

ИНСТИТУТ
СТЕКЛА

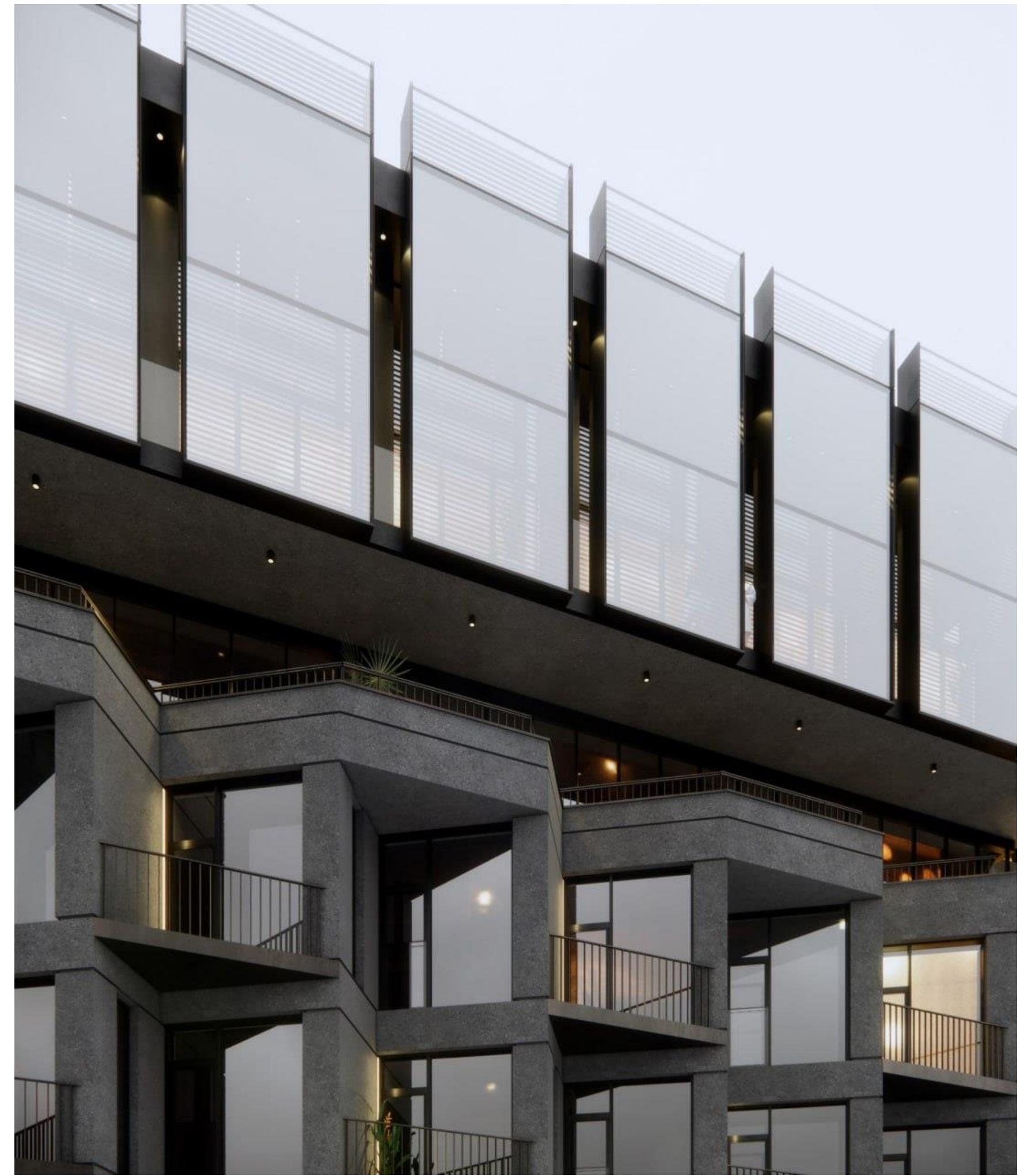
Безопасное остекление: современные требования, технологии производства и перспективы применения

Станислав Чесноков
11 декабря 2025 г.

