

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА СТЕКЛОПАКЕТЫ

технический бюллетень тБЗ компании PILKINGTON

Строительные стеклопакеты состоят из двух и более стёкол, разделённых по периметру дистанционной рамкой и скрепленных между собой герметизирующим материалом. Пространство между стёклами может быть заполнено сухим воздухом или инертным газом, например, аргоном. Герметизирующие материалы обеспечивают необходимую механическую прочность и, что не менее важно, полную герметичность конструкции. В силу этого атмосферные нагрузки, действующие на стеклопакет, в частности, изменение температуры и атмосферного давления, приводят к появлению механических напряжений в стекле, что может вызвать появление эффекта «линзообразования».



Изменения атмосферного давления

Атмосферное давление постоянно меняется, по мере того как воздушные массы перемещаются над поверхностью Земли. Область пониженного давления называется циклоном, а повышенного – антициклоном. В европейской части России, как правило, атмосферное давление колеблется в пределах от 720 мм. рт. ст. (пониженное) до 770 мм. рт. ст. (повышенное).

Стеклопакет изготавливают на производстве, при этом давление газа внутри стеклопакета в момент герметизации равняется атмосферному давлению. После монтажа стеклопакета на объекте, будь то пластиковое окно у нас на кухне или стеклянный фасад какого-нибудь здания, в процессе его эксплуатации атмосферное давление изменяется. Разница между атмосферным давлением и давлением газа внутри стеклопакета вызывает появление в стекле механических напряжений. Эти напряжения существуют все время, пока сохраняется разница между давлением воздуха снаружи и внутри стеклопакета. Разность давлений приводит к появлению прогиба в стекле – оба стекла прогибаются внутрь или оба наружу в зависимости от того, с какой стороны стекла давление выше. Поскольку края стекол закреплены герметиком и, соответственно, неподвижны, стеклопакет становится выпуклым или вогнутым.

Изменения температуры

В течение срока службы стеклопакета температура воздуха или инертного газа в межстекольном пространстве постоянно меняется из-за изменений наружной температуры и из-за солнечного излучения, которое в ясные дни нагревает стекло и, следовательно, воздух в стеклопакете. Влияние температуры на газы нам хорошо известно из школьного курса физики: с ростом температуры давление газа в замкнутом объеме растет, а при ее понижении - падает. Результирующим эффектом, как и в вышеописанном случае с изменением атмосферного давления, является прогиб стекол в стеклопакете внутрь или наружу.

В природе эти два явления (изменение давления и температуры) сочетаются, иногда гася, а иногда и усиливая друг друга. В частности, низкое атмосферное давление в теплую погоду (циклон в летний период) и высокое давление в холодную (антициклон в зимние месяцы) представляют собой 2 экстремальных случая, вызывающих появление максимального прогиба стекол в конструкции.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА СТЕКЛОПАКЕТЫ

технический бюллетень тБЗ компании PDKINGTON

Возникающие в стекле при перепаде давлений и температуры напряжения могут привести к двум «неприятным» последствиям. Первое – в результате прогиба в отраженном свете в стекле появляются оптические искажения. Они становятся особенно заметными в случае, когда на поверхности стекла присутствует сильнорефлективное (бликующее) покрытие. Второе последствие более серьезное - в крайних случаях, когда, например, стеклопакет имеет малый размер (или одна из сторон имеет малую длину) и широкую дистанционную рамку, эти напряжения могут привести к разрушению стекла (см. рис. 1 и 2).

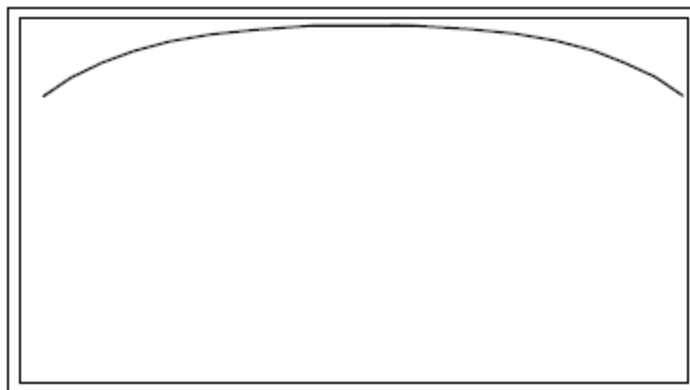


Рис. 1.

Пример разрушения стекла в пакете, изготовленном с использованием «жесткого» краевого герметика (например, эпоксидный полисульфид).

