

ЦС

**МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И
ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА**

СВОД ПРАВИЛ

СП XX.XXXXXX.20XX

**КОНСТРУКЦИИ ИЗ
МНОГОСЛОЙНОГО СТЕКЛА.
ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Настоящий проект свода правил не подлежит применению до его
утверждения

**ГУП
ЦПП**

Москва 2022

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения стандартов организаций – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

Сведения о своде правил

1 ИСПОЛНИТЕЛИ – Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций им. В.А. Кучеренко (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко) – институт АО «НИЦ «Строительство»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 ПОДГОТОВЛЕН к утверждению Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры

4 УТВЕРЖДЕН приказом Министерства строительства и ЖКХ Российской Федерации от «___» _____ 201__ г. и введен в действие с «___» _____ 201__ г.

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт).

6. Вводится впервые

© Минстрой России, 201Х

Настоящий нормативный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без разрешения Министерство строительства и ЖКХ РФ

Содержание

Введение	VI
1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	2
3 Термины и определения	5
4 Общие положения	7
4.1 Типы конструкций из многослойного стекла	7
4.2 Основные требования к конструкциям и узлам соединений	11
4.3 Основные положения по расчетам	16
4.4 Требования к расчетам	21
4.4.1. Расчет по прочности	21
4.4.2 Расчет по деформациям	23
4.5 Общие требования к испытаниям	24
5 Материалы	28
5.1 Стекло. Общие технические требования.	28
5.2 Полимерный соединительный слой. Общие технические требования.	29
5.3 Материалы узловых соединений. Общие технические требования.	30
6 Расчет элементов из многослойного стекла	31
6.2 Определение геометрических характеристик	31
6.3 Расчет элементов из многослойного стекла при центральном сжатии	34
6.4 Расчет элементов из многослойного стекла при изгибе	35
6.5 Расчет элементов из многослойного стекла при действии продольной силы с изгибом	36
6.6 Расчет на общую устойчивость изгибаемых элементов сплошного сечения	36
6.7 Расчетные длины и предельные гибкости элементов из многослойного стекла	38
7 Противопожарные требования	39
Библиография	41
Приложение А (справочное) Основные буквенные обозначения величин	42
Приложение Б (обязательное) Значения расчётных сопротивлений и деформационных характеристик гладкого листового стекла	45

Введение

Настоящий свод правил составлен с учетом требований Федеральных законов от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», от 30 декабря 2009г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Свод правил разработан авторским коллективом ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко – институт АО «НИЦ «Строительство», АО «ЦНИИПромзданий»:

Руководитель работы – д-р техн. наук И.И. Ведяков, кандидат техн. наук Д.В. Конин, инженер И.В. Ртищева (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко), кандидат техн. наук С.С. Румянцев, канд. техн. наук К.Г. Вахрушев, инженер К.В. Авдеев (АО «ЦНИИПромзданий»).

Свод правил

КОНСТРУКЦИИ ИЗ МНОГОСЛОЙНОГО СТЕКЛА.

ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Laminated glass structures. Design rules

Дата введения 202X-XX-XX

1 Область применения

1.1 Настоящий свод правил устанавливает требования к проектированию несущих конструкций из многослойного закалённого, термоупрочнённого, сырого стекла, с использованием этиленвинилацетатной (EVA, ЭВА), поливинилбутиральной (PVB, ПVB) соединительной плёнки или прослойки из ионопласта (IP, ИП) и распространяется на проектирование стеклянных несущих линейных конструкций зданий и сооружений различного назначения, эксплуатируемых при систематическом воздействии температур не ниже минус 40°C и не выше 50°C, в среде с неагрессивной степенью воздействия.

Требования настоящего свода правил не распространяются на проектирование конструкций автомобильных и железнодорожных мостов, транспортных тоннелей (в том числе в жидких средах), труб под насыпями, конструкций гидротехнических и других специальных сооружений, а также на армированные конструкции из стекла.

1.2 При проектировании конструкций, находящихся в особых условиях эксплуатации (например, конструкций зданий, подвергающихся сейсмическим воздействиям, интенсивным воздействиям температуры, радиации, агрессивных сред), конструкций уникальных зданий и сооружений, зданий атомных электростанций, а также специальных видов конструкций (например, предварительно напряженных, пространственных, висячих), следует соблюдать дополнительные требования, предусмотренные соответствующими нормативными документами, в которых отражены особенности работы этих конструкций.

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ Р 1.4 – 2004 Стандарты организаций. Общие положения

ГОСТ 1.5-2001 Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению (с Поправками, с Изменениями №1, 2).

ГОСТ 9.005-72 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Металлы, сплавы, металлические и неметаллические неорганические покрытия. Допустимые и недопустимые контакты с металлами и неметаллами (с Изменением N 1).

ГОСТ 111-2014 Стекло листовое бесцветное. Технические условия (с Изменением N 1, с Поправками).

ГОСТ 7481-2013 Стекло листовое армированное. Технические условия

ГОСТ 9438-85 Пленка поливинилбутиральная клеящая. Технические условия.

ГОСТ 20403-75 Резина. Метод определения твердости в международных единицах (от 30 до 100 IRHD) (с Изменениями №1, 2).

ГОСТ 22233-2018 Профили прессованные из алюминиевых сплавов для ограждающих конструкций. Технические условия (с Поправкой).

ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

ГОСТ 27772-2015 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия (с Поправками, с Изменением №1).

ГОСТ 30247.0-94 (ИСО 834-75) Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования

ГОСТ 30247.1-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции.