РОЛЬ ОСТЕКЛЕНИЯ В ЗДАНИИ



■ ЕКАТЕРИНБУРГ. ЖК LEVELUP



■ МОСКВА. «ДОМ ГОРИЗОНТОВ»

ЭЛЕМЕНТ КОНСТРУКЦИИ



КЛЮЧЕВЫЕ РИСКИ

ИНСТИТУТ
СТЕКЛА

- БЕЗОПАСНОСТЬ
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
- УДАРОПРОЧНОСТЬ
- ТЕРМОСТОЙКОСТЬ



- ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
- ВЗРЫВОСТОЙКОСТЬ
- ПУЛЕСТОЙКОСТЬ

ТРЕБОВАНИЯ К ОСТЕКЛЕНИЮ

ИНСТИТУТ
СТЕКЛА

ТРЕБОВАНИЯ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ:

- общероссийские
- региональные
- ведомственные (МЧС, МВД)



ТРЕБОВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И АРХИТЕКТОРОВ:

- эстетика, комфорт,
индивидуальность
- цвет, форма, размеры,
визуальная выразительность

ОСНОВНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТЕКЛА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

- Фасады, включая входные группы, козырьки
- Остекление балконов и лоджий
- Крыши, включая зенитные фонари и мансардные окна
- Внутренние перегородки, включая остекление путей эвакуации и ограждения лестниц и лифтовых шахт
- Стеклянные полы и перекрытия внутри зданий, включая ступени лестниц
- Балки, рёбра жесткости, несущие элементы

СП 426.1325800.2020 «Конструкции ограждающие светопрозрачные зданий и сооружений. Правила проектирования»

СП 521.1325800.2023 «Конструкции из многослойного стекла. Правила проектирования»

Таблица Б.1 - Справочные значения расчетных сопротивлений многослойного стекла, изготовленного из гладкого листового стекла толщиной от 4 до 20 мм

Наименование показателя	Обозначение	Расчетные значения
1 Прочность на сжатие многослойного стекла, МПа:		
- неупрочненное стекло	R_{gc}	22
- закаленное стекло, в том числе и термовыдержанное		29
- термоупрочненное стекло		29
2 Прочность на изгиб многослойного стекла, МПа:		
- неупрочненное стекло	R_{gb}	15
- закаленное стекло, в том числе и термовыдержанное		25
- термоупрочненное стекло		21

Плотность гладкого листового стекла, из которого изготовлено многослойное стекло, независимо от вида термообработки принимают $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$.

ПК 1:

2024:

- Изменение ГОСТ 24866-2014 Стеклопакеты клееные. Технические условия
- Изменение ГОСТ 30698-2014 Стекло закаленное. Технические условия

2025:

- Изменение ГОСТ 30779-2014 Стеклопакеты клееные. Метод оценки долговечности
- Изменение ГОСТ 32530-2013 Стекло и изделия из него. Маркировка, упаковка, транспортирование, хранение
- Изменение ГОСТ 33561-2015 Стекло и изделия из него. Указания по эксплуатации

ПНС-2026

- Изменение ГОСТ 32565-2013 Стекло безопасное для наземного транспорта. Общие технические условия
- Изменение ГОСТ 13078-2021 Стекло натриевое жидкое. Технические условия
- Разработка ГОСТ, IDT EN 12898:2019, Взамен ГОСТ EN 12898-2014 Стекло и изделия из него. Методы определения тепловых характеристик. Определение коэффициента эмиссии
- Пересмотр ГОСТ 32997-2014, NEQ EN 572-8:2012+A1:2016 Стекло листовое, окрашенное в массу. Общие технические условия
- Пересмотр ГОСТ 111-2014, NEQ EN 572-8:2012+A1:2016 Стекло листовое бесцветное. Технические условия
- Пересмотр ГОСТ 5533-2013, NEQ EN 572-5:2012, EN 572-8:2012+A1:2016 Стекло узорчатое. Технические условия
- Пересмотр ГОСТ 7481-2013, NEQ EN 572-3:2012, EN 572-6:2012, EN 572-8:2012+A1:2016 Стекло армированное. Технические условия

