

Статика

Во избежание рисков необходимо учитывать статические требования для конкретного объекта. Для зданий большой высоты особенно важно обеспечить достаточную прочность остекления и при необходимости установить дополнительное ограждение.



Определение размеров для оконных блоков и фасадов

Рекомендации по применению с учетом внешних факторов и размеров элементов.

Страница 20



Общая статика

Принципы и методы расчета моментов инерции и нагрузок

Страница 22



Защита от выпадения

Случаи применения и заданные параметры для обеспечения защиты от выпадения в соответствии с TRAV.

Страница 24



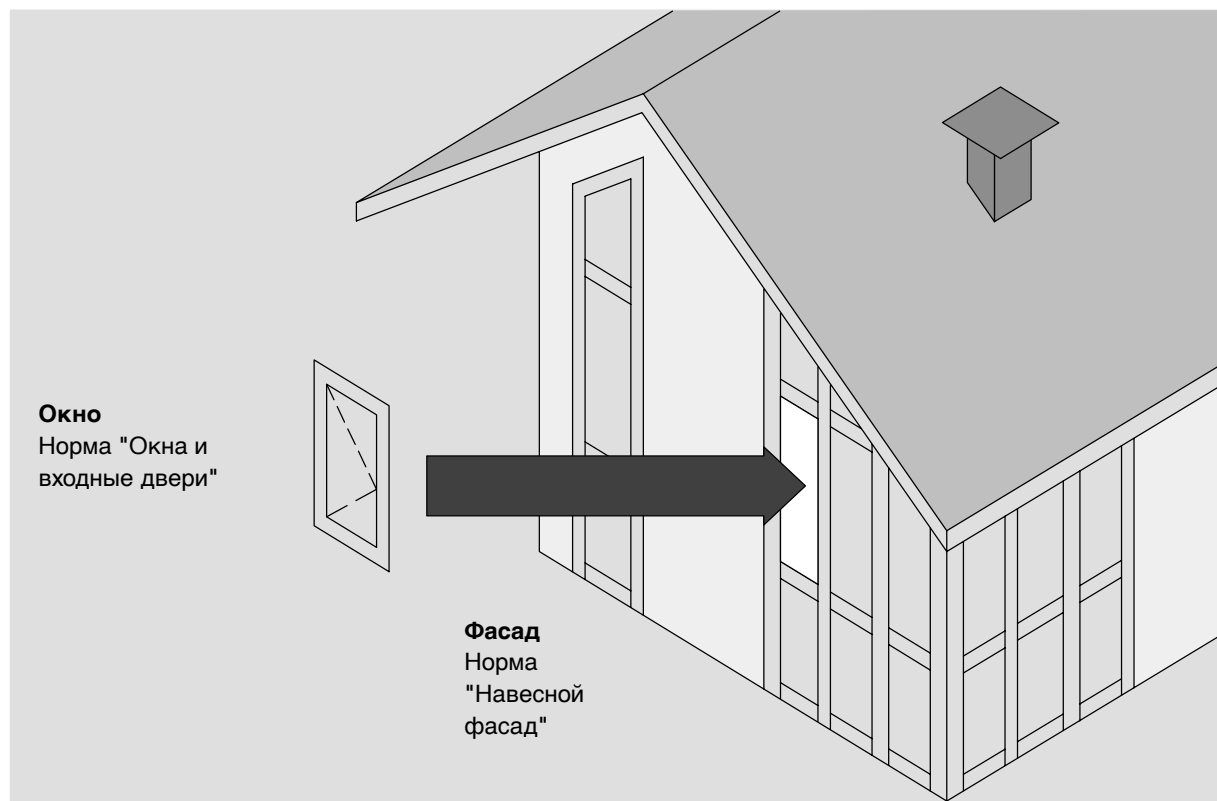
Статика

Методики расчета рамных профилей окон и фасадов принципиально отличаются друг от друга:

Окна:
Элемент, встроенный в проем в стене между двумя междуэтажными перекрытиями, состоящий из оконной рамы и, при необходимости, открывающихся створок со стеклом или другим заполнением. Служит главным образом для освещения и проветривания, защищает от погодных воздействий.

