

## Триплекс

### (Общая информация – полно)

**Триплекс** (от латинского triplex-тройной) - это защитное, многослойное стекло, состоящее из двух и более слоев, изготовленное путем полимерной композиции и ультрафиолета, выдерживающее многократный удар свободно падающего тела, определенное количество ударов обухов и лезвием топора, устойчивое к пробиванию отверстия, достаточного для проникновения человека. Так же выдерживает воздействие огнестрельного оружия и препятствует сквозному проникновению поражающего элемента.

Существуют многослойные защитные стекла (триплекс) следующих типов:

- Ударостойкое стекло (класс защиты А-1, А-2, А-3);
- Устойчивое к пробиванию стекло (класс Б1. Б2. Б3);
- Пулестойкое стекло (1, 2, 2а, 3, 4, 5, 5а, 6, 6а).

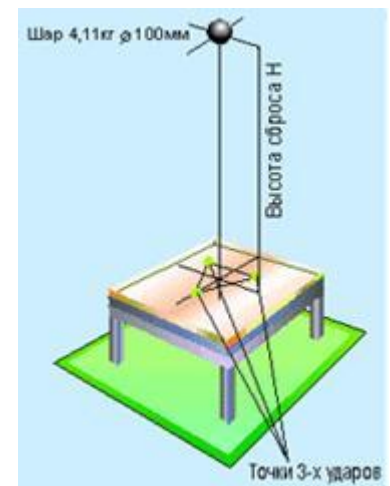
**Размеры:** минимальные размеры защитного стекла могут быть 150x300 мм, максимальные размеры – 5000x2000 мм, толщина триплекса возможна от 7 до 80 мм.

### Ударостойкое стекло

Производство многослойных ударостойких стекол регламентируется стандартом "ГОСТ Р 51136-98. Стекла защитные многослойные. Общие технические условия". Ударостойкое стекло - защитное стекло, выдерживающее многократный удар свободно падающего тела с нормируемыми показателями, подразделяют на классы защиты А1, А2 или А3.

*Методика испытаний.* При испытаниях на ударостойкость контролируется воздействие на испытуемый образец одиночных ударов свободно падающего стального шара из полированной стали диаметром 100 мм, массой 4,11 кг с высоты 3,5 - 6,5 м - 9,5 м.

Классификация ударостойкого стекла приведена в таблице. Шар сбрасывают три раза с заданной высоты в вершины равностороннего треугольника. После каждого удара оценивают характер разрушения.



Класс защиты	Испытательное тело	Высота падения, м	Толщина, мм	Формула триплекса	Вес, кг/м <sup>2</sup>
А-1	Стальной шар массой 4,11 кг	3,5	7	3+3 (3.3.1)	16,5
А-2		6,5	11	4+6 (4.6.1)	27,1
А-3		9,5	14	4+4+4 (4.4.4.1.1)	33

Класс защиты стекла	Высота падения, м	Энергия удара, Дж
A1	3,5	141 /14.1
A2	6,5	262 /26.2
A3	9,5	382 /38.2

Стекло считают выдержавшим испытания, если на всех трех образцах шар после третьего удара оставался на поверхности испытуемого образца. Допускается появление в процессе испытаний в образце сквозного отверстия при условии задержания шара на поверхности образца.

### Устойчивое к пробиванию стекло

Устойчивое к пробиванию стекло - защитное стекло, выдерживающее определенное количество ударов обухом и лезвием топора, наносимых с нормируемыми показателями, подразделяют на классы защиты Б1, Б2, Б3.

*Методика испытаний.* Испытание на устойчивость к пробиванию проводится на оборудовании, позволяющем наносить удары по испытуемому образцу молотком или топором со скоростями, обеспечивающими определенную энергию воздействия в момент удара и угол встречи между нормалью к поверхности образца и касательной к лезвию топора, равной 65 град. Классификация стекла, устойчивого к пробиванию, и силы воздействия указаны в таблице.

Суть испытания заключается в пробивании в центральной части жестко закрепленного образца отверстия квадратной формы с длиной стороны 400x10 мм. Испытания проводят последовательно на трех образцах размером 1100x800 мм. Каждый образец фиксируют в раме по всему периметру, с шириной опоры 30x5 мм между резиновыми прокладками. Выскальзывание образца из рамы в процессе испытаний не допускается. Испытания начинают ударами бойка молотка или обухом топора до разрушения образца. Затем в разрушенные места образца наносят удары лезвием топора до прорубания сквозного квадратного отверстия. По суммарному числу ударов обухом и лезвием топора определяют класс защиты стекла в соответствии с таблицей. Образец считают разрушенным, если вырубленная часть полностью отделилась от образца или откинулась под собственным весом, освободив пробитое отверстие.