ГОСТ 30698-2014 Стекло закаленное. Технические условия.

СП XX.XXXXXX.20XX «Конструкции из многослойного стекла. Правила проектирования.»

ГОСТ 30826-2014 Стекло многослойное. Технические условия (с Поправкой, с Изменением N 1).

ГОСТ 32361-2013 Стекло и изделия из него. Пороки. Термины и определения

ГОСТ 32539-2013 Стекло и изделия из него. Термины и определения

ГОСТ 32557-2013 Стекло и изделия из него. Методы контроля геометрических параметров и показателей внешнего вида (с Изменением N 1)

ГОСТ 32281.1-2013 (EN 1288-1:2000) Стекло и изделия из него. Определение прочности на изгиб. Основные принципы проведения испытаний

ГОСТ 33000-2014 Стекло и изделия из него. Метод испытания на огнестойкость

ГОСТ 33004-2014 Стекло и изделия из него. Характеристики. Термины и определения

ГОСТ 33002-2014 Стекло и изделия из него. Методы определения механических свойств. Испытания на характер разрушения

ГОСТ 33080-2014 Конструкции деревянные. Классы прочности конструкционных пиломатериалов и методы их определения (Переиздание).

ГОСТ 33087-2014 Стекло термоупрочнённое. Технические условия.

ГОСТ 33559-2015 Стекло и изделия из него. Метод испытания на стойкость к удару мягким телом

ГОСТ 33560-2015 Стекло и изделия из него. Требования безопасности при обращении со стеклом.

ГОСТ Р 1.5–2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения (с Поправками, с Изменением №2).

ГОСТ Р 21.101-2020 Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации.

ГОСТ EN 12600-2015 Стекло и изделия из него. Метод испытания на стойкость к удару двойной шиной.

СП ХХ.ХХХХХ.20ХХ «Конструкции из многослойного стекла. Правила проектирования.»

СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах» (с Изменением №2)

СП 16.13330.2017 «СНиП II-23-81* Стальные конструкции» (с Поправками, с Изменениями № 1, 2, 3)

СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия» (с Изменениями № 1, 2, 3)

СП 22.13330.2016 «СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений» (с Изменениями № 1, 2, 3, 4)

СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии» (с Изменениями № 1, 2, 3)

СП 43.13330.2012 «СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий» (с изменениями № 1, № 2)

СП 44.13330.2011 «СНиП 2.09.04-87* Административные и бытовые здания» (с Поправкой, с Изменениями № 1, 2, 3, 4).

СП 54.13330.2016 «Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003 (с Изменениями №1, 2, 3)»

СП 55.13330.2016 «Дома жилые одноквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-02-2007 (с Изменением №1)».

СП 64.13330.2017 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции» (с Изменениями № 1, 2, 3).

СП 70.13330.2012 «СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции» (с изменениями №1, 2, 3)

СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 (с Изменениями №1-4)»

СП 128.13330.2016 «СНиП 2.03.06-85 Алюминиевые конструкции».

СП 260.1325800.2016 Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования (с изменениями № 1, 2).

П р и м е ч а н и е – При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в

сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего свода правил в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем своде правил приведены термины по ГОСТ 27751, ГОСТ 30826, ГОСТ 32281.1, ГОСТ 32361, ГОСТ 32539, ГОСТ 33004, а также следующие термины с соответствующими определениями:

комбинированная стеклянная балка/колонна: стержневая конструкция, состоящая из стеклянных элементов, в том числе из многослойного стекла и элементов из других материалов (дерево, конструкционная сталь, бетон, полимеры и пр.), объединенных для совместной работы с помощью специальных упоров или других устройств;

полимерный соединительный слой (прослойка): промежуточный элемент многослойной конструкции, соединяющий слои стекла по всей контактной поверхности;

сдвиговое соединение: соединение между компонентами элемента, исключаящее сдвиг одного компонента относительно другого и позволяющее рассчитывать оба компонента как части единого конструктивного элемента;

совместная работа: Восприятие нагрузки элементом из многослойного стекла, в котором все листовые компоненты (включая клеевые прослойки) деформируются как единая конструкция;

характер разрушения: характеристика стекла, показывающая соответствие стекла определенным требованиям по размерам, количеству и форме осколков.

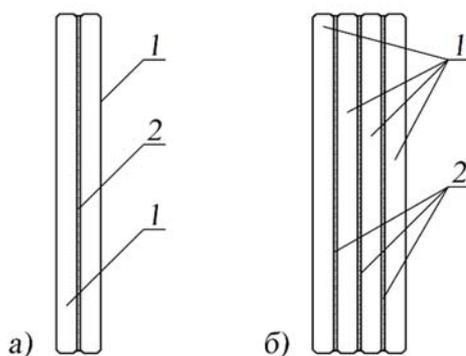
4 Общие положения

Задачи, решаемые при проектировании:

- обеспечение требований безопасности в соответствии с [2];
- определение параметров эксплуатационно-технических характеристик, соответствующих требованиям технического задания и действующих нормативных документов;
- разработка конструктивных решений, обеспечивающих достижение требуемых эксплуатационно-технических характеристик;
- выпуск проектной и рабочей документации.

