

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ВОЗДУШНОЙ ПРОСЛОЙКИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОКОННЫХ БЛОКОВ

Experimental research works showed that optimal air layer in double-glass window is between 8–10 mm.

Введение. В большинстве современных оконных блоков вместо отдельных стекол используются стеклопакеты [1]. Промышленное производство первых стеклопакетов началось в 1934 году в Германии, и применялись они для остекления железнодорожных вагонов.

1. Технология изготовления стеклопакетов. Стеклопакет – изделие из двух или более стекол, герметично соединенных друг с другом при помощи дистанционной рамки, а также внутреннего и внешнего герметиков, образующих замкнутую полость, заполненную осушенным воздухом или инертными газами. Дистанционная рамка заполняется осушителем воздуха – силикогелем (рис. 1).

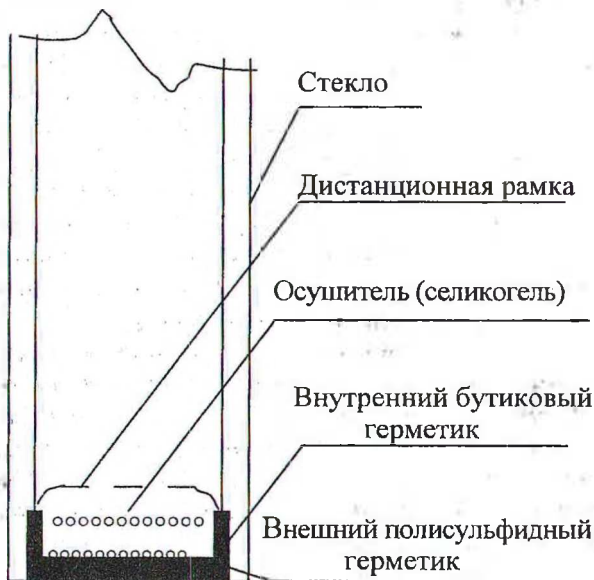


Рис. 1. Общий вид стеклопакета

На первом этапе на дистанционную рамку наносят бутиловый герметик и укладывают ее на подготовленный заранее лист стекла. Далее рамку с герметиком помещают между стекол и конструкция склеивается.

На втором этапе наносится внешний герметик. Это – или эластичные двухкомпонентные полисульфидные герметики (бутил и тиokol), или однокомпонентные герметики на основе синтетического каучука.

Осушитель обезвоживает воздух, находящийся внутри стеклопакета, и устраняет возможность выпадения конденсата между стеклопакетами. Появление конденсата в межстекольном пространстве стеклопакета в процессе эксплуатации говорит о грубых нарушениях

при его изготовлении – отсутствии осушителя или, чаще всего, неполной герметизации.

Причиной разрушения герметизации стеклопакета, которое начинается с края, является локальное температурное растягивающее напряжение и перепады давления. Для компенсации напряжений в краевой зоне необходим герметик с высоким модулем упругости, который хорошо воспринимает растягивающие усилия. Следовательно, применение герметика на основе двухкомпонентной мастики предпочтительнее, т. к. существенным недостатком однокомпонентных герметиков следует считать их размягчение при нагревании под воздействием солнечной радиации.

Если составом герметиков интересуется не каждый потенциальный покупатель, то качеством стекла, используемого в стеклопакете, интересуются все.

В соответствии со свойствами стекла и областью его применения стекло разделено на группы – марки. Сначала следует понять, что стекло различных марок выходит с одной линии. На выходе осуществляется контроль, и если стекло соответствует по качеству марке М1, его маркируют надписью М1, если – М2, то его маркируют М2 и т. д. Всего восемь марок.

Чем ниже цифра на марке стекла – тем выше его качество, меньше дефектов (пороков) на единице поверхности, тем более качественные и ответственные конструкции им можно остеклять, лучше его физические и оптические свойства. Самое высококачественное остекление светопрозрачных конструкций производится, как правило, из оконного полированного стекла 2,0–6,0 мм марки М1.