Класс защиты	Число ударов лезвием топора	Толщина, мм	Формула триплекса	Вес, кг/м <sup>2</sup>
Б-2	51-70	20	4+4+4+4 (4.4.4.4.1.1.1)	44,5

Класс защиты стекла	Удары бойком молота, обухом топора		Удары лезвием топора		Суммарное число ударов
	Встречная скорость удара, м/с	Энергия удара, дж	Встречная скорость удара,	Энергия удара, дж	
Б1	12,5	350	11	300	30-50
Б2	12,5	350	11	300	51-70
Б3	12,5	350	11	300	>71

### Пулестойкое стекло

Пулестойкое стекло – это защитное стекло, выдерживающее воздействие огнестрельного оружия и препятствующее сквозному проникновению поражающего элемента поражающего элемента. В зависимости от стойкости при обстреле из определенного вида оружия определенными боеприпасами подразделяют на классы защиты 1, 2, 2а, 3, 4, 5, 5а, 6, 6а.

*Методика испытаний.* Испытанное стекло классифицируют в зависимости от средства поражения и характеристики поражающего элемента (см. таблицу представленные ниже).

Класс защиты	Тип оружия и боеприпасов	Толщина, мм	Формула триплекса	Вес, кг/м <sup>2</sup>
В-1	Пистолет Макарова (ПМ)	18	6+6+4 (6.6.4.1.1)	44,2
В-3	Автомат АКМ- 7.62 мм	39	8+8+8+8+2S+2S (8.8.8.8.2.2.1)	88

Существует заливной строительный триплекс из сырого и закаленного прозрачного стекла. Триплекс может состоять из стёкол разных толщин (номиналов), разных свойств (энергосберегающее стекло, солнцезащитное стекло, цветное и декоративное стекло) и иметь любое количество слоев.

#### Триплекс применяется:

- при оформлении входов и вестибюлей общественных зданий;
- при создании офисных перегородок и витрин;
- при остеклении лестниц;
- в стеклопакетах, устанавливаемых на крышах зданий;
- при остеклении торговых павильонов и остановочных комплексов;
- при изготовлении стеклянных ступеней;
- при изготовлении стеклянных полов;

**Надежность триплекса подтверждена многократными тестами**, как производителей, так и независимыми экспертами.

Класс защиты	Вид оружия	Наименование и индекс патрона	Характеристика пули			Дистанция обстрела, м
			Тип сердечника	Масса, г	Скорость, м/с	
1	Пистолет Макарова (ПМ)	9-мм пистолетный патрон 57-Н-181С с пулей Пст	Стальной	5,9	305-325	5
	Револьвер типа "Наган"	7,62-мм револьверный патрон 57-Н-122 с пулей Р	Стальной	6,8	275-295	5
2	Пистолет специальный малокалиберный ПСМ	5,45-мм пистолетный патрон 7Н7 с пулей Пст	Стальной	2,5	310-335	5
	Пистолет Токарева (ТТ)	7,62-мм пистолетный патрон 57-Н-134С с пулей Пст	Стальной	5,5	415-445	5
2а	Охотничье ружье 12-го калибра	18,5-мм охотничий патрон	Свинцовый	35	390-410	5
	Автомат АК-74	5,45-мм патрон с пулей 7Н6 с пулей ПС	Стальной термоупрочненный	3,5	890-910	05.окт
3	Автомат АКМ	7,62-мм патрон	Стальной нетермоупрочненный	7,9	710-740	05.окт
		57-Н-231 с пулей ПС				
4	Автомат АК-74	5,45-мм патрон 7Н10 с пулей ПП	Стальной термоупрочненный	3,4	890-910	05.окт
5	Винтовка СВД	7,62-мм патрон	Стальной нетермоупрочненный	9,6	820-840	05.окт
		57-Н-323С с пулей ЛПС				
	Автомат АКМ	7,62-мм патрон	Стальной	7,9	710-740	05.окт
		57-Н-231 с пулей ПС	термоупрочненный			
5а	Автомат АКМ	7,62-мм патрон	Специальный	7,4	720-750	05.окт
		57-Б3-231 с пулей Б3				
6	Винтовка СВД	7,62-мм патрон СТ-М2	Стальной	9,6	820-840	05.окт
			термоупрочненный			
6а	Винтовка СВД	7,62-мм патрон 7-Б3-3 с пулей Б-32	Специальный	10,4	800-835	05.окт