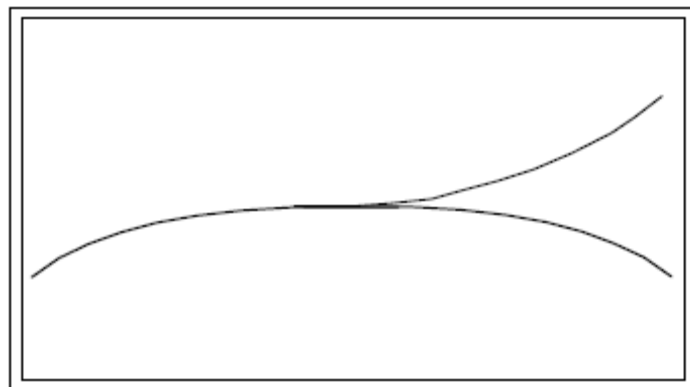


Рис. 2. Пример разрушения стекла в пакете, изготовленном с использованием «эластичного» краевого герметика (например, силикон).

Разрушение может произойти и в стеклопакете большого размера, если он изготовлен из достаточно тонких стекол. В этом случае стекла, прогибаясь внутрь стеклопакета, могут иногда даже коснуться друг друга в центре. Трещины в стекле, возникающие из-за эффекта «линзообразования», имеют обычно форму полумесяца. Количество трещин, как правило, пропорционально величине напряжений, возникших в стекле. Если величина напряжений была не очень большой (но при этом превышала предельно допустимые для стекла данной толщины), мы можем увидеть одну-две трещины (см. рис. 3).

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА СТЕКЛОПАКЕТЫ

технический бюллетень тб3 компании PILKINGTON



Рис. 3. Пример разрушения стекла в пакете из-за перепада давления и температуры.

Если величина напряжений значительно превысила предельно допустимую, количество трещин может достигать 1-2 десятков (см. рис. 4). В обоих случаях трещины начинают расти от центральной части к краю, часто не достигая при этом краев стекла.



Рис. 4. Пример разрушения стекла в пакете из-за перепада давления и температуры.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА СТЕКЛОПАКЕТЫ

технический бюллетень тб3 компании PILKINGTON

Для того чтобы не допустить возникновения в стекле значительных напряжений из-за перепада давления и температуры и избежать таких печальных последствий, ГОСТ 24866-99 «Стеклопакеты клееные строительного назначения. Технические условия» требует, чтобы стеклопакеты хранились в отапливаемых помещениях, а в зимний период в процессе монтажа и после него температура в помещениях не опускалась ниже $+5^{\circ}\text{C}$. По этой же причине ГОСТ 24866-99 не рекомендует изготавливать стеклопакеты с соотношением сторон более 5:1, хотя это является общей рекомендацией и не учитывает влияния ширины дистанционной рамки. Прогиб стекол в стандартных стеклопакетах для пластиковых окошек из-за перепада давления и температуры составляет, как правило, не более 1-2 мм, и поэтому многие стеклопакетные компании на это просто не обращают внимания. Однако в фасадном остеклении очень часто требуются стеклопакеты гораздо больших размеров, нестандартной конфигурации, с более широкой дистанционной рамкой. В таких случаях прогиб может быть значительно большим, и это в свою очередь может привести к появлению критических напряжений в стекле.

Особое внимание следует уделять стеклопакетам, которые будут эксплуатироваться в условиях высокогорья, поскольку атмосферное давление там значительно ниже, чем на уровне моря. К примеру: стандартный двухкамерный стеклопакет 4-12-4-12-4 размером 1500x1500 мм, состоящий из 3-х стекол толщиной 4 мм каждое и дистанционных рамок 12 мм, изготавливается в г. Краснодар на высоте 25 м от уровня моря при нормальном для этой местности давлении 760 мм. рт. ст. Затем этот стеклопакет перевозится и устанавливается, например, в гостинице «Балкария», которая находится на высоте 2300 м над уровнем моря у подножья Эльбруса. Стандартное атмосферное давление на такой высоте – 574 мм. рт. ст. При таком перепаде давлений величина прогиба наружного и внутреннего стекла в летний период составит 9.4 мм, что с учетом небольшого размера стеклопакета будет визуально бросаться в глаза и при определенных обстоятельствах может привести к разрушению стекла или разгерметизации стеклопакета.

Читатель должен понимать, что от эффекта «линзобразования» полностью избавиться невозможно. Но можно минимизировать последствия этого явления. В качестве общей рекомендации можно посоветовать для каждого объекта проводить расчет величины прогиба стекла в конструкции. При необходимости для изготовления пакета использовать более толстые стекла либо применять ассиметричный стеклопакет, наружное стекло которого на 1-2 мм толще внутреннего. Также не рекомендуется без особой необходимости применять чересчур широкую дистанционную рамку, поскольку это приведет к увеличению объема газа в межстекольном пространстве и, как следствие, большим перепадам давления внутри пакета.

За более подробной информацией о влиянии изменений атмосферного давления и температуры на стеклопакеты обращайтесь в службу технической поддержки компании «Пилкингтон Гласс».

Служба технической поддержки
ООО «Пилкингтон Гласс»
Январь 2010г.

Данный технический бюллетень является справочным материалом. Настоящим компания Pilkington Group Limited и ее подразделения снимают с себя всяческие обязательства, каким-либо образом вытекающие из каких бы то ни было ошибок или упущений данной публикации, и всяческие последствия использования ее в качестве руководства