Элемент фасада:
Элемент, высота которого равна или превышает высоту этажа, навесной / самонесущий.

Открывающийся элемент, с целью организации вентиляции встроенный в фасад, считается окном.



Различия между окном и фасадом

Расчет окон производится в соответствии с pr EN 14351 1 "Окна и входные двери". Данной нормой устанавливаются независимые от материала требования к конструкциям. Требования нормы распространяются на готовые к эксплуатации окна и балконные двери, встраиваемые в вертикальные проемы или наклонные крыши (слуховые окна).

Норма также относится к готовым к эксплуатации входным дверям и составным элементам. Не допускается использование входных дверей, окон и балконных дверей, а также составных элементов в качестве несущих конструкций. Технические характеристики навесных фасадов описываются нормой DIN EN 13830 "Навесные фасады".

Термином "навесной фасад" обозначаются конструкции следующих форм: стоечно-ригельные конструкции, элементные конструкции и конструкции с подоконными панелями. Данная норма распространяется на вертикальные конструкции и конструкции, отклоняющиеся от вертикали не более чем на 15°.

Определение размеров

Определение размеров окна

Требования к окнам и балконным дверям определяются различными факторами: в приведенных ниже таблицах представлены рекомендации по применению окон и входных дверей.

Более подробные рекомендации по использованию окон и входных дверей приведены в главе "Строительная физика", разделе "Непроницаемость зданий".

Рекомендации по использованию окон и входных дверей, устанавливаемых на высоте до 25 м (упрощенная методика).

Критерии	окна в центральной части здания											
	0 - 10 м				> 10 - 18 м				> 18 - 25 м			
	Вид ограждения				Вид ограждения				Вид ограждения			
Зона ветровой нагрузки	Матери- ковая зона	При- брежн. области и острова Балт. моря	При- брежн. области Северн. моря	Острова Северн. моря	Матери- ковая зона	При- брежн. области и острова Балт. моря	При- брежн. области Северн. моря	Острова Северн. моря	Матери- ковая зона	При- брежн. области и острова Балт. моря	При- брежн. области Северн. моря	Острова Северн. моря
1	B2-4A*-2				B2-4A-3				B2-4A-3			
Ветр. нгр. в кН/м ²	0,5				0,65				0,75			
2	B2-4A-2	B2-4A-2			B2-4A-3	B3-7A-3			B2-4A-3	B3-7A-3		
Ветр. нгр. в кН/м ²	0,65	0,85			0,80	1,00			0,90	1,10		
3	B2-4A-2	B3-7A-2			B2-4A-3	B3-7A-3			B3-7A-3	B3-7A-3		
Ветр. нгр. в кН/м ²	0,80	1,05			0,95	1,20			1,10	1,30		
4	B2-4A-2	B3-7A-2	B3-7A-2	B3-7A-3	B3-7A-3	B3-7A-3	B3-7A-3	Треб. расчет	B3-7A-3	B4-9A-3	B4-9A-3	Треб. расчет
Ветр. нгр. в кН/м ²	0,95	1,25	1,25	1,40	1,15	1,40	1,40		1,30	1,55	1,55	

Критерии	Высота установки балконной двери в центральной части здания						
	0 - 10 м		> 10 - 18 м		> 18 - 25 м		
Зона ветр. нагр. 1-4	B2-4A*-2		B2-4A*-2	требуется специальный расчет		требуется специальный расчет	

Источник: Инструкция Института оконных технологий IFT "Рекомендации по использованию окон и входных дверей"

* Классификация по уровню гидроизоляции учитывает различия между защищенным (B) и незащищенным расположением (A)

Для окон, устанавливаемых на высоте более 25 м, если строительные конструкции не имеют углов или если высота установки составляет 800 мм над высотой условного нуля, требуется представление специального расчета ветровых нагрузок согласно норме DIN 1055-4 (Раздел 10.3).

Приведенные в таблице значения представляют собой ориентировочные величины.

При ураганном ветре нельзя исключить возможность возникновения сквозняков при проникновении воздуха через окна и входные двери.

