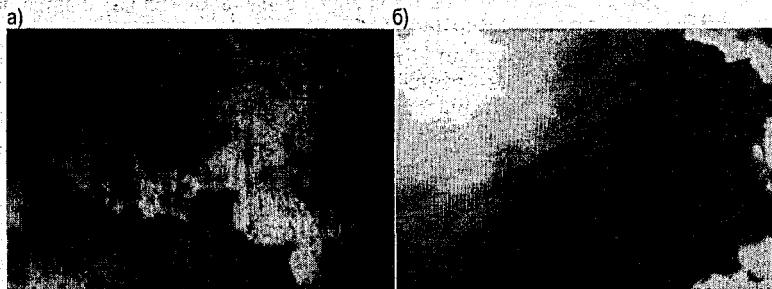


защищает от шума; предоставляет новые творческие возможности и альтернативы для инновационных решений архитекторам и проектировщикам и др. Самоочищающееся стекло к тому же позволяет на долгое время сохранить удивительные эстетические эффекты, приближая человека к окружающей среде.



а) обычное стекло; б) самоочищающееся стекло  
**Рисунок 3 – Вид стекла после загрязнения и полива**

#### **Список цитированных источников**

1. Применение стекла в строительстве: справочник / В.А. Дроздов, С.М. Гликин, В.П. Тарасов [и др.] под общ. ред. В.А. Дроздова. – М.: Стройиздат, 1983. – 288 с.
2. 100 чудес современной архитектуры; пер. с англ. – М.: ЗАО «БММ», 2009. – 224 с.: ил.
3. <http://diterglass.com.ua/1102-samoochischayuscheesya-glass-is-made-technologies.html>
4. <http://www.tudor-glass.co.uk>

УДК 533.6:624.012.6.

**Ланских В.Э.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Шалобыта Т.П.**

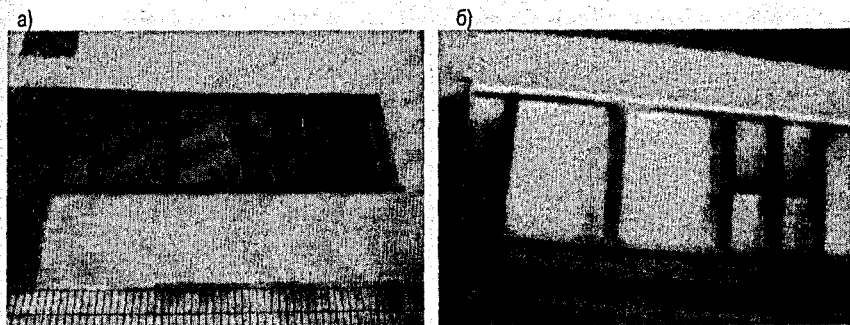
### **ПУТИ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОБМЕНА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ВИДОВ ОСТЕКЛЕНИЯ**

Вопрос энергоэффективности зданий и сооружений в современном строительстве является предметом постоянных дискуссий. Увеличение доли остекления в фасадных конструкциях неизбежно заставляет задуматься о повышении теплотехнических характеристик оконных систем. Как показывает практика, большинство существующих оконных конструкций являются неэффективными с точки зрения энергосбережения. Например, на выполненной в ходе исследований тепловизионной съемке аудитории нашего университета (рисунок 1) ясно видно, что основные потери идут именно через остекление.

В оконной конструкции именно светопрозрачная часть занимает наибольшую площадь, т.е. сколько бы ни улучшались теплотехнические характеристики коробки и рамы в случае применения традиционного стеклопакета, все эти улучшения не смогут существенно снизить потери тепла. Реального снижения потерь тепла можно достичь путем использования более совершенных материалов во всех элементах остекления. Это позволит уменьшить процесс теплообмена с окружающей средой за счет каждой его составляющей: за счёт теплопроводности, конвекции и теплового излучения.

Снижение теплопроводности можно достичь путем применения стеклопакетов с различным заполнением межстекольного пространства. Для существенного улучшения тепло- и звукоизолирующих свойств стеклопакетов часто используется заполнение инерт-

ными газами или смесями газов, имеющими меньшую теплопроводность по сравнению с воздухом (см. таблицу 1). Кроме того, значительная плотность, вязкость, диаметр частиц, масса частиц (Ar-40, Kr-83,3, Xe-131,3) по сравнению с воздухом обеспечивают снижение конвекционных потоков внутри стеклопакета, что в свою очередь увеличивает сопротивление теплопередаче [1].