ПК 3:

2024:

- Разработка ГОСТ Р Конструкции наружные ограждающие легкобрасываемые. Элементы легкобрасываемые. Технические требования
- Разработка ГОСТ Р Конструкции наружные ограждающие легкобрасываемые. Элементы легкобрасываемые. Методы испытаний
- Разработка ГОСТ Р Конструкции наружные ограждающие легкобрасываемые. Устройства предохранительные запорные. Технические требования
- Разработка ГОСТ Р Блоки оконные. Термины и определения
- Разработка ГОСТ Р Блоки оконные. Общие требования по надежности и методы испытаний

ПНС-2025:

- Разработка ГОСТ Р Изделия светопрозрачные с защитным остеклением для зданий образовательных организаций и физкультурно-оздоровительных комплексов. Общие технические условия
- Разработка ГОСТ Р Изделия светопрозрачные с безопасным остеклением для зданий дошкольных образовательных и общеобразовательных организаций, находящихся в зоне чрезвычайных ситуаций. Общие технические требования
- Разработка ГОСТ Р Остекление внутреннее для зданий образовательных организаций и физкультурно-оздоровительных комплексов. Общие технические требования
- Пересмотр ГОСТ 26602.2-99 Блоки оконные и дверные. Методы определения воздухо- и водопроницаемости - ФБ
- Пересмотр ГОСТ 26602.5-2001 Блоки оконные и дверные. Методы определения сопротивления ветровой нагрузке
- Пересмотр ГОСТ 30673-2013 Профили поливинилхлоридные для оконных и дверных блоков. Технические условия
- Изменение ГОСТ 26602.1-2023 Блоки оконные и дверные. Методы определения сопротивления теплопередаче

ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСТЕКЛЕНИЯ

Определить формулу остекления (виды и толщины применяемых стекол), обеспечивающую при заданных архитектором форме и размерах стекол:

- Цвет остекления
- Прочность остекления
- Сопротивление теплопередаче остекления
- Оптические характеристики остекления
- Другие характеристики остекления в соответствии с требованиями заказчиков



ГЛАВНОЕ ТРЕБОВАНИЕ – БЕЗОПАСНОСТЬ

- Механическая прочность и устойчивость
- Безопасность в эксплуатации (предотвращение травм осколками стекла, падения через светопрозрачную конструкцию)
- Защита от несанкционированного проникновения
- Взрывостойкость (защита от террористических атак) и безопасность при взрыве
- Пулестойкость
- Реакция на огонь, огнестойкость и стойкость к внешнему огню
- Безопасность в случае чрезвычайных ситуаций
- Гигиена, здоровье и окружающая среда
- Защита от шума
- Безопасность воздействия на окружающую среду

К безопасности предъявляются базовые требования, которым должна удовлетворять строительная продукция в течение всего экономически разумного срока службы в условиях нормальной эксплуатации:

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ БЕЗОПАСНОГО ОСТЕКЛЕНИЯ

ЗАКАЛЁННОЕ СТЕКЛО:

- Термообработка и связанные с ней ограничения
- Прочность, термостойкость, безопасный характер разрушения
- Самопроизвольное разрушение, анизотропия
- Термовыдержка закаленного стекла

СТЕКЛО С ЗАЩИТНОЙ ПЛЁНКОЙ:

- Ограниченная область применения
- Относительно легкие и дешевые конструкции
- Технологические трудности при использовании в стеклопакетах