Приведенные в таблице значения действительны только для расположенных в центральной части стены блоков. Вблизи углов строения (1/5 его ширины) ветровые нагрузки увеличиваются в 1,4- 1,7 раз (для зданий прямоугольной формы).

Определение размеров фасада

Расчетные нагрузки для статического расчета навесных фасадов

При расчете несущих элементов следует исходить из расчетных нагрузок, приведенных в норме DIN 1055, часть 4 (издание 2005 г.) "Ветровые нагрузки", если в документации по объекту не указаны другие величины.

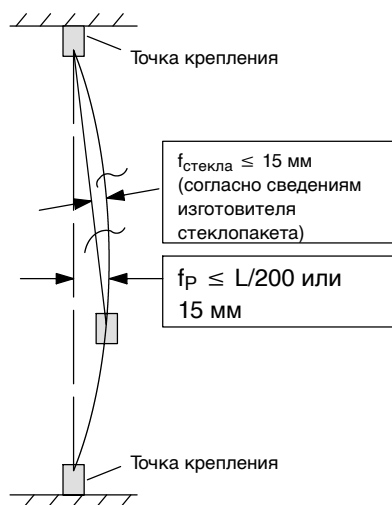
Допустимый прогиб

Навесные фасады не считаются несущими элементами здания и на них не должны передаваться никакие нагрузки от строительных конструкций. Ветровая и собственная нагрузка полностью передаются через элементы крепежа на конструкции здания. Возникающий под влиянием внешних нагрузок фронтальный (горизонтальный) прогиб отдельных частей навесного фасада между точками опоры или крепления не должен превышать допустимого значения:

макс. $f = L / 200$ либо

макс. $f \leq 15$ мм

в зависимости от того, какое значение является наименьшим.



Ограничение прогиба стекла

Навесные фасады также должны нести нагрузки от собственного веса (напр., веса стекла) и все нагрузки, предусматриваемые проектом (напр., вес солнцезащитных устройств, навесных элементов). Эти нагрузки через элементы крепежа полностью передаются на несущие конструкции здания. Предельный прогиб f для горизонтального ригеля под влиянием вертикальных нагрузок не должен превышать $f = L/500$ или 3 мм, в зависимости от того, какое значение является наименьшим.

Расчет размеров стоек и ригелей в фасадных конструкциях

При расчете предельного прогиба f для профиля стойки, в случае, если на одну стойку приходится несколько полей остекления, меньший прогиб отдельных кромок стекла, если он не достигает 15 мм, не учитывается.

Прогиб стекла:

$$f_{\text{стекла}} = f_p \times \left(\frac{H}{L}\right)^2$$

f_p = прогиб профиля стойки

H = максимальная длина стороны стекла

L = длина стойки

Прогиб профиля определяется его жесткостью

$$S = E \times I_x$$

Прогиб профиля стойки, таким образом, не зависит от прочности использованного материала. На нее влияет модуль упругости E (для алюминия $E = 7000 \text{ кН} / \text{см}^2$) как постоянная материала и момент инерции I (см^4), величина которого зависит от формы сечения профиля. Чтобы не превышать заданный допустимый прогиб f или f_p , необходим достаточный момент инерции передающего нагрузку профиля стойки.

Необходимый момент инерции I_x (см^4), рассчитывается путем определения соответствующей нагрузки (ветровая нагрузка, отрицательное давление ветра, временные нагрузки). Из за того, что величина модуля упругости алюминия в три раза меньше, чем стали, алюминиевые профили деформируются в три раза сильнее.

