

УДК 697.1:536.2

РЕКУПЕРАЦИЯ В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ

канд. техн. наук, доц. Д.Н. ШАБАНОВ, Е.Г. БРЯНЦЕВ, И.В. КРУПЕНЧИК
(Полоцкий государственный университет)

Проанализированы используемые в настоящее время методы теплоизоляции зданий. Исследован с применением технологии 3D-печати инновационный метод повышения энергоэффективности ограждающих стен, основанный на применении конструктивно новых ограждающих конструкций с рекуперацией выходящего теплового потока.

Ключевые слова: сопротивление теплопередаче, удельные единовременные затраты, окупаемость, тепловая инерционность.

Введение. 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 сегодняшний день в Республике Беларусь освоено производство отопительных приборов из стали и алюминия, биметаллических отопительных приборов, а также продолжается выпуск усовершенствованных чугунных радиаторов.

Альтернативой традиционным радиаторам и конвекторам могут стать бетонные отопительные приборы. Бетон является прекрасным строительным материалом, позволяющим использовать его для изготовления почти всех элементов здания, в том числе отопительных устройств – нагревательных приборов, выполненных в виде тонких лучистых плит.

Анализ предварительных исследований. К новым эффективным теплоизоляционным материалам нового поколения относятся вакуумированные плиты. Теплоизолирующие свойства и продолжительность жизни вакуумной изоляционной панели определяются технологическими и конструктивными факторами: свойствами наполнителя, начальным уровнем вакуума в панели, проницаемостью оболочки, количеством и эффективностью поглотителя остатков газа, размером и толщиной панели, условиями ее работы, способом крепления, методами защиты. Вакуумированная теплоизоляционная панель состоит из пористого материалонаполнителя, помещенного в непроницаемую оболочку. Воздух из панели откачивается до давления от 0,1 до 100 Па, после чего оболочка герметизируется.

Как и к другим материалам, к вакуумированным теплоизоляционным панелям предъявляются особые требования. Для такого типа панелей обязательным является условие сохранения герметичности. Оболочки для панелей рекомендуется выполнять из нескольких слоев, один из них содержит очень тонкую металлическую пленку (алюминий), на которую для придания механической прочности с обеих сторон нанесен слой пластика.

Чтобы сформировать оболочку (пакет) для наполнителя, пленка заваривается по краям. Тонкий слой пластика с низкой температурой плавления обычно наносится на внутреннюю поверхность пленки, после чего она может быть заварена под воздействием температуры и 3 давления. Проницаемость сварных соединений пластика для газа и влаги гораздо выше, чем проницаемость остальной поверхности оболочки. Для минимизации этого отрицательного эффекта предлагается уменьшить толщину сварного соединения и увеличить его ширину. Данный теплоизоляционный материал позволяет значительно уменьшить толщину слоя утеплителя, повышая при этом сопротивление ограждающей конструкции теплопередаче.

В патенте № 2398078 представлена трехслойная железобетонная панель, состоящая из теплоизоляционного слоя, внутреннего и наружного железобетонного слоя, которые связаны между собой армированными бетонными шпонками, проходящими через теплоизоляционный слой. Армированные бетонные ребра имеют площадь, которая определяется из соотношения толщины среднего слоя, площади панели, коэффициентов теплопроводности, материалов арматуры, утеплителя, слоев панели и требуемого сопротивления теплопередаче.

Известен патент № 2156340, в котором представлена строительная сэндвич-панель, предназначенная для возведения стен и кровли сооружений. Она представляет собой каркас, выполненный из алюминиевых и стальных профилированных листов и слоев утеплителя из минеральной ваты или пенопласта на основе полистирола, расположенного между ними. Эта конструкция позволяет исключить вредные (токсичные) выделения из компонентов утеплителя и повысить огнестойкость панели.

В патенте № 2372454 предлагается создать надежную конструкцию стены с повышенной газо- и теплостойкостью, не применяя дополнительные конструктивные элементы. Теплоизоляционная панель состоит из двух поверхностных слоев, представленных металлическими листами, между которыми расположены теплоизоляционные материалы, 4 состоящие из блоков пеностекла, уложенных с перевязкой швов и соединенных между собой клеящим композитом. Торцевые поверхности зеркально смещены относительно друг друга и образуют замковый вид «шип-паз», позволяющий соединять панели одного типа между собой.

Патент № 106715 представляет вакуумированную теплоизоляционную панель с гибкой оболочкой и с размещенным внутри наполнителем из многослойного теплоизоляционного материала: алюминиевой фольги, бумаги и пластика, нарезанного на куски размером до 10 мм. Панель изготовлена путем горячего прессования под давлением.

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 параметров 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).

Цель исследования. Инновационным методом увеличения энергоэффективности ограждающих стен является применение конструктивно новых ограждающих конструкций с рекуперацией выходящего теплового потока. Применение данной конструкции возможно не только при новом строительстве, но и при реконструкции здания.

Доказательством энергоэффективности таких конструкций может стать опытная модель, напечатанная с помощью 3D-принтера. С помощью этой модели и опытной установки можно подтвердить или опровергнуть данную идею.