МНОГОСЛОЙНОЕ СТЕКЛО:

- Объединение свойств отдельных слоев стекла и полимерных материалов
- Пленочные и заливные
- Особая категория – противопожарные/огнестойкие
- Оптические характеристики / оптические искажения
- Вес

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСТЕКЛЕНИЯ



ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПК СОГЛАСНО НОВОЙ РЕДАКЦИИ СП 426

- Анализ назначения объекта
- Анализ проектируемой внешней формы СПК
- Анализ объемно-планировочного решения объекта, особенностей площадки строительства и требований к технологии монтажа СПК
- Анализ назначения помещений
- Анализ требований к естественной освещенности помещений, расположенных за СПК
- Анализ требований к теплотехническим характеристикам СПК и остекления
- Анализ требований к звукоизоляции
- Определение и анализ нагрузок и воздействий на СПК
- Определение необходимости применения многослойных или упрочненных стекол
- Определение необходимости применения изделий из стекла, обладающих защитными функциями (безопасных при эксплуатации, ударостойких, взрывостойких, огнестойких, пулестойких, антибактериальных и т.д.). Определение требуемого класса защиты
- Проектирование варианта СПК, отвечающего требованиям
- Анализ месторасположения объекта
- Анализ пригодности существующего строительного основания при реконструкции здания или сооружения к восприятию нагрузок от СПК
- Уточнение по результатам расчетов конструктивной схемы СПК
- Разработка Раздела 4 проектной документации
- Выполнение окончательных расчетов конструкции. При необходимости проведение испытаний конструкций или их фрагментов, повторное выполнение предыдущих этапов
- В проектной документации на СПК для общественных и уникальных следует отражать...
- В состав положений проектной документации по эксплуатации зданий и сооружений необходимо включать требования к обслуживанию СПК

ПОЖАРОСТОЙКОЕ ОСТЕКЛЕНИЕ

Особенности:

- Сохраняет целостность и/или ограничивает тепловое излучение при воздействии огня.
- Может быть монолитным или многослойным.
- При нагреве специальные слои (например, гели) вспениваются, затвердевают и блокируют распространение огня и дыма.

Классы огнестойкости:

- **E:** сохраняет целостность, предотвращает проникновение пламени, дыма и горячих газов.
- **EW:** дополнительно ограничивает тепловое излучение.
- **EI:** полностью предотвращает проникновение теплового излучения, температура на защищаемой стороне не превышает +140°C (средняя) или +180°C (в одной точке).



ПУЛЕСТОЙКОЕ ОСТЕКЛЕНИЕ

Особенности:

- Защищает от пуль, их фрагментов и осколков стекла.
- Состоит из нескольких слоёв стекла и полимерных плёнок (например, поливинилбутираля).
- При попадании пули первый слой разрушается, но последующие слои и плёнка удерживают осколки.

Классы защиты (по ГОСТ 30826-2014):

- **Бр1:** защита от пистолета АПС (9 мм, патроны 9×18 мм).
- **Бр2:** защита от пистолета СР-1 (9 мм, патроны 9×21 мм).
- **Бр3:** защита от пистолета ПЯ (9 мм, патроны 9×19 мм).
- **Бр4:** защита от автомата АК74 (5,45×39 мм).