Стекло марки М1 практически не содержит пороков, и если на привезенном окне царапина или какое-то вкрапление мозолит Вам глаза, то, скорее всего, это стекло марки М2. Если картинка за окном «плывет», когда Вы смотрите на стекло под углом 45°, то это – стекло марки М3. В любом из вышеперечисленных случаев, если обнаружен дефект, уважающая себя фирма заменит стеклопакет, не ссылаясь на нормы ГОСТа, а на производстве у крупных фирм есть собственная служба контроля, которая отбракует лист с дефектом еще на стадии резки.

1.1. Теплоизоляция стеклопакетов. Заметим, что толщина обычных стекол, устанавливаемых в стеклопакет, не оказывает практически никакого влияния на его теплозащит-

ные свойства. Наружное остекление в одно стекло может быть применено только для неотапливаемых помещений: балконов, витрин, веранд и др.

Теплопередача через воздушные прослойки стеклопакета осуществляется излучением, конвекцией и теплопроводностью, что представлено на рис. 2.

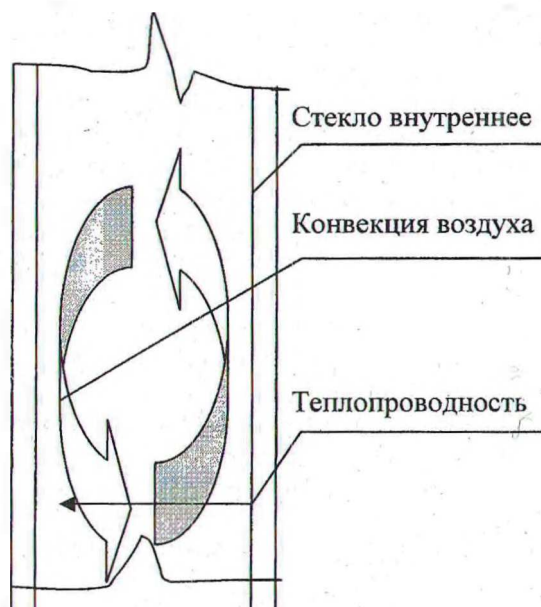


Рис. 2. Схема теплопередачи

Для уменьшения потерь тепла путем инфракрасного излучения (они составляют около 70% от общего количества) наибольший интерес представляет излучательно-поглощательная способность внутреннего стекла [2]. Чем меньше эта величина, тем меньше тепла уйдет в сторону более холодного стекла. Идея применения стекол с низкоэмиссионным покрытием связана с желанием понизить излучательную способность стекла, увеличивая отражение стеклом длинноволнового излучения тепловых, нагревательных, бытовых приборов обратно в помещение. Потери тепла за счет излучения падают приблизительно с 70% до 15–20%. Низкоэмиссионные стекла достаточно хорошо пропускают видимый свет (различие между обычным прозрачным стеклом и стеклом с низкоэмиссионным покрытием очень незначительно) и почти не пропускают тепловую энергию в длинноволновом диапазоне (длина волны более 760 нм). «Мягкое» i-покрытие наносится на уже готовое флоат-стекло. В отличие от «твердых» k-покрытий оно менее устойчиво к погодным и температурным воздействиям, не говоря уже о механических повреждениях. Последнее отличие не имеет большого значения, т. к. стекло устанавливается в стеклопакет покрытием внутрь. При изготовлении k-стекла ок-

сид олова оседает на поверхности горячего флоат-стекла, становясь неотделимой его частью. Образуется крепкое и прочное покрытие, обладающее химической, термической и механической прочностью, равноценной стеклу без покрытия.

Как показывают данные исследований, при толщине межстекольного пространства до 8 мм конвекция воздуха затруднена. Конвективный теплообмен связан с переносом тепла вместе с воздухом (теплый воздух поднимается, холодный – опускается), вдоль внутреннего стекла воздух поднимается, а его место занимает холодный, опустившийся вниз вдоль холодного наружного стекла. Так между стеклами образуется конвекция воздуха, который переносит тепло наружу, а холод внутрь. С увеличением толщины воздушной прослойки конвективный обмен в ней становится более интенсивным, а доля передачи тепла за счет теплопроводности уменьшается. При этом увеличение толщины прослойки уже не приводит к росту теплоизолирующих свойств стеклопакета.