Результаты исследования и их обсуждения. Современные перспективы улучшения качества теплоизоляции связывают с использованием вакуумированных материалов и новыми конструктивными системами ограждающих конструкций.

Зимой помещения с большей теплонакопительной способностью при отключении отопления охлаждаются с меньшей скоростью, а летом избыточная энергия в дневное время может накапливаться для того, чтобы отдать ее в воздух помещения в прохладные ночные часы. Наиболее холодные и жаркие периоды года отмечены особенно резкими изменениями температуры и солнечной радиации. Эти периоды наибольшего охлаждения и наибольшего нагрева при проектировании ограждений и систем отопления являются экстремальными, поэтому основные теплотехнические расчеты должны выполняться с учетом нестационарности условий. Тепловая инерция также характеризует степень затухания амплитуды колебаний температуры наружного воздуха и влияние ее на амплитуду колебаний температуры воздуха внутри помещения.

Чем больше теплонакопительная способность ограждающей конструкции, тем менее влиятельны колебания наружного воздуха. При медленном понижении температуры, до начала периода резкого похолодания, распределение температуры в ограждении в каждый момент времени практически соответствует стационарному. В период резкого похолодания в каждый момент времени распределение температуры заметно отличается от стационарного.

Для проведения эксперимента была разработана модель с помощью программного обеспечения SketchUp и экспортирована в файл с расширением stl для дальнейшей печати на 3D-принтере.

Так как полностью модель не помещалась на печать она была разбита на 24 сегмента с длиной стороны не больше 13 см. В дальнейшем для того чтобы соединить все сегменты, были разработаны «замки» и направляющие (рисунок 1). Данная модель представляет два основных слоя, в которых каналы направлены перпендикулярно друг другу и разделены слоем алюминиевой фольги, являющейся теплоотражающим экраном. Верхний и нижний слой накрывается крышкой с отверстием под кулер.

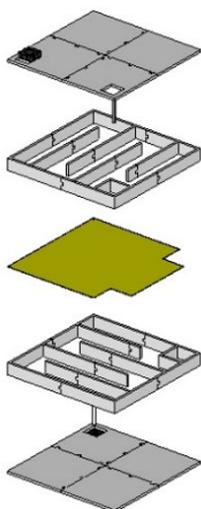


Рисунок 1. – Модель трехслойной стеновой конструкции

Суть новой конструкции состоит в том, что приточный вентилятор всасывает наружный чистый воздух и заставляет его двигаться сквозь конструкцию ограждения (рисунок 2). Далее происходит охлаждение здания и нагретый воздух, уходящий из помещения, отдает тепло приходящему чистому воздуху, который в подогретом состоянии создает комфортную среду для пребывания людей (рисунок 3).

Исходя из этого, можно сделать выводы:

- наружный воздух необходим для комфортного пребывания людей;
- обогрев чистого воздуха отработанным является своеобразным утеплителем.

Безусловно, холодный воздух, особенно сильно насыщенный влагой, забирает тепло с наружных конструкций фасада. Вследствие этого уменьшается энергоэффективность и уменьшается теплоустойчивость ограждающих конструкций. Однако этот отрицательный эффект наблюдается тогда, когда нагретый воздушный поток уходит обратно на улицу, но когда этот нагретый от конструкции воздух начинает свое движение в обратном направлении, а именно не на улицу, а в помещение, то наблюдается уже не отрицательный, а положительный эффект.