4.1 Типы конструкций из многослойного стекла

4.1.1 Следует применять конструкции следующих сечений и типов:



- 1 — стекло листовое; 2 — полимерный соединительный слой
а) — сечение триплекс (2 листа стекла, 1 соединительный слой);
б) — многослойное сечение (n листов стекла, $n-1$ соединительных слоёв)

Рисунок 4.1.1 – Варианты поперечного сечения несущих конструкций из многослойного стекла

- колонны, стойки, фахверки, ребра жесткости светопрозрачных конструкций из многослойного стекла, сечения приведены на рисунке 4.1.1, схемы закрепления и типы нагрузки – на рисунке 4.1.2;

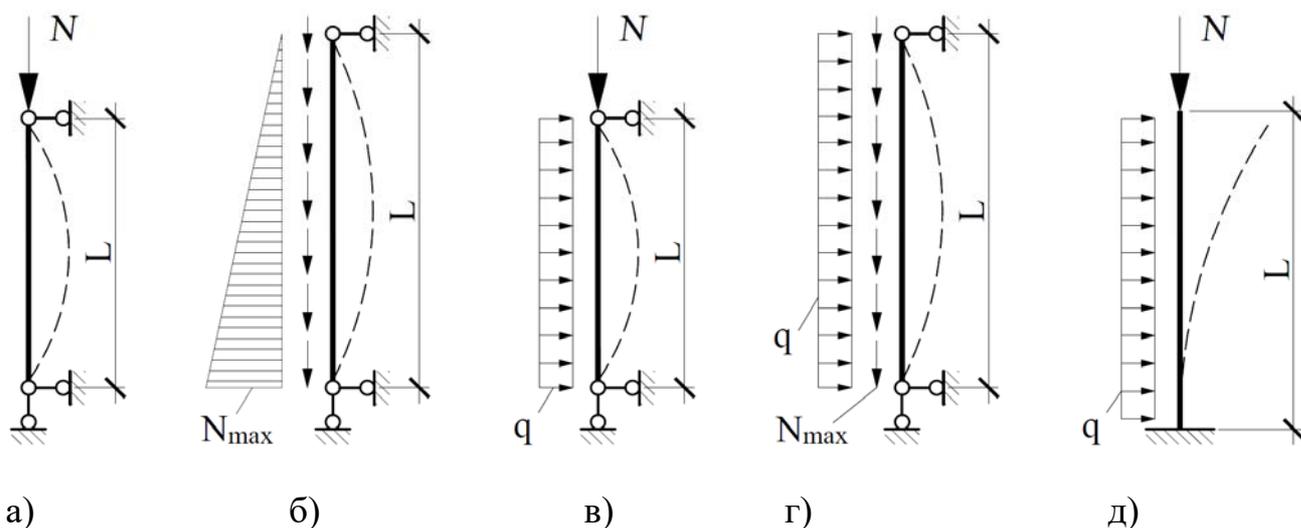
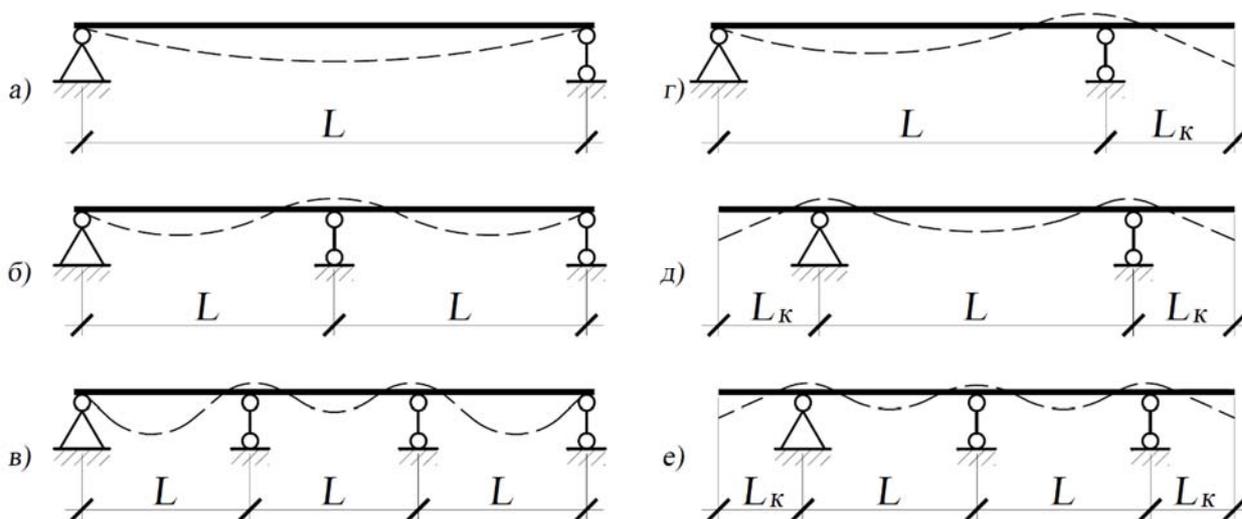


Рисунок 4.1.2 – Варианты расчётных схем закрепления и нагружения колонн, стоек, фахверков, ребер жесткости светопрозрачных конструкций из многослойного стекла.

