

## **ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОКОННЫХ ЗАПОЛНЕНИЙ**

В процессе эксплуатации зданий и сооружений потери тепла из помещений через оконные заполнения (стеклопакеты) в зависимости от этажности зданий составляют от 12 до 25 % всех теплопотерь через ограждающие конструкции из отапливаемых помещений. Основным показателем, характеризующим это явление, является приведенная величина термического сопротивления всего оконного блока, хотя наибольшие потери приходится на его светопрозрачную часть [1]. Массово применяемые двухкамерные стеклопакеты имеют сопротивление теплопередаче гораздо ниже нормативного сопротивления теплопередаче наружных стен. Для решения этой проблемы фирмами, изготавливающими стеклопакеты, ведутся работы по разработке светопрозрачных материалов с улучшенными теплоизоляционными характеристиками.

Установлено, что непосредственно потери тепла через оконные проемы обусловлены конвективным теплообменом воздуха между стеклами. Эта проблема может быть решена путем использования герметичного стеклопакета, заполнения пространства между стеклами инертным газом (аргоном) или увеличением количества стекол.

Исследованиями установлено, что инфракрасное излучение через стекло составляет до 70 % потерь тепла из помещения через стеклопакеты [2]. Одним из возможных путей снижения таких потерь является использование низкоэмиссионного стекла, на одну из поверхностей которого нанесено специальное энергосберегающее покрытие.

Существует два вида энергосберегающего покрытия: К-стекло и I-стекло. К-стекло – это твердое энергосберегающее стекло. Чтобы придать флоат-стеклу энергосберегающие свойства, в плоскость еще теплого стекла методом пиролиза, наносят тонкий слой специального металлооксидного покрытия, которое на следующих стадиях, спекаясь со стеклом, образует покрытие с высокой прочностью, потому его и называют твердым покрытием. Величина излучательной способности К-стекла обычно имеет значение в среднем  $E = 0,17$ .

I-стекло – мягкое энергосберегающее стекло. Получение I-стекла происходит путем нанесения на его поверхность низкоэмиссионного покрытия с помощью вакуумного напыления. Удержание покрытия на поверхности происходит за счет сил молекулярного взаимодействия. Как правило, в качестве энергосберегающего покрытия выступает слой серебра толщиной до 15 нм. Для защиты серебра от окисления на него напыляются защитные слои титана, кремния, олова, никеля.

Такое покрытие беспрепятственно пропускает в помещение коротковолновое солнечное излучение, которое нагревает все предметы, находящиеся в по-

мещении, но отражает внутрь здания длинноволновое (инфракрасное) излучение, исходящее от нагретых предметов и нагревательных приборов. Тем самым значительно снижаются лучевые потери тепла через прозрачные ограждающие конструкции [3].

Наряду с применением низкоэмиссионного стекла сегодня ведутся работы по разработке вакуумных стеклопакетов и греющих стекол.

Вакуумные стеклопакеты представляют собой две стеклопластины, расположенные на расстоянии друг от друга, герметично соединенные по периметру для образования замкнутого объема, из которого откачивается атмосфера до необходимого вакуума. Зазор между стеклопластинами фиксируется системой прокладок, обеспечивающих механическую прочность стеклопакета. В связи с этим при изготовлении данного вида стеклопакета возникает достаточное количество конструктивных и технологических проблем, которые связаны с герметизацией, расположением прокладок, возникающими в месте контакта прокладок со стеклом механическими напряжениями.

При изготовлении вакуумных стеклопакетов необходимо действовать очень аккуратно, так как любые механические повреждения могут привести к разгерметизации, что влечет растрескивание как на стадии изготовления, так и в период эксплуатации. Вакуумные стеклопакеты должны быть без каких-либо дефектов, так как они подвергаются серьезным климатическим и температурным воздействиям.

Вакуумный стеклопакет состоит из двух пластин, между которыми образовывается вакуумная камера. Это позволяет полностью исключить влияние конвекции и теплопроводности газа из процесса теплообмена между внутренними поверхностями стекол. Благодаря вакуумной камере вакуумный стеклопакет обладает хорошими свойствами звукоизоляции, теплоизоляции и защиты от конденсации.

Наряду с тем, что вакуумные стеклопакеты обладают самым низким коэффициентом теплопередачи, они обладают высокой стоимостью из-за сложности их производства и больших затрат.

На сегодняшний день известны греющие стекла Thermo Glass, которые по внешнему виду ничем не отличаются от обычного стекла. Они также имеют прозрачную гладкую поверхность и обладают всеми физическими свойствами обычного стекла. Отличием греющего стекла от обычного является наличие тонкого сплошного покрытия на поверхности, благодаря которому появляется возможность проводить электрический ток. При подключении стекла к электрической сети защитное покрытие нагревается, поэтому такое стекло может выполнять функцию нагревательного элемента.

На поверхность закаленного стекла тонким светопропускающим слоем нанесено специальное низкоэмиссионное покрытие (Low-E), которое при прохождении электрического тока начинает нагреваться. К сети такая конструкция подключается посредством электродов, расположенных на краях стекла.