### Виды многослойных стекол

Многослойное стекло представляет собой изделие, состоящее из одного или нескольких листов неорганического стекла и пленочных или жидких полимерных и силикатных материалов, склеивающих и/или покрывающих стекла.

Термин "триплекс" (от лат. *triplex* - тройной) применяется по отношению к простейшему многослойному стеклу из двух пластин стекла, склеенных между собой полимерным материалом.

Согласно ГОСТу 30826-2001, многослойное стекло в зависимости от назначения подразделяют на следующие виды:

- стойкое к механическим воздействиям;
- огнезащитное;
- шумозащитное;
- морозостойкое;
- многослойное со специальными свойствами.

Многослойное стекло, стойкое к механическим воздействиям, классифицируют в зависимости от вида воздействия.

Многослойное стекло, безопасное при эксплуатации, в зависимости от стойкости к удару мягким телом подразделяют на классы защиты **СМ1 - СМ4**;

Многослойное стекло в зависимости от стойкости к удару твердыми предметами подразделяют на классы защиты от пробивания **P1A - P5A**, от проникновения **P6B - P8B**;

Многослойное взрывобезопасное стекло в зависимости от способности воспринимать предельную величину удельного импульса взрывной ударной волны (динамическую нагрузку ВУВ), воздействующего на остекление конструкций, находящихся в свободном пространстве, подразделяют на классы защиты **K1 - K14**;

Многослойное пулестойкое стекло в зависимости от стойкости к воздействию определенных видов огнестрельного оружия и боеприпаса подразделяют на классы защиты П1 - П6а.

Многослойное шумозащитное стекло в зависимости от снижения воздушного шума потока городского транспорта подразделяют на классы **A - Д** по ГОСТ 23166.

Многослойное огнезащитное стекло в зависимости от стойкости к воздействию огня подразделяют по времени (в минутах) наступления потери целостности (**E**).

Многослойное стекло в зависимости от стойкости к воздействию отрицательных температур подразделяют по минимальной расчетной температуре эксплуатации, подтвержденной испытаниями на морозостойкость.

Многослойное стекло со специальными свойствами (например, защита от определенного вида излучения), классифицируются по согласованию между изготовителем и потребителем.

### **Заливной и плёночный триплекс**

Заливной триплекс изготавливается путем склеивания стеклянных пластин друг с другом по всей поверхности специальной склеивающей жидкостью, который затем полностью полимеризуется под воздействием УФ-облучения.

Пленочный триплекс изготавливается путем склеивания стекол под воздействием высокой температуры и давления готовой полимерной пленкой, например, поливинилбутиральной (PVB).

В качестве исходных стеклянных пластин могут быть использованы: листовое стекло марок М0, М1, М2, узорчатое, армированное, окрашенное в массу, закаленное, солнцезащитное, энергосберегающее стекло с твердым или мягким покрытием.

Для изготовления строительного триплекса допускается применение органического стекла (в качестве внутренних слоев), поливинилбутиральные пленки (по ГОСТ 9438) и другие полимерные и силикатные материалы по нормативным документам, которые могут отличаться по типу и составу материала, механическим и оптическим характеристикам.

Форма пластин может быть не только прямой, так и гнутой. Требуемая форма придается заранее до склейки.

Склеивание листов стекла не увеличивает механическую прочность составляющих триплекс стекол, однако, за счет формирования слоистой структуры, у всего изделия возрастает в целом гибкость и сопротивление к разрушению (на 60-89%). Кроме того, триплекс относится к группе безопасных или защитных стекол, поскольку при его разбивании осколки не разлетаются, а остаются приклеенными к слою полимера.

Триплекс, как разновидность многослойного стекла в зависимости от стойкости к удару мягким телом может подразделяться на классы защиты **СМ1-СМ4**. В этом классе защиты испытания проводятся мягким телом (мешком), имитирующим механическое воздействие тела человека, движущегося с различной скоростью при столкновении со стеклом.