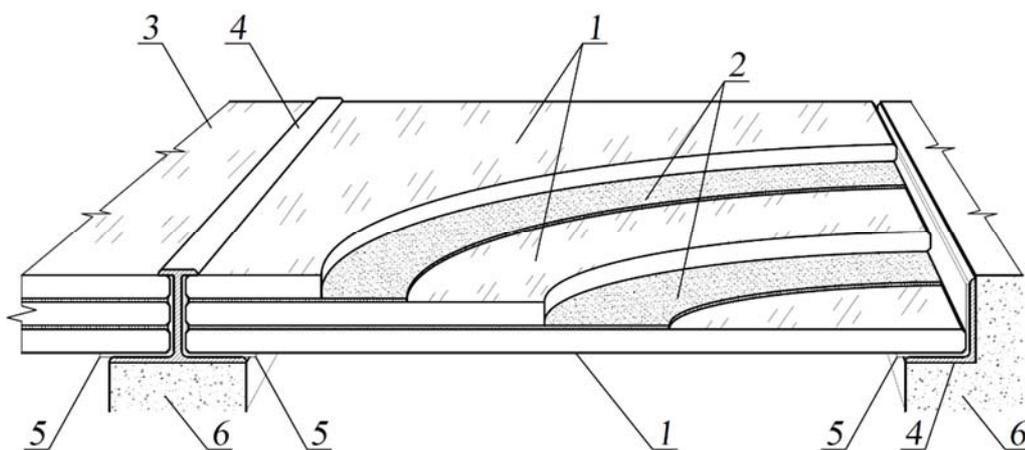
- балки из многослойного стекла, сечения приведены на рисунке 4.1.1, схемы закрепления и схемы работы – на рисунке 4.1.3;



- а) — однопролётная шарнирно опёртая балка;
- б) — двухпролётная шарнирно опёртая балка;
- в) — многопролётная шарнирно опёртая балка;
- г) — однопролётная шарнирно опёртая балка с одной консолью;
- д) — однопролётная шарнирно опёртая балка с двумя консолями;
- е) — многопролётная шарнирно опёртая балка с одной или двумя консолями.

Рисунок 4.1.3 – Варианты расчётных схем и работы балок из многослойного стекла.

- настилы (плиты) из многослойного стекла, конструкция настила с шарнирными опорами приведена на рисунке 4.1.4



- 1 — стекло листовое; 2 — полимерный соединительный слой;
3 — многослойное стекло; 4 — фиксирующий опорный профиль;
5 — упругая прокладка, герметик; 6 — опора.

Рисунок 4.1.4 – Конструкция настила (плиты) из многослойного стекла, шарнирно-опёртого по двум сторонам.

- ограждение из многослойного стекла, свободностоящее и зацементированное у основания, схема д) рисунка 4.1.2.

4.1.2 Для изготовления несущих конструкций из многослойного стекла следует применять листовое стекло следующих видов термообработки по соответствующим стандартам:

- сырое (отожжённое, флоат-) стекло – ГОСТ 111;
- закалённое стекло – ГОСТ 30698;
- термоупрочнённое стекло – ГОСТ 33002.

4.1.3 Для одной конструкции следует применять стёкла одной толщины и, как правило, одной степени термообработки.

Для достижения требуемой безопасности при эксплуатации, допускается применение термоупрочнённого стекла в комбинации со стёклами других видов термообработки: сырое стекло и термоупрочнённое, закалённое стекло и термоупрочнённое. В таком случае расчёт следует проводить в предположении, что использован один вид стекла с наихудшими прочностными и деформационными показателями.

4.1.4 Количество слоев стекла в многослойной конструкции ограничивается только технологическими возможностями предприятия-изготовителя. Все слои стекла многослойной конструкции должны быть соединены по всей поверхности контакта при помощи полимерного соединительного слоя. Качество соединения стекла с полимерным слоем должно соответствовать стандартам на материалы и изделия.

4.1.5 Несущие конструкции из многослойного стекла следует разделять на группы по характеру воздействия внешней нагрузки:

Группа 1 – элементы из многослойного стекла, воспринимающие нагрузки от скопления и перемещения людей и оборудования (светопрозрачные конструкции полов, пешеходные мосты и переходы внутри зданий и сооружений и др.);

Группа 2 – элементы из многослойного стекла, воспринимающие постоянные и временные вертикальные воздействия, в том числе – климатические нагрузки (снег, ветер, полезные нагрузки) (наружные и внутренние несущие конструкции из стекла фонарей, покрытий; наружные и внутренние стеновые ограждения с несущими элементами из стекла и др.);

Группа 3 – элементы из многослойного стекла, воспринимающие кратковременные горизонтальные нагрузки (ветровые и от людей) (наружные и внутренние стеновые ограждения с несущими элементами из стекла, ограждения лестниц и атриумов, в местах перепадов высот и др).

Для всех несущих конструкций из многослойного стекла группа должна быть указана в проектной документации.

4.2 Основные требования к конструкциям и узлам соединений.

4.2.1 При проектировании несущих конструкций из следует выполнять требования действующих правил проектирования зданий и сооружений по их функциональному назначению.

4.2.2 Конструкции из многослойного стекла всех типов должны удовлетворять требованиям:

- по безопасности;

- по эксплуатационной пригодности;
- по долговечности;
- дополнительным требованиям, указанным в задании на проектирование.

4.2.3 Для удовлетворения требований по безопасности конструкции должны иметь такие начальные характеристики, чтобы при различных расчетных воздействиях в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений были исключены разрушения любого характера или нарушения эксплуатационной пригодности, связанные с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных, растениям.

4.2.4 Для удовлетворения требований по эксплуатационной пригодности конструкция должна иметь такие начальные характеристики, чтобы при различных расчетных воздействиях не происходило образование трещин, сколов, а также не возникали чрезмерные перемещения, колебания и другие отклонения или повреждения, затрудняющие нормальную эксплуатацию (нарушение требований к внешнему виду конструкции, технологических требований по нормальной работе оборудования, механизмов, конструктивных требований по совместной работе элементов и других требований, установленных при проектировании).