Таким образом, пригодность алюминиевых конструкций к использованию зачастую определяется величиной прогиба, а допустимые предельные напряжения при изгибе достигаются редко. При определении прогиба используются следующие расчетные случаи нагрузок:

равномерно распределенная нагрузка:

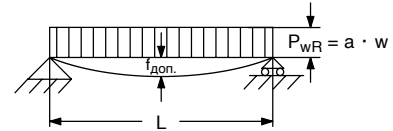
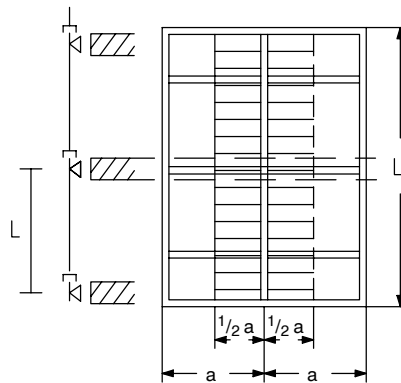
В фасадах стоечно-ригельной конструкции, как правило, силы передаются через стойку на корпус здания. Ветровая нагрузка направлена перпендикулярно остеклению. Расчет ведется как для случая распределенной/равномерно распределенной нагрузки.

Общая статика

Различают два типа соединения с корпусом здания:

Балка на двух опорах

Стойка (рассчитывается как балка) проходит через высоту одного этажа



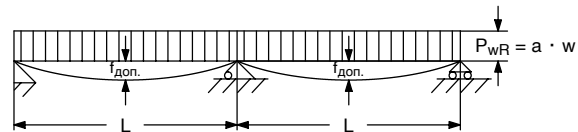
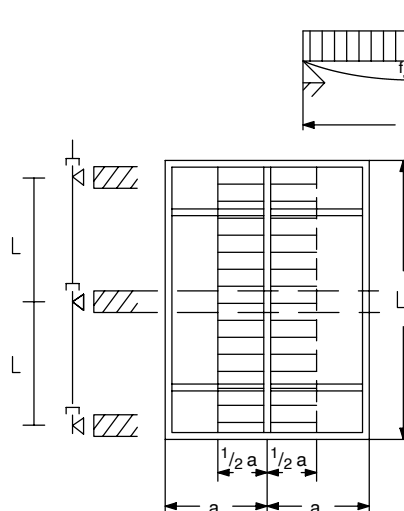
Требуемый момент инерции

$$\text{треб. } I_x = \frac{5 \cdot w \cdot a \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot f_{\text{доп}}} \text{ [см}^4\text{]}$$

Модуль упругости алюминия = $E = 7000 \text{ кН/см}^2$
 ветровая нагрузка = $w \text{ [кН/см}^2\text{]}$
 ширина пролета = $a \text{ [см]}$
 допустимый прогиб = $f_{\text{доп}} \text{ [см]}$
 расстояние между опорами = $L \text{ [см]}$

Балка на 3 опорах

Неразрезная стойка (рассчитывается как балка) проходит через 2 этажа



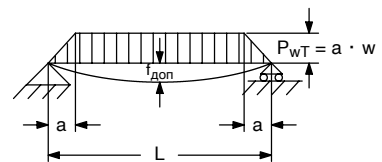
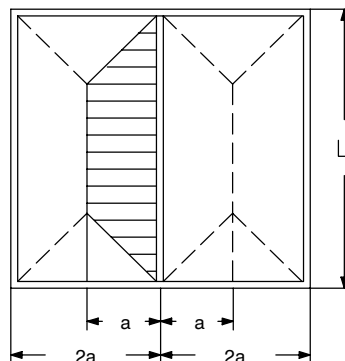
Требуемый момент инерции сечения при одинаковой длине пролета будет равен:

$$\text{треб. } I_x = \frac{q \cdot L^4}{185 \cdot E \cdot f} \text{ [см}^4\text{]}$$

Требуемый момент сопротивления (Формула относится к алюминию EN AW 6060 T66)
 треб. $W_x = 70,4 \cdot q \cdot L^2 \text{ [см}^3\text{]}$

Нагрузка, распределенная по трапеции (без влияния ригеля):

расчетная нагрузка для окон с креплением по периметру. Нагрузка направлена перпендикулярно остеклению. Распределение нагрузки менее 45° . На профиль на двух опорах воздействует нагрузка, распределенная по трапеции.