Триплекс в зависимости от стойкости к удару твердыми предметами подразделяют на классы защиты: от пробивания **P1A - P5A** и от проникновения **P6B - P8B**.

Сущность метода на испытание от проникновения состоит в определении стойкости многослойного стекла к многократным механическим ударам с фиксированными характеристиками, наносимыми по испытываемому стеклу молотком и топором весом 2 кг. Фиксируется суммарное число ударов, которое потребуется для прохождения топора сквозь испытываемый образец.

Триплекс может быть бесцветным и тонированным. Для тонированного триплекса используют окрашенное в объеме стекло, всевозможные тонированные пленки и полимеры, а для автомобильных стекол - пленки с солнцезащитной полосой, расположенной в верхней части стекла. Кроме того, триплекс должен быть стойким к воздействию ультрафиолетового излучения, быть влагостойким, иметь ограниченный уровень оптические искажения, а склеивающая пленка в составе изделия должна выдерживать испытание кипячением в течение 2 ч.

Триплекс может быть изготовлен матовым или цветным. Применяются два разных способа придания цветового окраса изделию. В первом случае триплекс изготавливается из уже окрашенных или тонированных в массу стеклянных пластин. Во втором случае, на поверхность уже готового триплекса наклеивается специальная пленка, придающая триплексу желаемый цвет. При необходимости на

одно из стекол триплекс может быть нанесена художественная матировка.

Для изготовления триплекса, испытывающего повышенные нагрузки, может использоваться закаленное стекло. Прочность закаленного стекла на изгиб в несколько раз превышает аналогичные характеристики обычного стекла, поэтому применение закаленного стекла может существенно улучшить прочностные свойства многослойного стекла.

### **Применение в строительстве**

Строительный триплекс - это уникальный конструкционный материал с широкими возможностями для использования. Границы и возможности для его применения постоянно расширяются: это не только остекление фасадов зданий, но и оформление интерьеров, производство мебели, промышленное и торговое оборудование

Триплекс рекомендован к применению для остекления административных, общественных и жилых зданий и транспортных средств, т.е. там, где возникает острая необходимость защитить жизнь человека и материальные ценности.

При остеклении горизонтальных частей здания (крыш, козырьков, зенитных фонарей, куполов), при устройстве лестничных ограждений, стеклянных ступеней, полов, обязательным к применению является триплекс.

### **Заливочная технология изготовления триплекса**

Преимущество этого способа в том, что соединить можно разные стекла как по толщине, так и по цвету и фактуре.

Производство многослойного стекла по заливочной технологии включает в себя следующие шаги:

- подготовка и мойка стекол;
- нанесение двусторонней ленты;
- присоединение второго стекла;
- подпрессовка полученной конструкции;
- заполнение межстекольного пространства;
- отверждение смолы.

Ниже будут рассмотрены наиболее важные особенности процесса производства заливного триплекса.

*Мойка стекол.* После мойки важно контролировать, чтобы перед следующим шагом технологического процесса стекла были абсолютно сухими, обезжиренными и не содержали на поверхности остатков моющих средств, иных веществ и твердых частичек. При изготовлении заливного триплекса, сначала производятся стекла нужного размера и конфигурации, а затем между ними заливается жидкий полимер. При резке стекла допустимо применять только масел, растворимых в воде.

*Нанесение двусторонней ленты и присоединение второго стекла.* Для создания межстекольного пространства для заливки смолы стекла соединяются с помощью двусторонней клейкой прозрачной лентой. В углу делается заливное отверстие. Оно же служит одновременно и для выхода воздуха из межстекольного пространства. Оба стекла заклеиваются по периметру.

*Подпрессовка полученной конструкции.* Для улучшения герметизации межстекольного пространства конструкция нагружается.

*Заполнение межстекольного пространства.* Перед заполнением межстекольного пространства смолой проводится расчет требуемого объема смолы. Для этого после опрессовки производится замер микрометром толщины ленты, ширины и длины стекол. Учитывается фактор усадки смолы в процессе отвержения. Перед отвержением проверяют, чтобы в смоле отсутствовали пузырьки воздуха. Иначе после отверждения эти пузырьки останутся в слое смолы. Для устранения воздуха применяют процедуру "прокачки" установки новой порцией смолы.