В стеклянных конструкциях, в том числе из многослойного стекла, не допускается образование трещин. В случае образования трещины в процессе эксплуатации, техническое состояние элемента является аварийным, не пригодным к дальнейшему использованию, требуется его замена.

4.2.5 Для удовлетворения требований долговечности конструкция должна иметь такие начальные характеристики, чтобы в течение расчетного срока службы она удовлетворяла требованиям по безопасности и эксплуатационной пригодности с учетом влияния на геометрические характеристики конструкций и механические характеристики материалов различных расчетных воздействий (длительное воздействие нагрузки, неблагоприятные климатические, технологические,

СП XX.XXXXXX.20XX «Конструкции из многослойного стекла. Правила проектирования.» температурные и влажностные воздействия, попеременное замораживание и оттаивание, агрессивные воздействия и др.).

4.2.6 Долговечность элементов и комплектующих несущих конструкций из многослойного стекла должна соответствовать расчетному сроку службы здания и сооружения по ГОСТ 27751.

Допускается использовать элементы с меньшим расчетным сроком службы при условии возможности их замены. Необходимые указания и соответствующие технические решения должны быть внесены в рабочую документацию и технический регламент по эксплуатации.

4.2.7 Требования по безопасности, эксплуатационной пригодности, долговечности стеклянных конструкций, в том числе из многослойного стекла, и другие, устанавливаемые заданием на проектирование должны быть обеспечены выполнением требований:

- к стеклу, в том числе и многослойному;
- к полимерному соединительному слою;
- к соединительным элементам (сталь, дерево, стеклопластик и др.);
- к расчетам конструкций;
- конструктивных;
- технологических;
- по эксплуатации.

Требования по нагрузкам и воздействиям, пределу огнестойкости, непроницаемости, морозостойкости, предельным показателям деформаций (прогибам, перемещениям, амплитуде колебаний), расчетным значениям температуры наружного воздуха и относительной влажности окружающей среды, по защите строительных конструкций от воздействия агрессивных сред и др. устанавливаются СП 14.13330, СП 20.13330, СП 22.13330, СП 28.13330, СП 44.13330, СП 54.13330, СП 55.13330, СП 118.13330, СП 131.13330.

4.2.8 При проектировании конструкций из стекла, в том числе многослойного следует:

- принимать конструктивные схемы, обеспечивающие прочность, устойчивость и пространственную неизменяемость зданий и сооружений в целом и их отдельных элементов;
- применять рациональные размеры сечений и отдельных слоёв, эффективные составы и прогрессивные типы соединений; элементы конструкций должны иметь минимальные сечения, удовлетворяющие требованиям настоящего свода правил с учетом сортаментов на листовое стекло и полимерные соединительные слои (пленку);
- предусматривать технологичность и наименьшую трудоемкость изготовления, транспортирования и монтажа;
- учитывать производственные возможности и мощность технологического и кранового оборудования предприятий-изготовителей конструкций, монтажных организаций;
- учитывать допускаемые отклонения от проектных размеров и геометрической формы элементов конструкций при изготовлении и монтаже.

4.2.9 В техническом задании на объект строительства должны быть сформулированы требования к размещению устройств и механизмов для обслуживания и ремонта конструкций из стекла, если без них доступ к элементам конструкций невозможен.

4.2.10 При проектировании надежность конструкций из стекла обеспечивается применением в расчетах расчетных значений нагрузок и воздействий, расчетных характеристик стекла, определяемых по нормативным значениям этих характеристик с помощью соответствующих коэффициентов надежности, с учетом уровня ответственности зданий и сооружений.

Нормативные значения нагрузок и воздействий, значения коэффициентов надежности по нагрузке, устанавливаются в соответствии с СП 20.13330.

Расчетные значения нагрузок и воздействий принимают в зависимости от вида расчетного предельного состояния и расчетной ситуации.

4.2.11 Не допускается предусматривать использование повреждённых, восстановленных стеклянных элементов, бывших в употреблении видов

СП XX.XXXXXX.20XX «Конструкции из многослойного стекла. Правила проектирования.»
стеклянных конструкций и из многослойного стекла, в проектной и рабочей документации на строительство, реконструкцию и капитальный ремонт зданий и сооружений. Также не допускается применение стекол и соединительных полимерных слоев, соединительных элементов, имеющих дефекты и повреждения, выходящие за допуски соответствующих нормативных документов на материалы и изделия.

4.2.12 Конструкции из стекла должны удовлетворять общим требованиям к стеклянным несущим конструкциям, в том числе конструкциям из многослойного стекла, приведенным в настоящем своде правил.

4.2.13 Требуемые пределы огнестойкости и правила применения огнезащиты для повышения пределов огнестойкости конструкций из многослойного стекла следует выполнять согласно СП 2.13130.

4.2.14 При расчете конструктивной системы или ее части на огнестойкость должны быть учтены соответствующие схемы разрушения, переменные от температуры характеристики материалов и жесткости элементов, в том числе тепловое расширение и силовые деформации (косвенные огневые воздействия). При расчете отдельной конструкции она рассматривается без учета не прямых воздействий пожара, за исключением возникающих в результате температурных градиентов. Температурное воздействие следует предусматривать по ГОСТ 30247.0, если иное не установлено нормативными документами.

