимата. В связи с тем, что воздух является смесью, состоящей преимущественно из двух атомных газов, он не представляет преграды для теплового излучения, т.е является диатермичным. Можно принять также, что тела в помещении образуют замкнутую систему серых поверхностей, которые диффузно излучают и отражают. Серыми поверхностями можно считать все поверхности, если в системе распространяется практически однородное по спектральному составу излучение, т.е когда одновременно не рассматривается излучение от высокотемпературных источников (солнца) и тел с обычной комнатной температурой. Диффузно отражающими в расчетах допустимо считать даже поверхности с ярко выраженными зеркальными свойствами, если на данные поверхности падает хаотично ориентированное излучение (система “воздух – фольга” в несколько слоев)

При реконструкции или капитальном ремонте зданий, представляющих архитектурную или историческую ценность, утепление стен снаружи не представляется возможным. Поэтому с целью сохранения внешнего исторического вида здания целесообразно использовать систему внутреннего утепления, при которой теплоизоляция расположена с внутренней стороны ограждающей конструкции.

До настоящего времени мы проводили предварительные испытания на стандартной установке и получили первые, обнадеживающие результаты. Например, требуемое сопротивление теплопередаче

для первого образца с применением алюминиевой фольги составило 0.764 м<sup>2</sup> к/вт, что больше, чем 0.623 м<sup>2</sup> к/вт для контрольного образца с применением минеральной ваты.

После завершения лабораторных испытаний мы планируем по имеющейся договоренности с заводом КПД стройтреста №17 и Новополоцким Горисполкомом провести заводские испытания и, если эти испытания дадут положительный результат, запустить новое решение в серийный выпуск жилых домовсначала в нашем регионе, а затем и во всей Республике Беларусь, что, возможно позволит, при условии выполнения остальных планируемых нами мероприятий, в части внутренних конструкций, перехода на открытую систему типизации и т.д. снизить себестоимость строительства примерно в 3 раза, получив стоимость 1м<sup>2</sup> общей площади менее 350 денонинированных белорусских рублей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Будівельне матеріалознавство на транспорті : підручник для вузів / О. М. Пшінько, А. В. Краснюк, В. В. Пунагін, О. В. Громова. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010. – 624с.
2. Горлов, Ю. П. Технология теплоизоляционных материалов : учебник для вузов / Ю. П. Горлов, А. П. Меркин, А. А. Устенко. – М. : Стройиздат, 1980. – 399 с.
3. Кривенко, П. В. Будівельне матеріалознавство : підручник / П. В. Кривенко, К. К. Пушкарьова, В. Б. Барановський. – К. : ТОВ УВПК «ЕксОб», 2004. – 704 с.
4. Сухарев, М. Ф. Производство теплоизоляционных материалов / М. Ф. Сухарев, И. Л. Майзель, В. Г. Сандлер. – М. : Высшая школа, 1981. – 231 с. 5. Пшінько, А. Н. Модифицированный теплоизоляционный неорганический материал на основе алюмосиликатного сырья как альтернатива существующим утеплителям / А. Н. Пшінько, А. В. Краснюк, А. С. Щербак // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. трудов. – Вып. 61. – Д. : ПГАСА, 2011. – С. 344–349.
5. Теплоизоляционные материалы и конструкции : учебник / Ю. Л. Бобров, Е. Г. Овчаренко,
6. Б. М. Шойхет, Е. Ю. Петухова. – М. : Инфра-М, 2003. – 265 с.
7. Щербак, А. С. Експлуатаційні та екологічні переваги теплоізоляції із застосуванням модифікованого піноскла / А. С. Щербак // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2010. – Вип. 32. – С. 141–142.
8. Schill, F. Pěnové sklo: výroba a použití / F. Schil. – Praha : SNTL, 1962. – 269 p.

Приложение А