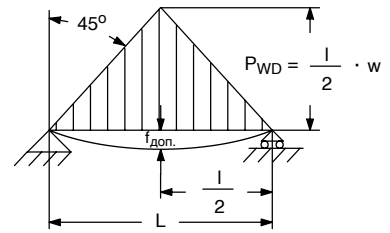
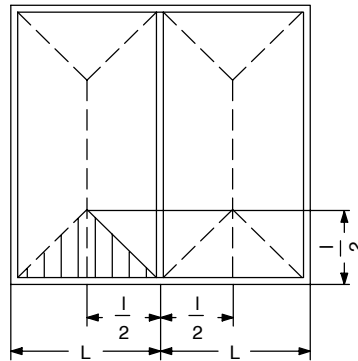


Требуемый момент инерции площади:

$$\text{треб. } I_x = \frac{a \cdot w \cdot (5 \cdot L^2 - 4 a^2)^2}{1920 \cdot E \cdot f_{\text{доп.}}} \text{ см}^4$$

Треугольная нагрузка:

расчетная нагрузка для окон с креплением по периметру или ригелей. Нагрузка направлена перпендикулярно остеклению. Распределение нагрузки под углом менее 45°. Профиль на двух опорах подвергается воздействию треугольной нагрузки.

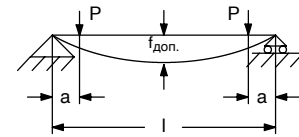
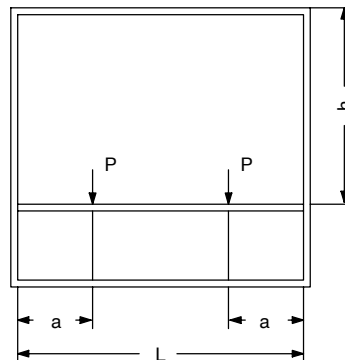


Требуемый момент инерции:

$$\text{треб. } I_x = \frac{1}{120} \cdot \frac{1/2 w \cdot L^4}{E \cdot f_{\text{доп.}}} [\text{см}^4]$$

Нагрузки от стекла:

Расчетные нагрузки для ригелей в фасадах и ригелях/ рамах в простых окнах. Вес стекла вводится как точечная нагрузка в местах установки мостов на профиль на двух опорах.



$$P = \frac{h \cdot L}{2} q_G [\text{кН}]$$

$$I_y = \frac{(P \cdot a)}{(24 \cdot E \cdot f_{\text{доп.}})} \times (3L^2 - 4a^2) + \frac{(1,88 \cdot R_G \cdot L^4)}{f_{\text{доп.}} \cdot 10^8} [\text{см}^4]$$

Р-е м. мостами = a
 Высота стекла = h [см]
 Р-е м. опорами = L [см]

Расчетные нагрузки для стекла:

$q_G = 0,15 \text{ кН/м}^2$ (один. стекло)
 стекло до 8 мм

$q_G = 0,30 \text{ кН/м}^2$ (стеклопакет)
 стекло до 12 мм

$q_G = 0,45 \text{ кН/м}^2$ (двухкамерный
 стеклопакет)
 стекло до 18 мм

Вес ригеля = $R_G \left[\frac{\text{кН}}{\text{м}} \right]$

Сосред. нагр. = $P = 1/2 \text{ нагр.ст. [кН]}$
 допустимый

прогиб = $f_{\text{доп.}} [\text{см}]$

р-е м. мостами = a [см]

Остекление с защитой от выпадения

TRAV 2003

Безопасное остекление обеспечивает прочность конструкции на высоте, требующей устройства ограждения. Высота, требующая устройства ограждения, регулируется местными нормами и составляет ≥ 1 м от уровня пола. Другие нормы действуют в Баварии - устройство ограждения или подтверждение устойчивости конструкции требуется, если стекло находится на высоте $\geq 0,50$ м от пола. Требования инструкции ETB "Ограждения" неприменимы для стекла! "Тех. правила использования остекления с защитой от выпадения" (TRAV) были опубликованы в редакции от 01.2003 года и отвечают уровню развития техники в данной области. Норма регулирует принципы безопасн. остекления.