4.2.15 Расчетные модели при расчетах на огнестойкость включают отдельные модели для определения:

- развития и распределения температуры внутри конструктивных элементов (теплотехническая модель);
- статической работы конструкции или любой ее части (статическая модель).

4.2.16 Стеклянные конструкции должны соответствовать ГОСТ 111, ГОСТ 30698, ГОСТ 33087, элементы из многослойного стекла – ГОСТ 30826.

4.2.17 Проектная документация на несущие конструкции из многослойного стекла должна учитывать требования нормативных документов по изготовлению, качеству и монтажу стеклянных строительных конструкций

СП XX.XXXXX.20XX «Конструкции из многослойного стекла. Правила проектирования.» (ГОСТ 111, ГОСТ 30698, ГОСТ 30826, ГОСТ 33087, ГОСТ Р 21.101-2020, СП 70.13330).

В рабочих чертежах конструкций и в документации на заказ материалов следует указывать:

- степень термообработки стекла и требования к нему, предусмотренные настоящим сводом правил;
- вид полимерного соединительного слоя (соединительной плёнки) и требования к ней;
- способ и качество обработки кромок листового стекла;
- расположение и размеры соединений с указанием их конструкции;
- способы и объем контроля качества при изготовлении и монтаже;
- требования к защите конструкций от коррозии;
- требования по огнезащите.

4.2.18 При проектировании узловых соединений конструкций из многослойного стекла, с использованием элементов из конструкционной, нержавеющей стали, алюминия следует избегать прямого контакта между стеклом и сталью, используя полимерные или деревянные прокладки.

Для компенсации разницы диаметров стержня стального болта (нагеля, заклёпки, втулки) и отверстия в многослойном стекле, нивелирования смещения слоёв, в соединениях следует использовать полимерные втулки.

4.2.19 Конструкция креплений должна обеспечивать установку элементов каркаса в проектное положение без возникновения дополнительных напряжений в заполнении.

4.2.20 Узлы и соединения каркаса должны обеспечивать компенсацию температурных деформаций. Система креплений должна компенсировать температурные деформации заполнения и крепежных элементов и в процессе эксплуатации.

4.2.21 Уплотнители и прокладки должны быть расположены таким образом, чтобы надежно изолировать элемент из стекла от соприкосновения с металлическими элементами крепления.

4.2.22 При проектировании должны быть учтены допускаемые отклонения размеров стекол и крепежных элементов, указанные в паспортах или иных документах на изделия, а также в рабочей документации.

4.2.23 Стекланные конструкции и их элементы, в том числе и многослойные, следует монтировать в соответствии с требованиями ГОСТ 111, ГОСТ 30698, ГОСТ 30826, ГОСТ 33087, СП 70.13330.

4.2.24 Проектирование несущих конструкций из многослойного стекла в районах с повышенной сейсмичностью (7, 8 и 9 баллов) следует выполнять в соответствии с СП 14.13330.

4.3 Основные положения по расчетам

4.3.1 Расчет конструкций из стекла, в том числе многослойного, по предельным состояниям первой и второй групп производят по упругой стадии или с учетом физической нелинейности материалов, с учетом продольного изгиба и геометрической нелинейности, смещения слоев стекла относительно друг друга. Расчеты следует производить в соответствии с требованиями ГОСТ 27751 в том числе по особым предельным состояниям.

Усилия и напряжения в статически неопределимых конструкциях и системах допускается определять в предположении упругой работы элементов из многослойного стекла. При этом влияние физической нелинейности рекомендуется учитывать путем корректировки результатов линейного расчета на основе данных экспериментальных исследований, нелинейного моделирования, результатов расчета аналогичных объектов и экспертных оценок.

При расчете конструкций по прочности, деформациям на основе метода конечных элементов должны быть проверены условия прочности, деформативности, а также условия возникновения чрезмерных перемещений конструкции.

4.3.2 Расчеты должны обеспечивать надежность зданий или сооружений в течение расчетного срока их службы, а также при производстве работ в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ним.

Расчеты по предельным состояниям первой группы включают проверку по:

- прочности;
- устойчивости;
- устойчивости положения (опрокидывание, скольжение).

Расчеты по предельным состояниям второй группы включают проверку по деформациям и прогибам.

4.3.3 Расчеты стеклянных конструкций, в том числе многослойных, следует производить на все виды нагрузок, соответствующих функциональному назначению зданий и сооружений, с учетом влияния окружающей среды, технологических, температурных и влажностных воздействий, нагрузок от транспортных средств.

Расчет конструкций из многослойного стекла и стеклянных следует выполнять с учетом назначения конструкций, условий их изготовления, транспортирования, монтажа и эксплуатации, а также свойств материалов.

В расчетных схемах должны быть учтены деформационные характеристики опорных закреплений, оснований и фундаментов.

4.3.4 При расчете конструкций значения нагрузок и воздействий, а также предельные значения прогибов и перемещений элементов конструкций следует принимать согласно СП 20.13330, СП 43.13330 и разделам 4.3, 4.4 и 6.