Итак, коэффициент теплопередачи окна характеризует количество тепла в ваттах (Вт), которое проходит через один квадратный метр конструкции при разности температур по обе стороны в один градус, единица измерения – Вт/м²°С. Чем меньше значение коэффициента теплопередачи, тем выше теплоизоляционные свойства. Коэффициент термического сопротивления теплопередачи (Кт) является величиной, обратной коэффициенту теплопередачи.

1.2. Влияние толщины воздушной прослойки на перепад температур в оконном блоке. Помимо теплопередачи посредством теплопроводности, тепло переносится с помощью процесса конвекции. С увеличением толщины воздушной прослойки конвективный обмен в ней становится более интенсивным, а доля передачи тепла за счет теплопроводности увеличивается. При этом увеличение толщины прослойки, вероятно, уже не приводит к росту теплоизолирующих свойств стеклопакета. Важно определить оптимальную величину воздушной прослойки в оконном стеклопакете, при которой увеличение толщины стеклопакета еще целесообразно, и исследовать зависимость величины коэффициента термического сопротивления от величины воздушной прослойки стеклопакета. Чем больше значение коэффициента термического сопротивления, тем выше теплоизоляционные свойства стеклопакета.

Коэффициент термического сопротивления K_T определяется по формуле

$$K_T = \frac{F \cdot (t_1 - t_2)}{Q} \text{ м}^2 \text{°С/Вт,}$$

где F – площадь сечения, через которое происходит теплопередача, m^2 ; $t_1 - t_2$ – перепад температур по обе стороны стеклопакета; Q – количество теплоты, проходящее через стеклопакет, Вт.

В лабораторных условиях практически нельзя произвести замеры всех перечисленных величин, но так как очевидна прямая зависимость перепада температур на обоих стеклах стеклопакета, то появилась возможность провести такие исследования.

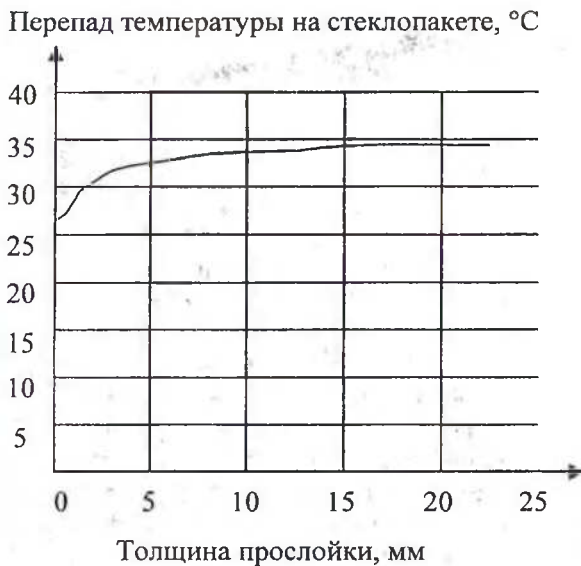


Рис. 3. Зависимость величины перепада температур от толщины воздушной прослойки в стеклопакете

Для изготовления стеклопакетов различной толщины использовались заготовки из ДВП размером 250×250 мм, заготовки из стекла размером $200 \times 200 \times 4$ мм, полиуретановый клей Iovat. Исследования проводились с использованием сушильного шкафа типа 2В-151 и лазерного дистанционного измерителя температуры Raytek Raynger ST.

По результатам измерений построена графическая зависимость величины перепада температур от толщины воздушной прослойки в стеклопакете, представленная на рис. 3.

Выводы. Таким образом, была обнаружена нелинейная зависимость перепада температур по обе стороны стеклопакета от толщины воздушной прослойки. Также можно сделать вывод о целесообразности увеличения толщины воздушной прослойки в стеклопакете до величины порядка 8–10 и о том, что увеличение воздушной прослойки в стеклопакете более 12 мм является нецелесообразным, так как увеличение толщины пакета повышает материалоемкость и практически не улучшает его теплофизических свойств.

Литература

1. Окна и балконные двери для зданий и сооружений. Общие технические условия: СТБ 939-93. – Введ. 21.12.1993. – Минск: Минстройархитектура, 2003.
2. Задвинская И. Рождение окна // Мастерская. Технологии строительства. Материалы. Архитектура. – 2005. – № 5. – С. 18–31.