а) фотосъёмка аудитории; б) тепловизионная съёмка аудитории  
Рисунок 1 – Потери тепла через остекление учебной аудитории

Таблица 1 – Параметры газов, используемых в стеклопакетах

Газ	Теплопроводность, Вт/мК	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предельная толщина камеры стеклопакета, мм
Воздух	0,0241	1,27	20
Аргон	0,0162	1,78	17
Криптон	0,0086	3,74	11
Ксенон	0,0051	6,90	8

Наиболее часто для заполнения межстекольного пространства применяются: аргон (Ar) и криптон (Kr). Криптон значительно более дорогой, по сравнению с аргонном, инертный газ, но он в большей степени, чем аргон повышает тепло- и звукоизолирующую способность стеклопакета. Следует отметить, что использование инертных газов требует применения несколько других материалов для заделки швов [2]. Бутил или полисульфиды не всегда могут эффективно удерживать инертные газы в межстекольном пространстве и через год-полтора там может оказаться обычный воздух, что связано, прежде всего, с неспособностью современных герметизирующих материалов удерживать инертные газы продолжительное время.

Другой эффективный путь снижения теплопотерь – это применение стеклопакетов с большим количеством камер (рисунок 2).

Видно, что до коэффициента сопротивления теплопередаче кирпичной стены (2,5 кирпича) теплопотери должны быть значительно уменьшены. Этого можно достичь за счёт увеличения количества камер в стеклопакете, однако при этом надо помнить, что такой путь эффективен до определенного предела. В определенный момент увеличение количества камер становится нецелесообразным и неизбежно ведёт к удорожанию, увеличению светопотерь и массы конструкции остекления. На отечественном оконном рынке большой популярностью пользуются 3-5-камерные системы, хотя и присутствуют 6-8-камерные.

Еще один эффективный путь снижения теплопотерь – это применение вакуумных стеклопакетов. Такой стеклопакет был разработан японскими учёными и впервые выпущен компанией Nippon Sheet Glass. По сути – это тот же стеклопакет, только его камера

в прямом смысле ничем не заполнена. Вакуумный стеклопакет полностью защищает от потерь за счёт конвекции и практически защищает от потерь за счёт теплопроводности (так как тепло, хоть и незначительно, уходит через стеклянные распорки, установленные в камере для предотвращения прогиба стекла в центре). Однако их применение не позволяет убрать теплопотери за счёт теплового излучения.

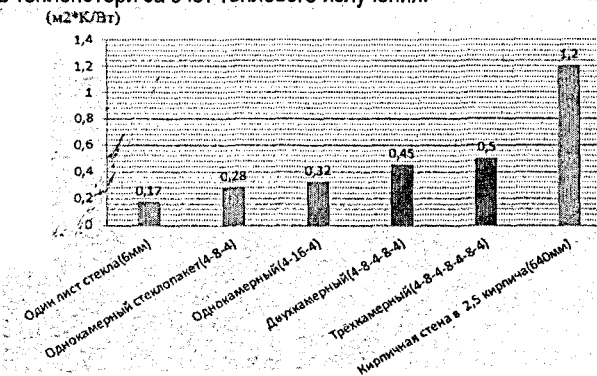


Рисунок 2 – Сопротивление теплопередаче некоторых видов стеклопакетов

Тепловое излучение – это перенос тепла посредством электромагнитных волн, возникающих в результате сложных молекулярных и атомных возмущений. Электромагнитные волны распространяются от поверхности излучателя во все стороны, встречая на своём пути другие тела, может ими частично поглощаться, повышая их температуру. Это единственный вид теплопередачи, который может осуществляться через вакуум. Тепловое (длинноволновое) излучение, при котором длина волны более 2480 нм, составляет от 50 до 74% от всех теплопотерь, в зависимости от вида остекления. С этой точки зрения эффективно уменьшить лучистый теплообмен можно за счёт селективного или низкоэмиссионного покрытия (рисунок 3). В последнее время наибольшее распространение получило так называемое «I (И)-стекло» или стекло с мягким покрытием – Low-E. Оно наносится на стекло методом магнетронного напыления в вакууме оксидами металлов (серебра, золота и др.), в результате чего образуется тонкая пленка, обладающая свойством спектральной селективности [3].