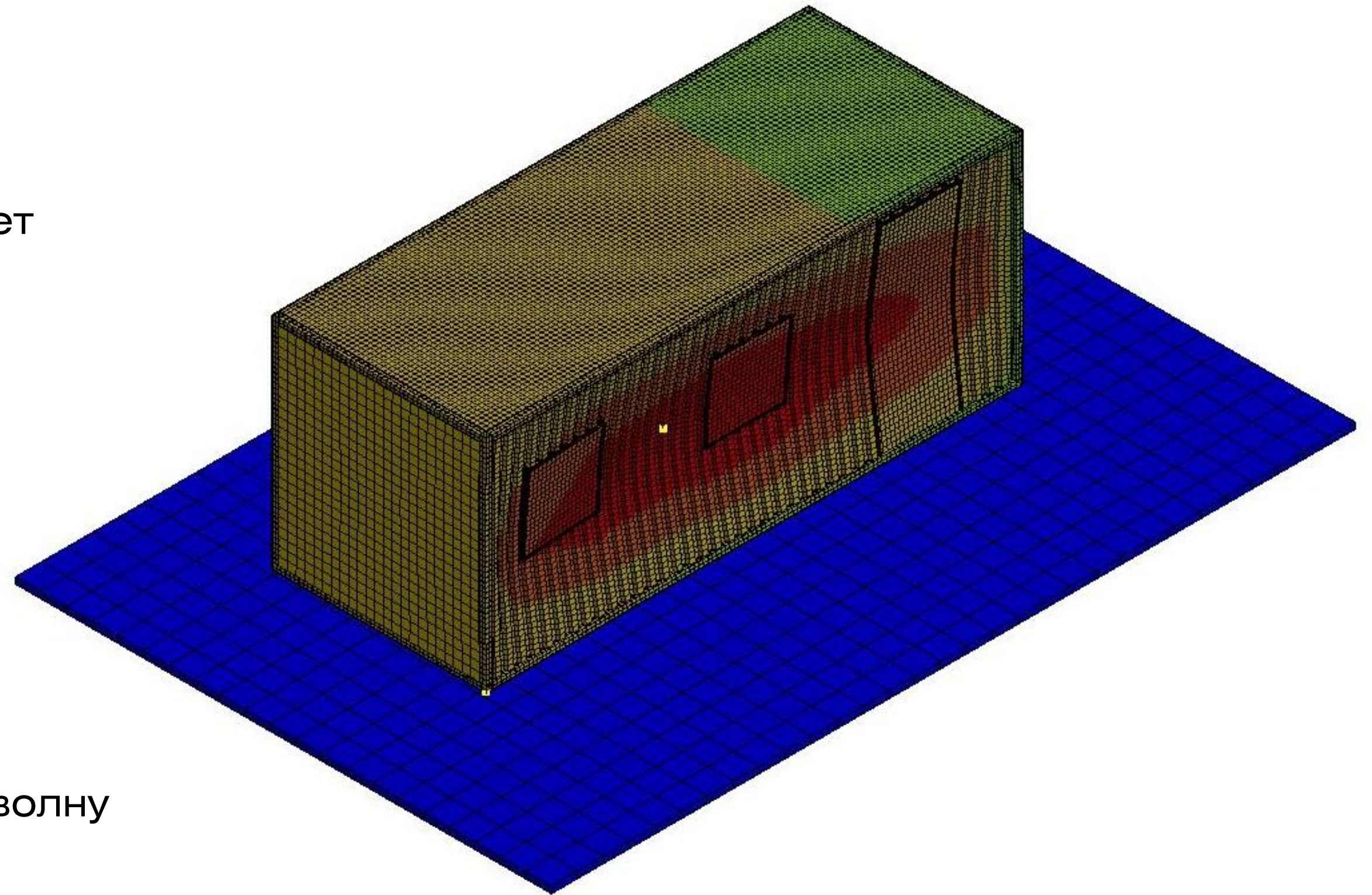
ВЗРЫВОСТОЙКОЕ ОСТЕКЛЕНИЕ

Особенности:

- Снижает воздействие ударной волны взрыва и предотвращает образование осколков.
- Включает усиленные рамы и полимерные плёнки (например, SB2(D)/K4), которые удерживают осколки. bronesteklo71.ru +1
- При взрыве энергия рассеивается между слоями, что минимизирует разрушение.

Классы взрывостойкости (по ГОСТ 30826-2014):

- **SB1–SB7**: определяют способность выдерживать взрывную волну от заряда ТНТ массой 3–20 кг на расстоянии 9–2800 м.
- **EXV45–EXV10**: для защиты от автомобильных бомб.



ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОГО ОСТЕКЛЕНИЯ

Зачем моделировать:

- оптимизация состава стеклопакета (толщины слоёв, типы плёнок, профилирамка);
- снижение объёма дорогостоящих натурных испытаний;
- прогноз поведения при реальных сценариях (более жёстких, чем в стандартах).

Основные численные методы:

- **КЭ (FEM / FEA)** — деформации, напряжения, термонапряжённое состояние, разрушение слоёв.
- **CFD (метод конечных объёмов)** — пожар и дым, распространение горячих газов, взрывная волна.
- **Явная динамика, FSI, SPH/DEM** — высокоскоростные удары (пуля, осколки, взрыв), разлёт фрагментов.

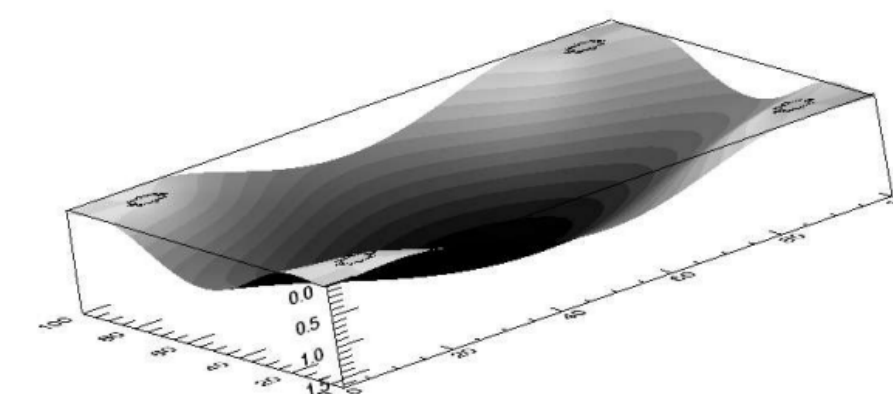


Рисунок 3. Прогиб пластины при 4-точечном закреплении.