Для установки остекления, не подпадающего под действие TRAV или не соответствующего указанным в TRAV параметрам, *требуется получить общее разрешение органов строительного контроля или разрешение для отдельного проекта (ZiE) компетентного органа высшей инстанции.* После того, как органы строительного контроля федеральных земель одобрили TRAV, эта инструкция становится строительной нормой. Тех. правила требуют предоставления расчета несущей способности при воздействии статических и ударных нагрузок. Статическим расчетом в зависимости от случая применения учитываются временные горизонтальные, а также ветровые и климатические нагрузки. Статический расчет обязателен.

Устойчивость к ударным нагрузкам согласно TRAV подтверждается одним из трех способов:

- 1.) характеристики остекления соотв. указанным в разделе 6.3 и таблицах 2-4 TRAV. В этом случае устойчивость к ударным нагрузкам достаточна.
- 2.) расчет по упрощ. методике согласно разделу 6.4 и Приложению "С" TRAV
- 3.) Устойчивость к ударным нагрузкам подтверждается экспериментальным методом согласно разделу 6.2 TRAV. При подтверждении устойчивости к ударным нагрузкам в ходе испытаний (воздействием ударной нагрузки маятника в соотв. с DIN EN 12600 (1996-12)), как правило, исп-ся конструкции, аналогичные оригинальным.

Случаи применения и виды стекла в безопасном остеклении

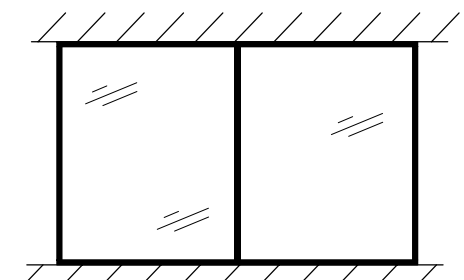
Технические правила различают три категории безопасного остекления (категории А, В, С). К категории "А" предъявляются самые высокие требования, категории "С" - самые низкие. Стекло должно выдерживать временные горизонтальные нагрузки. Напряжения определяются по соглас. "Техническим правилам по использованию линейно устанавливаемого остекления (TRLV)". Высота ограждения (0,9 - 1,1 м) определяется действующими строительными нормами. Разрешено использование всех указанных в TRLV типов стекла, а также стекла, на испытании которого получено общее разрешение органов строительного контроля (напр. полузакаленное стекло TVG). Доп. коэффициент разнотолщинности для триплекса - 1,5! В назв. ниже случаях возможно применение полузакаленного стекла вместо листового, триплекса или полузакаленного вместо закаленного или листового стекла.

Категория А

Безопасность остекления обеспечивается только линейным креплением:

Примеры:

- Остекление в высоту этажа без ограждения/ ригеля, все кромки стекла защищены от ударной нагрузки.
- Установку закрепл. снизу подок. панели из цельного стекла без ограждения TRAV запрещает. Поэтому при создании таких конструкций необходимо получение специального разрешения !

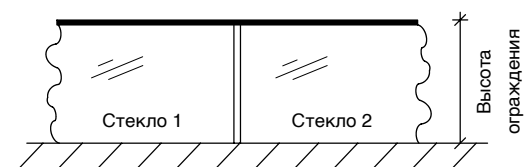


Пример остекления категории А

Категория В

• Закрепленная снизу подокон. панель из цельн. стекла со сплошным огражд., несущим статическую нагрузку
Разрешенные правилами TRAV типы стекла:

- Простое остекление
- Триплекс, закаленное или полузакаленное стекло



Пример остекления категории В

Категория С

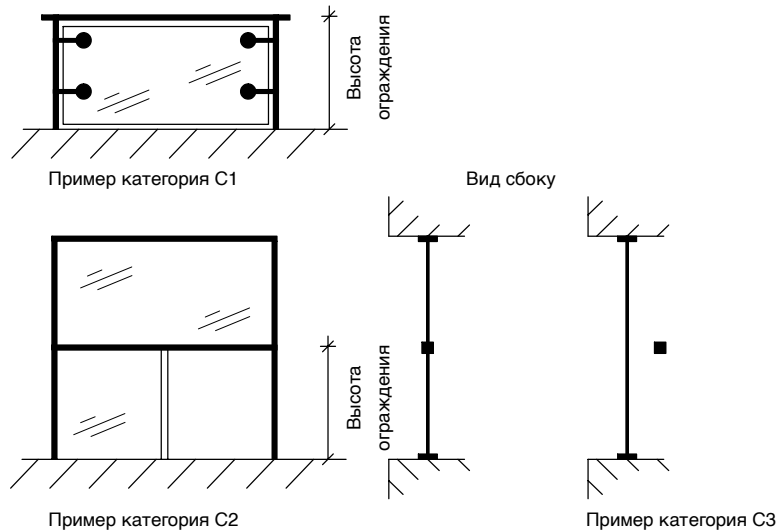
- Исключительно заполняющее остекление, не служит для передачи врем. горизонтальн. нагрузок - для этого имеется независимая конструкция.
- В правилах TRAV также вводятся доп. категории:
- С1: заполнение огражд-я не менее чем с двух противоп. сторон имеет линейное или точечное крепление.
- С2: вертикальное остекление под поперечным ригелем, уст. на высоте ограждения, остекление, линейно закрепленное не менее чем с двух противоположных сторон
- С3: остекление категории А, перед которым имеется переносящее нагрузку ограждение предусмотренной строительными нормами высоты.

1) Сторона приложения силы

2) Зеркальное стекло, литое стекло (армированное, узорчатое стекло), закаленное стекло, триплекс, многослойное стекло, полужакаленное и боросиликатное стекло (при наличии общего разрешения органов строительного контроля на исп. для линейно закрепл. остекления "TRLV")

3) Сферы применения, в которых технические или нормативные положения требуют использования закаленного стекла, прошедшего испытания на спонтанное разрушение (heat soak test), закаленное стекло H используется в соответствии с реестром строительных норм А, часть 1.

4) Коэффициент разнотолщинности для триплекса составляет 1,5, например, толщина листа триплекса VSG 20 может быть равна 12 мм и 8 мм.



Стекло для безопасного остекления (правила TRAV, редакция: январь 2003 г.)

Категория	Простое остекление	Стеклопакет	
		внутр. сторона ¹⁾	внешн. сторона
A	триплекс ⁴⁾	триплекс ⁴⁾ зак. стекло ³⁾ м.сл.ст.(из з.с.) ³⁾	любой ²⁾ триплекс ⁴⁾ триплекс ⁴⁾
B	триплекс ⁴⁾		
C1, C2	триплекс ⁴⁾	зак. стекло триплекс ⁴⁾	любой ²⁾
C3	триплекс ⁴⁾	триплекс ⁴⁾ зак. стекло ³⁾ м.сл.с.(из зак.с.)	любой ²⁾ триплекс ⁴⁾ триплекс ⁴⁾
C1, C2 линейн. крепл. по периметру	триплекс ³⁾		

Источник: TRAV 2003

Воздействия

Ветер (w), горизонтальная нагрузка (h), и т.п. в соответствии с действующими строительными нормами. При использовании стеклопакетов следует учитывать разницу давления (d), возникающую под влиянием атмосферного давления и находящегося внутри стеклопакета газа.

Сочетания различных случаев нагрузки

$w + h/2$; $h + w/2$; $h + d$; $w + d$

Временные нагрузки, обусл. движением людей

Несущая способность при воздействии статических нагрузок

Статич. расчет доп. напряжения при изгибе для стекла согласно Техническим правилам или сертификатам. Ограничение деформаций обеспечивает пригодность конструкций к использованию. Прогиб стекла соответствует строительным нормам. Для остекления категории "B" сплошное ограждение должно передавать нагрузки при выпадении блока.

Несущая способность при воздействии ударных нагрузок

Испытания

Маятниковое испытание мягким ударным телом (на маятник весом 50 кг надеваются 2 шины, давление 4,0 бар) согласно норме DIN EN 12600

Высота падения ударного тела:

категория А 900 мм

категория В 700 мм

категория С 450 мм

Остекление, ударная прочность которого подтверждена испытаниями

Обязательные характеристики конструкции

Кат.	Тип	Линейное крепление	Ширина, мм		Высота (мм)		Структура стекла (мм) [изнутри наружу]		
			мин.	макс	мин.	макс			
А	Многокамерн. стеклопакет	по периметру	500	1300	1000	2000	8 ESG / SZR / 4 SPG / 0,76 PVB / 4 SPG		
			1000	2000	500	1300	8 ESG / SZR / 4 SPG / 0,76 PVB / 4 SPG		
			900	2000	1000	2100	8 ESG / SZR / 5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG		
			1000	2100	900	2000	8 ESG / SZR / 5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG		
			1100	1500	2100	2500	5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG / SZR / 8 ESG		
			2100	2500	1100	1500	5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG / SZR / 8 ESG		
			900	2500	1000	4000	8 ESG / SZR / 6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG		
			1000	4000	900	2500	8 ESG / SZR / 6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG		
			300	500	1000	4000	4 ESG / SZR / 4 SPG / 0,76 PVB / 4 SPG		
	300	1300	1000	4000	4 SPG / 0,76 PVB / 4 SPG / SZR / 4 ESG				
	Простой	по периметру	500	1200	1000	2000	6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG		
			500	2000	1000	1200	6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG		
			500	1500	1000	2500	6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG		
			500	2500	1000	1500	6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG		
			1200	2100	1000	3000	10 SPG / 0,76 PVB / 10 SPG		
			1000	3000	1200	2100	10 SPG / 0,76 PVB / 10 SPG		
			300	500	500	3000	6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG		
	С1 и С2	Многокамерн. стеклопакет	по периметру	500	2000	500	1000	6 ESG / SZR / 4 SPG / 0,76 PVB / 4 SPG	
500				1300	500	1000	4 SPG / 0,76 PVB / 4 SPG / SZR / 6 ESG		
с двух ст., верхней/нижней			1000	люб.	500	1000	6 ESG / SZR / 5 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG		
С2		Многокамерн. стеклопакет	по перим.	500	2000	500	1000	5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG	
				с двух сторон, верхней / нижней	1000	люб.	500	800	5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG
					800	люб.	500	1000	5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG
			с двух сторон, верхней / нижней	800	люб.	500	1000	5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG	
				500	800	1000	1100	6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG	
				500	1000	800	1100	6 SPG / 0,76 PVB / 6 SPG	
С3		Многок. стеклоп.	по периметру	500	1500	1000	3000	6 ESG / SZR / 4 SPG / 0,76 PVB / 4 SPG	
				500	1300	1000	3000	4 SPG / 0,76 PVB / 4 SPG / SZR / 12 ESG	
		простой	по перим.	500	1500	1000	3000	5 SPG / 0,76 PVB / 5 SPG	

Характеристики заполнения ограждения из триплекса, точечное крепление, отверстия

Ширина пролета* в мм		диаметр в мм	Структура стекла в мм
мин.	макс.		
500	1200	≥ 50	≥ (6 ESG / 1,52 PVB / 6 ESG)
500	1600	≥ 70	≥ (10 ESG / 1,52 PVB / 10 ESG)
500	1600	≥ 70	≥ (10 TVG / 1,52 PVB / 10 TVG)

* релевантное расстояние между держателями

Источник: TRAV 2003

Характеристики листов триплекса для остекления категории В

ширина в мм		высота в мм		Структура стекла в мм
мин.	макс.	мин.	макс.	
500	2000	900	1100	≥ (10 ESG / 1,52 PVB / 10 ESG)
500	2000	900	1100	≥ (10 TVG / 1,52 PVB / 10 TVG)

Источник: TRAV 2003

Определение по таблицам напряжений

Определение величины максимального напряжения при изгибе на основании таблицы. Согласно приложению "С" к TRAV не допускается превышение предельных значений напряжения: для зеркального стекла (80 Н/мм²); полузакаленного (120 Н/мм²); закаленного (170 Н/мм²). Значения максимальных возможных напряжений для стекол различных размеров и толщины представлены в таблицах приложения С к TRAV.

Следует учитывать требования к линейно закрепляемому остеклению, представленные в разделе 6.4. TRAV

Остекление, прошедшее испытания на ударную прочность

Следует учитывать требования к стеклянным заполнениям ограждений с точечным креплением и отверстиями категории С1 TRAV.