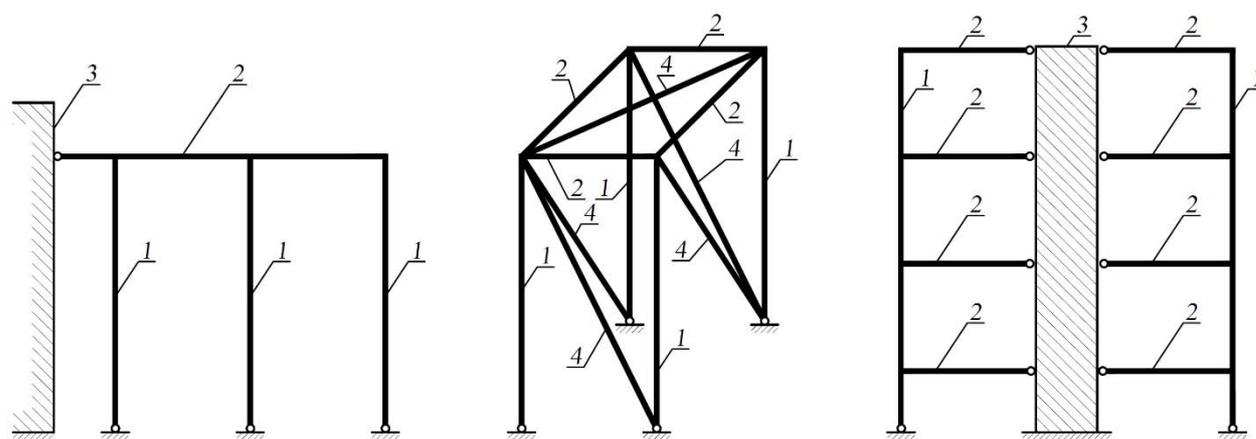
4.3.5 За расчетную температуру в районе строительства следует принимать температуру наружного воздуха наиболее холодных суток обеспеченностью 0,98, определенную согласно СП 131.13330.

Расчетная технологическая температура устанавливается в задании на разработку строительной части проекта.

4.3.6 Расчетные схемы и основные предпосылки расчета должны отражать действительные условия работы стеклянных конструкций и из многослойного стекла.

Рассматриваются следующие расчетные модели несущих конструкций:

- отдельные конструктивные линейные элементы (растянутые, сжатые, внецентренно сжатые, сжато-изгибаемые и изгибаемые);
- плоские или пространственные системы, раскрепленные (несвободные - рисунок 4.3.1); расчет таких конструкций выполняется путем расчета отдельных элементов с учетом их взаимодействия между собой и с основанием по СП 22.13330;



а) конструкции плоской рамы

б) конструкции пространственной рамы

в) конструкции плоской/пространственной рамы

1 — вертикальные элементы (колонны, фахверки, стойки) из многослойного стекла/металла/дерева/пр.; 2 — горизонтальные элементы (балки, ригели, др.) из многослойного стекла/металла/дерева/пр.; 3 — устойчивая (жесткая) пространственная конструкция (каменное/каркасное здание/ядро жесткости и др.); 4 — связевой элемент из многослойного стекла/металла/дерева/пр.;

Рисунок 4.3.1 - Схемы раскрепленных систем (схемы опор показаны условно).

4.3.4 Проверку прочности и подбор сечений конструкций из многослойного стекла и стеклянных выполняют на действие изгибающих моментов, продольных сил, поперечных сил и местное действие нагрузки.

4.3.5 Геометрические характеристики сечений, при расчётах по I и II группам предельных состояний, следует применять с учётом ослабления отверстиями, фасок, притупления края кромок, скосов, шлифованных сколов и пр.

Определение геометрических характеристик сечения брутто приведено в разделе 6.2.

4.3.6 При расчете конструкций и соединений следует учитывать:

- коэффициенты надежности по ответственности γ_n , принимаемые согласно ГОСТ 27751;
- коэффициенты надежности по материалу γ_f , согласно СП 20.13330;
- коэффициенты условий работы γ_c элементов конструкций и соединений, принимаемые согласно таблице 4.3.1.

Таблица 4.3.1 Коэффициенты условий работы конструкций и соединений

Элементы конструкций	Коэффициенты условий работы, γ_c
1. Балки и настилы сплошного сечения перекрытий жилых и общественных зданий, не предназначенных для перемещения по ним людей и размещения полезной нагрузки («над головой»)	0,85
2. Балки, настилы, косоуры сплошного сечения жилых и общественных зданий, предназначенных для перемещения по ним людей и размещения полезной нагрузки («под ногами»)	0,8
3. Колонны общественных и жилых зданий при постоянной нагрузке, равной не менее 0,6 от полной расчётной	0,8
4. Колонны и фахверки общественных и жилых зданий воспринимающие горизонтальные нагрузки	0,85
5. Сплошные вертикальные ограждения и их элементы, свободностоящие и закреплённые у основания	0,9
6. Сплошные вертикальные ограждающие конструкции, с линейным закреплением по периметру или по двум противоположным сторонам (элементы фасада, внутренние перегородки и пр.)	0,95
7. Сплошные вертикальные ограждающие конструкции, с точечным закреплением в 4-х углах и более (элементы фасада, внутренние перегородки и пр.)	0,9
<p>1 Коэффициенты для элементов, приведенных таблице, следует учитывать также при расчете их соединений.</p> <p>2 При расчете на прочность по сечению, ослабленному отверстиями для болтов, коэффициенты условий работы, следует умножать на значение $\alpha = s/(s - d)$, где: s – расстояние между центрами отверстий в одном направлении, d – диаметр отверстия.</p> <p>3 При расчете на прочность по сечению, ослабленному отверстиями для болтов, при одноболтовом соединении, коэффициенты условий работы, следует умножать на значение $\alpha = A_{\text{нетто}}/A_{\text{брутто}}$.</p> <p>4 В случаях, не оговоренных в настоящей таблице, в формулах следует принимать $\gamma_c = 1$.</p>	

4.3.7 Отношение критической нагрузки к расчетной для линейных конструкций, рассчитываемых как идеализированные упругие пространственные системы с применением сертифицированных вычислительных комплексов, должно быть не менее коэффициента надежности по устойчивости системы γ_{stab} в целом, равного:

- $\gamma_{stab} = 2$ – при расчете по недеформированной схеме;

- $\gamma_{stab} = 1,3$ – при расчете по деформированной схеме.