Каждый проводок покрытия "упакован" в специальный защитный изолятор, поэтому человек может без проблем прикасаться к стеклу.

Греющее стекло может монтироваться на любые поверхности без каких-либо ограничений, электрический ток полностью изолирован и не передается на другие поверхности.

Каждое стекло Thermo Glass оснащено специальным регулятором температуры – с его помощью пользователь может настроить степень нагрева, что увеличивает функциональные возможности технологии.

Для работы греющее стекло подключается к стандартной сети с напряжением электрического тока 220 вольт (рисунок 1), использование каких-либо вспомогательных устройств (трансформаторов, выпрямителей и других) не требуется.



*Рисунок 1 – Окно с использованием греющих стекол*

Токопроводящее покрытие всегда располагается внутри стеклопакета или триплекса, что исключает возможность прикосновения к токопроводящему слою. Он с двух сторон закрыт стеклом, являющимся прекрасным диэлектриком. Благодаря этому вероятность поражения электрическим током стремится к нулю.

Греющее стекло обладает множеством различных функций.

Обогрев. Из-за металлизированного покрытия, которое равномерно нанесено по всей поверхности стекла, появляется возможность проводить электрический ток, благодаря чему стекло нагревается, вследствие чего теплые частицы переходят в воздух, который тоже нагревается. Поэтому греющее стекло можно использовать в качестве основного и вспомогательного источника тепла. Но все-таки хочется отметить, что горячее стекло служит не для обогрева помещений, а для удержания тепла внутри помещения.

Защита от обледенения. Отопление очень плохо защищает стекло от обледенения, так как воздух не задерживается у вертикальных поверхностей. А вот при подачи электрического тока Thermo Glass нагревается, что препятствует обледенению и образованию корочки льда на поверхности окна.

Поверхность-антиконденсат. При использовании обычного отопления, особенно зимой, когда температура на улице может достигать  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а внутри помещения она будет составлять  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , на окне будут значительные перепады температуры, что приводит к образованию на поверхности окна жидкости – конденсата. В случае применения Thermo Glass температура на поверхности

окна всегда будет выше точки росы, поэтому образование конденсата при таком сценарии невозможно.

Защита от сквозняка. Зимой при низких температурах стекло охлаждается, вследствие чего воздух внутри помещения возле окна тоже начинает охлаждаться, что приводит к образованию внутренних сквозняков. При использовании горячего стекла, даже при очень низких температурах стекло не охлаждается, тем самым образование внутренних сквозняков не происходит.

Электрическую мощность, подводимую к стеклу, рассчитывают индивидуально в каждом случае. Для создания комфортного микроклимата в помещении температуру поверхности прозрачного полотна надо поддерживать в пределах от + 20 до + 30 °С, что обычно достигается при удельной мощности порядка 0,1 кВт/м<sup>2</sup>.

Также, как показывает практика, существенное влияние на теплотехнические характеристики стеклопакета оказывает конструкция и материал обрамления. Эффективным является «теплый» профиль – конструкция с теплоизолирующей вставкой, содержащая внешний и внутренний алюминиевые профили, жестко соединенные между собой термомостом из полиамида, состоящим из двух половин. При этом в пространстве между профилями и половинами термомоста смонтирована теплоизолирующая вставка, отличающийся тем, что конструкция содержит теплоизолирующую вставку, предварительно изготовленную из вспененного полимера.

Учитывая, что жилищный сектор Республики Беларусь потребляет более 35 % энергоресурсов страны, разработка и массовое внедрение энергоэффективных стеклопакетов является актуальной задачей, позволяющей снизить удельное потребление энергии на отопление зданий.

#### **Список цитированных источников**

1. Захаров, В. М. Использование окон с регулируемым сопротивлением теплопередачи в качестве энергосберегающего мероприятия для систем энергоснабжения зданий / В. М. Захаров, А. В. Банников, Н. Н. Смирнов // Вестник ИГЭУ. – 2004. – № 4. – С. 11–13.
2. Майоров, В. А. Передача теплоты через окна: учеб. пособие / В. А. Майоров. – М. : Издательство АСВ, 2014. – 120 с.
3. Арзамасов, В. Ю. Влияние теплоотражающих покрытий на теплосопrotивление светопрозрачных ограждающих конструкций / В. Ю. Арзамасов, В. Н. Крутиков // Метрология. – 2011. – № 4. – С. 27–35.

УДК [69.008.6:692.426]:534.1

**Чадович Н. В.**

*Научный руководитель: доцент, к. т. н., доцент Шурин А. Б.*

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ ЧАСТОТНЫМ МЕТОДОМ НА ПРИМЕРЕ ФРАГМЕНТА СТРУКТУРНОЙ КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ «БРГТУ»**

Основная задача статических испытаний строительных конструкций – выявление их напряженно-деформированного состояния под нагрузкой, оценка несущей способности, жесткости и трещиностойкости конструкций.