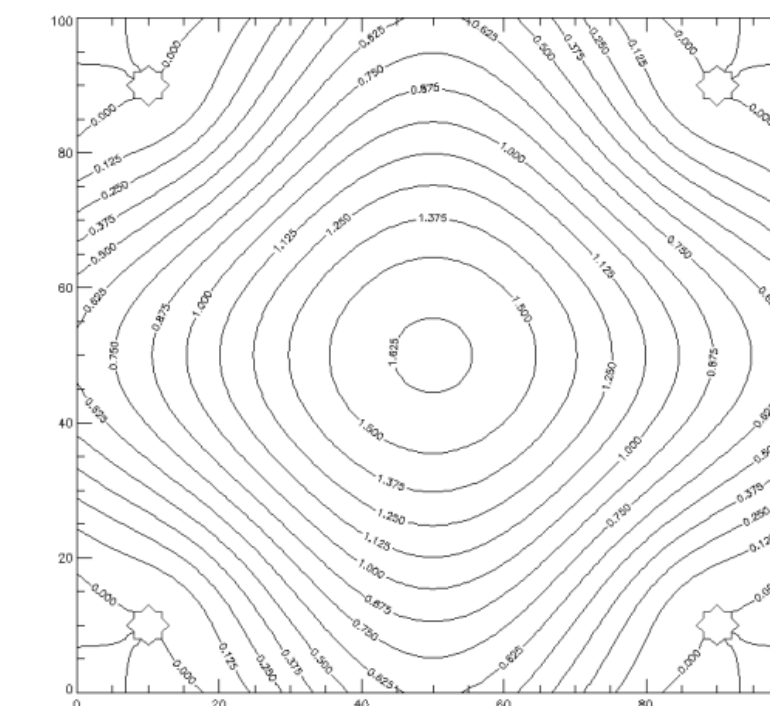
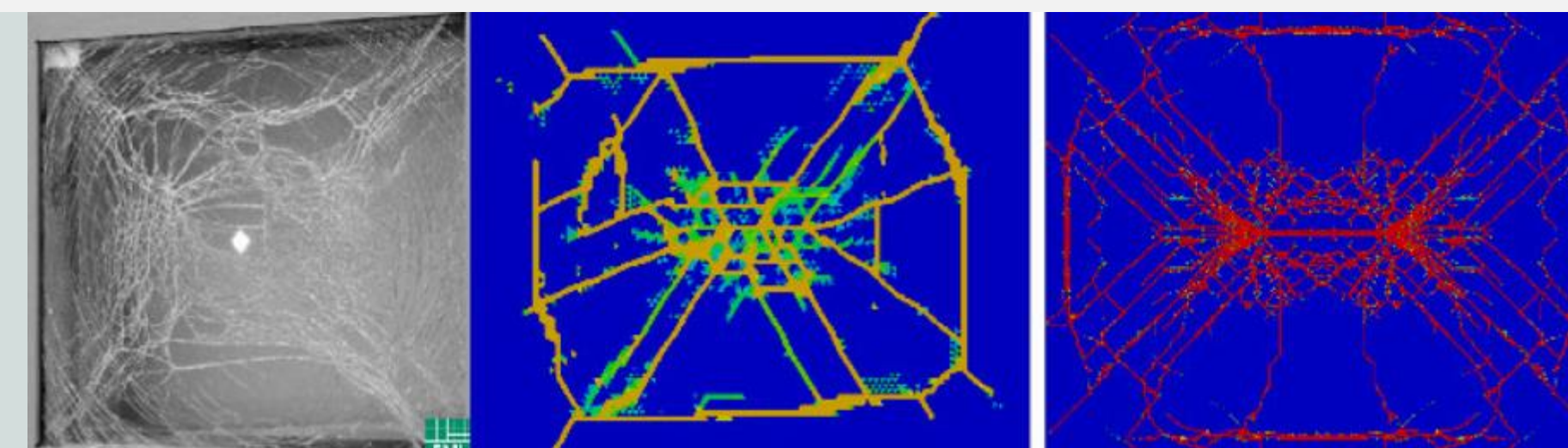


Рисунок 4. Прогиб пластины при 4-точечном закреплении. Линии уровня.

Типичные программные комплексы:

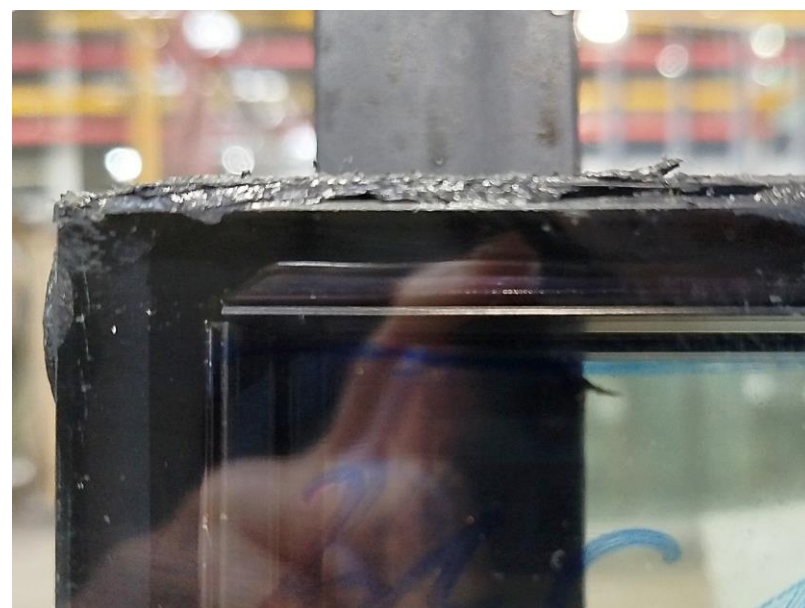
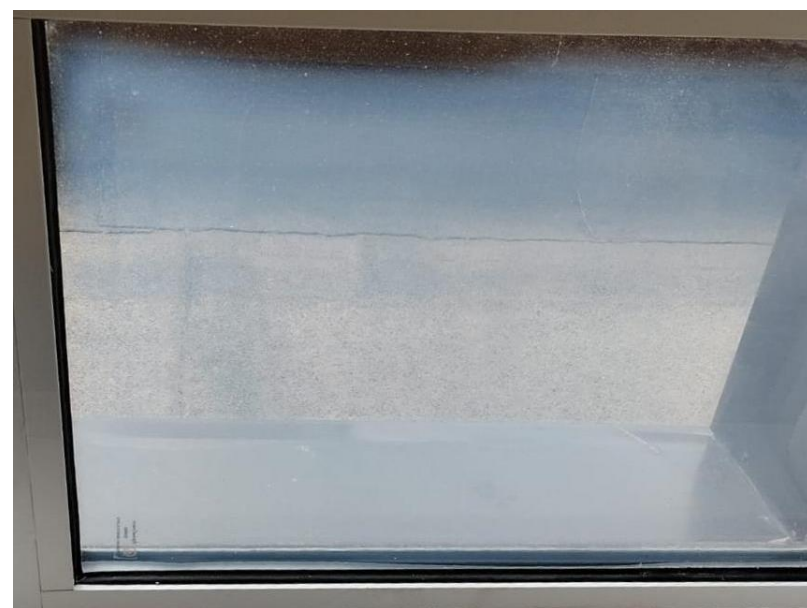
- Статика/термомеханика: ANSYS, Abaqus, SAFIR.
- Высокоскоростная динамика: LS-DYNA, Abaqus/Explicit, Ansys Autodyn.
- Пожар и газодинамика: FDS, OpenFOAM, Fluent.



Comparison of the cracks (Experiment of Kranzer (16) Layered model, 3d model)

В ЭКСПЛУАТАЦИИ

- Оптические искажения
- Пороки
- Стойкость к УФ
- Влагостойкость
- Морозостойкость
- Маркировка



УПРОЧНЕНИЕ И ЕГО ПЕРСПЕКТИВЫ

Неупрочненное листовое стекло хрупкое, разбивается на опасные осколки, имеет относительно низкую прочность

Основные виды упрочненного стекла:

- Закалённое
- Термоупрочненное
- Химически упрочненное



МОГУТ ЛИ МНОГОСЛОЙНЫЕ СТЁКЛА ВЫПОЛНЯТЬ ФУНКЦИИ ВСЕХ ТРЁХ КАТЕГОРИЙ?

Частично — да, но с ограничениями.

1. Совместить 2 функции — распространённая практика:

1. пожаростойкое + противоударное/противовзломное;
 2. пулестойкое + взрывостойкое (часто встречающаяся комбинация).
- Подтверждается испытаниями.

2. Одно стекло с 3 функциями (пожар + пуля + взрыв):

1. теоретически возможно,
2. на практике — это **очень толстые, тяжёлые и дорогие конструкции**,
3. уровни классов обычно **ограничены**,
4. обязательно требуется **отдельная сертификация именно как многокритериальной системы**.

3. Важно:

1. наличие многослойного стекла **само по себе не гарантирует** соответствие каким-либо классам;
2. каждая функция подтверждается **отдельными испытаниями по своим стандартам**;
3. итоговые характеристики зависят не только от стекла, но и от **рамы и других компонентов крепления**.

ИНТЕРИЕР
СТЕКЛА



г. Москва
ул. Душинская, д.7

+7 (495) 363-96-87
info@glassinfo.ru

www.glassinfo.ru