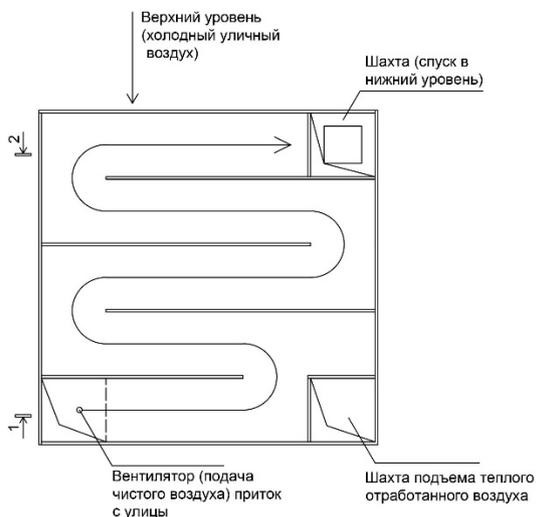


Рисунок 2. – Движение чистого воздуха

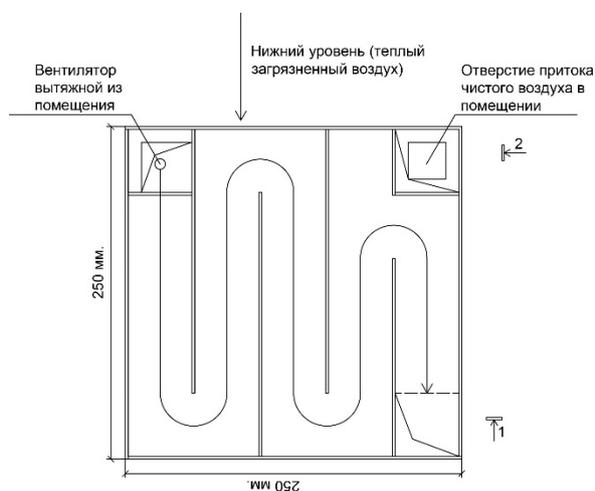


Рисунок 3. – Движение отработанного воздуха

Эффективность конструкции зависит от состава ограждающей конструкции и ее расположения; материалов, которые имеют различные теплофизические показатели; количества приточных и воздуховыводящих отверстий; объема воздуха, поступающего в помещение. Важным элементом в конструкции стены является экранный теплоотражатель, который многократно повышает энергоэффективность конструкции.

Важно правильно подобрать размеры каналов, которые будут осуществлять рекуперацию, а также определить размер и место теплоотражающего экрана.

Если правильно организовать поступление и прохождение наружного воздушного потока в помещение, можно максимально снизить теплопотери.

В рассматриваемом примере холодный наружный воздух после прохождения рубежа входного отверстия сразу становится внутренним воздухом ограждения. Зимой этот воздух не имеет возможности покинуть конструкцию в атмосферу, а лишь может проходить в помещение, получая тепло от выходящего нагретого воздуха. Входное отверстие расположено в нижней части ограждающей конструкции. При направлении движения холодного наружного воздуха в ограждающей конструкции проходит его смешивание с конвекционным воздушным потоком. С самого начала холодный поток начинает забирать тепло у составляющих конструкции (у теплоотражающего экрана и гибких каналов), отработанный воздух выходит наружу через вытяжное отверстие в наружной стене, а холодный воздух, нагретый отработанным воздухом, попадает в помещение.

Заключение. На данный момент рациональным вариантом использования энергоэффективных ограждающих конструкций с рекуперацией тепла является применение организованного наружного воздуха с возможностью его регулирования с помощью приточных отверстий с сохранением условий комфортного микроклимата.

Основным преимуществом применения таких конструкций ограждения в строительстве является то, то они могут отлично работать как в зимний период, так и летом в самые жаркие дни.

Выполнены лабораторные испытания на модели жилого здания, в которой будут проводиться испытания различных конструкций наружных стен с установкой соответствующих датчиков регистрации. К настоящему времени проведены предварительные испытания на стандартной установке и получены первые обнадеживающие результаты. Например, требуемое сопротивление теплопередаче для первого образца с применением алюминиевой фольги составило $0,764 \text{ м}^2 \text{ к/Вт}$, что больше, чем $0,623 \text{ м}^2 \text{ к/Вт}$ для контрольного образца с применением минеральной ваты.

После завершения лабораторных испытаний планируется по имеющейся договоренности с заводом КПД строительста № 17 и Новополоцким Горисполкомом провести заводские испытания и, если эти испытания дадут положительный результат, запустить новое решение в серийный выпуск жилых домов сначала

в нашем регионе, а затем и по всей Республике Беларусь, что, возможно, позволит при условии выполнения остальных планируемых нами мероприятий в части внутренних конструкций перейти на открытую систему типизации и т.д., снизить себестоимость строительства примерно в 3 раза, получив стоимость 1 м² общей площади жилья менее 350 деноминированных белорусских рублей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Способ получения тонкодисперсного аморфного микрокремнезема : пат. RU 2526454 С1 / В.П. Селяев, А.К. Осипов, А.А. Седова, Л.И. Куприяшкина ; опубл. 30.06.14.
2. Горшков, А.С. Пути повышения энергоэффективности ограждающих конструкций зданий / А.С. Горшков, И.А. Войлоков // Строительная теплофизика энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий : II Всерос. науч.-техн. конф., 10–11 дек 2009 г. : сб. тр. – СПб., 2009. – С. 44–48.
3. Енюшин, В.Н. Энергоэффективность современных ограждающих конструкций / В.Н. Енюшин, А.Д. Нурмухаметова, А.Д. Хаеретдинова // Изв. Казан. гос. архитектурно-строительного ун-та. – 2016. – № 4 (38). – С. 217–221.
4. Жмарин, Е.Н. ЛСТК – инструмент для реализации программы «Доступное и комфортное жилье» / Е.Н. Жмарин, В.А. Рыбаков // СтройПРОФИль. – 2007. – № 6(60) ; № 7(61). – С. 118–119 ; С. 166–167.

Поступила 03.09.2020

RECOVERY IN ENCLOSING STRUCTURES

D. SHABANOV, E. BRYANTSEV, I. KRUPENCHIK

The methods of thermal insulation of buildings used at present are analyzed. An innovative method of increasing the energy efficiency of enclosing walls, based on the use of constructively new enclosing structures with recuperation of the outgoing heat flux, has been investigated using 3D-printing technology.

Keywords: heat transfer resistance, specific one-time costs, payback, thermal inertia