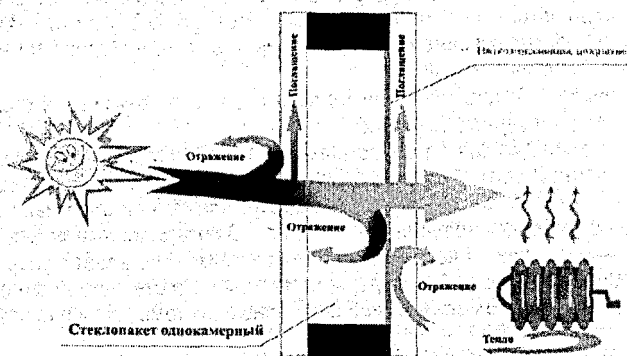


Рисунок 3 – Принцип действия низкоэмиссионного покрытия

Стекла отличаются показателем тепловой эмиссии, что существенно влияет на теплотехнические характеристики. У простого стекла коэффициент эмиссии около 0,83, у «К-стекла» с низкоэмиссионным твердым покрытием – не более 0,18, у «И-стекла» с низкоэмиссионным мягким покрытием от 0,02 до 0,11. Низкоэмиссионные стекла препятствуют утечке тепла из помещения за счет излучения зимой. Кроме того, они препятствуют нагреванию помещения летом, что позволяет снизить затраты на кондиционирование, а следовательно, повысить энергоэффективность сооружений.

Аналогом применения стеклопакетов с низкоэмиссионным покрытием являются стеклопакеты с теплосберегающими пленками. Такие пленки наклеиваются на стекло уже смонтированных стеклопакетов или располагаются на месте внутреннего стекла в многокамерных стеклопакетах, выполняя роль «теплого зеркала» (Heat mirror) [4]. Причем во втором случае, кроме регулирования тепловой эмиссии, сокращаются потери за счет конвекции. Тем не менее, препятствуя теплопотерям, теплосберегающие пленки существенно препятствуют и светопропусканию.

Наибольший эффект повышения термического сопротивления достигается в случае комплексного использования различных методов (рисунок 4): селективные стекла, инертные газы или вакуумное заполнение межкамерного пространства стеклопакетов и т.д. Например заполнение межстекольного пространства инертным газом позволяет повысить сопротивление теплопередаче на 3...5% при условии применения обычных стеклопакетов и до 15% – низкоэмиссионных.

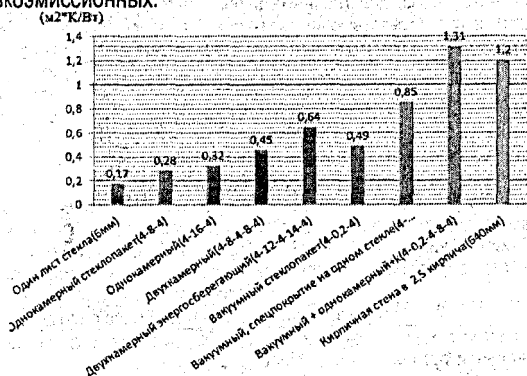


Рисунок 4 – Сопротивление теплопередаче некоторых видов стеклопакетов

Таким образом, можно сделать вывод, что в настоящее время существует достаточно способов и эффективных видов стекла, чтобы получить стеклопакет с показателем сопротивления теплопередаче не менее 1,0 м²·К/Вт. Но для обеспечения нормируемого показателя сопротивления теплопередаче всего окна нужно, чтобы аналогичной величине соответствовала рама, в которую вставляется стеклопакет, и коробка окна, монтируемая в стеновой проем. Кроме того, применение различных методов определяют стоимость стеклопакета, поэтому при выборе вариантов надо руководствоваться не только теплотехническими характеристиками, но и критериями экономической целесообразности.

#### Список цитированных источников

1. <http://www.goodgoods.ru/pages/content/1094115429.html>
2. <http://www.nt-ekoklimat.ru/products/vacuumenergywindows>
3. <http://www.realprof.ru/steklopacket/energy-glass.htm>
4. <http://www.eagfacades.com/Technologies/heat.html>