*Отверждение смолы.* Качественные оптические свойства изделий получаются при условии, что слой жидкой смолы имеет одинаковую толщину по всей площади изделия. Создание равномерного слоя смолы требует абсолютной горизонтальности и устойчивости основания поверхности, на котором проводится отверждение, а также, равномерность облучения УФ-излучателем. По этой причине изготовление в один прием многослойного (с тремя и более стеклами) стекла не производится, так как велика вероятность возникновения колебаний толщины слоя смолы. При изготовлении многослойных стекол проводятся последовательные операция последовательного отверждения слой за слоем,

*Стекла с покрытием.* Использование объемно окрашенного стекла или стекла с покрытием требует отработки режимов облучения, поскольку такие стекла могут задерживать УФ излучение. В случае использования стекла с покрытием, сторона, на которую нанесен слой, ни в коем случае не должна соприкасаться со слоем смолы.

### **Пленочная технология изготовления триплекса**

Преимущество этой технологии в том, что многослойное стекло, изготовленное по этой технологии, обладает лучшими оптическими характеристиками.

При использовании пленочной технологии между листами стекла закладывается поливинилбутиральная пленка (ПВБ), после чего пакет проходит предварительную подпрессовку в колландере, а затем в автоклаве происходит его окончательное склеивание.

Колландер предназначен для проведения предварительного вакуумирования собранного пакета «триплекс». Данное устройство представляет собой специальную камеру, встроенную в автоматическую линию, в которой собранный пакет «триплекс» разогревается до температуры 110 – 115 С и воздух, находящийся между слоями стекла и пленкой, механически выдавливается при



помощи резиновых валков, что приводит к возникновению определенной адгезии пленки к стеклу. Из колландера пакет выгружается практически прозрачным. На заключительном этапе проводится окончательное прессование в автоклаве при температуре +150 С и давлении 12,5 Бар.

### **Безавтоклавная пленочная технология**

Преимущество данного метода в том, что произведенное многослойное стекло при использовании особого класса пленок по техническим параметрам может превосходить не только жидкостные триплексы, но и классический пленочный триплекс на основе поливинилбутиральной пленки.

Недостатком изготовления пленочного триплекса является более высокая себестоимость изделий по сравнению с заливной технологии.

Технологический процесс включает в себя следующие шаги:

- подготовка и мойка стекла;
- составление комбинированного пакета из стекла и пленки;
- создание вакуума;
- контролируемый нагрев в конвекционной камере при вакууме;
- выдержка при температуре 130-1400 С в течение 20-40 минут в зависимости от толщины пакета;
- охлаждение при вакууме до комнатной температуры и выгрузка готового изделия.

Линии оборудования, реализующие данную технологию, работают по следующей схеме. После подготовки и мойки стекла в рабочую зону загружается нижняя часть триплекса в горизонтальном положении. Далее загружается отрезанный заранее кусок адгезионной пленки и второе стекло (верхняя часть триплекса). Камера закрывается и обеспечивается герметичность рабочей зоны. На следующем шаге включаются насосы и достигается неглубокий вакуум рабочей зоны (несколько десятков мм. рт. ст). При этом происходит обжиг листов стекла и достижение плотного прилегания пленки по всей площади. Далее осуществляется нагрев рабочей зоны в конвекционной камере до 130о -140 С. При этой температуре изделие выдерживается в течение определенного времени (длительность зависит от толщины триплекса). Фактически цикл нагрева делится на 2 части: нагрев (около 30 минут) и выдержка от 10 и более минут в зависимости от толщины триплекса.

### **Инновации при производстве триплекса**

Интересное техническое решение найдено при изготовлении так называемого "обогреваемого" триплекса. В нем в качестве нагревателя используется светопрозрачный оксидный слой, легированный металлом.

Электропроводящее покрытие расположено внутри триплекса, что увеличивает электробезопасность конструкции. Питание осуществляется от сети 220в и имеет пускорегулирующее устройство, позволяющее регулировать потребляемую мощность.

Обогреваемый триплекс рекомендуется использовать:

- для создания комфортных условий в помещении за счет нагрева внутреннего стекла до температуры 15-25 С;
- как дополнительный или основной источник отопления;
- для удаления снега и льда с поверхности крыш;
- для обогрева стекол транспорта (электровозов, судов)

Например, обогреваемый триплекс применяется для изготовления иллюминаторов на судах, эксплуатируемых в северных широтах для защиты от обледенения.