4.3.8 Напряжения в пластинах определяются по её пространственному расчёту и сравниваются с соответствующим расчётным сопротивлением, с учетом коэффициента условий работы γ_c .

4.4 Требования к расчетам

4.4.1 Расчет по прочности

4.4.1.1 Расчеты по прочности стеклянных конструкций, в том числе и из многослойного стекла, должны удовлетворять основным требованиям, предъявляемым к расчетам по прочности в настоящем своде правил.

4.4.1.2 Элементы из многослойного стекла по прочности рассчитывают из условия, по которому внутренние напряжения конструкций от действия внешней нагрузки σ_g не должны превышать предельных значений расчётных сопротивлений, соответствующих виду напряжённо-деформированного состояния, с учётом всех коэффициентов надёжности R_g :

$$\sigma_g \leq R_g \quad (4.1)$$

4.4.1.3 В случае сложного напряжённо-деформированного состояния элемента, суммарное значение отношений напряжения к соответствующему расчётному сопротивлению не должно превышать единицу:

$$\sum \frac{\sigma_g}{R_g} \leq 1 \quad (4.2)$$

4.4.1.4 Действующие напряжения σ_g для конструкций из многослойного стекла определяют по общим правилам строительной механики в зависимости от вида

напряжённно-деформированного состояния и геометрических характеристик элемента в различных сечениях по его длине, с учётом расчётных значений нагрузок.

4.4.1.6 Расчет по прочности стеклянных элементов на действие изгибающих моментов и продольных сил (внецентренное сжатие или растяжение) следует производить для сечений, нормальных к их продольной оси.

4.4.1.7 Предельные усилия в сечении, нормальном к продольной оси элемента, следует определять, исходя из следующих предпосылок:

- сопротивление полимерного соединительного слоя (пленки) растяжению, сжатию, изгибу не учитывается в расчёте;
- усилия воспринимаются всем сечением стеклянных элементов, за вычетом притупленной части кромок и высоты фасок;

4.4.1.8 При расчете прочности сжатых элементов необходимо учитывать случайный эксцентриситет продольного усилия e_a в двух направлениях, обусловленный неучтенными в расчете факторами (неравномерностью включения слоёв стекла в работу, неоднородностью спайки вдоль соединительной плёнки, несовершенств в опорных частях конструкций и др.). Значение этого эксцентриситета следует принимать не менее:

- $1/20$ радиуса инерции сечения - $i/20$;
- 10 мм вдоль слоёв сечения и не менее половины толщины одного листа стекла многослойного сечения - $0.5t_g$.

4.4.1.9 Для элементов статически неопределимых конструкций значение эксцентриситета продольной силы относительно центра тяжести e_0 принимают равным значению эксцентриситета, полученного из статического расчета, но не менее e_a .

Для элементов статически определимых конструкций эксцентриситет e_0 принимают равным сумме эксцентриситетов из статического расчета конструкций и случайного.

При симметричном сечении допускается эксцентриситет e_0 находить относительно центра тяжести сечения.

4.4.1.10 Расчет сжатых элементов производится как в плоскости расчетного эксцентриситета продольного усилия, так и в нормальной к ней плоскости, в которой e_0 принимается равным значению случайного эксцентриситета. При этом в обоих случаях учитывается влияние прогиба.

Расчет на косое внецентренное сжатие производится при расчетных эксцентриситетах продольной силы e_0 в двух направлениях.

4.4.2 Расчет по деформациям

4.4.2.1 Элементы из многослойного стекла по деформациям рассчитывают из условия, по которому прогибы или перемещения конструкций f от действия внешней нагрузки не должны превышать предельно допустимых значений прогибов или перемещений f_{ult} :

$$f \leq f_{ult} \quad (4.3)$$

4.4.2.2 Прогибы или перемещения конструкций из многослойного стекла определяют по общим правилам строительной механики в зависимости от изгибных, сдвиговых и осевых жесткостных характеристик элемента в различных сечениях по его длине.

4.4.2.3 Жесткость рассматриваемого сечения элемента из многослойного стекла определяют по общим правилам сопротивления материалов как для условно упругого элемента. Геометрические характеристики вычисляются для стеклянных слоёв с учётом толщины клеевых прослоек. При вычислении жесткости следует учитывать ориентацию листов стекла и прослоек, выбирая соответствующий модуль деформации: при изгибе в плоскости слоёв или перпендикулярно слоям сечения.

Деформационные характеристики полимерного соединительного слоя, при работе сечения на изгиб вдоль слоёв, не учитываются; при работе поперёк слоёв принимается эквивалентные значения, с учётом геометрии сечения, согласно таблицам Б1.

Кривизну и деформации элемента из многослойного стекла определяют по нелинейной деформационной модели.

4.4.2.4 Деформации элементов из многослойного стекла следует рассчитывать с учетом длительности действия нагрузок, устанавливаемых соответствующими нормативными документами.

При вычислении прогибов жесткость участков элемента следует определять с учетом ориентации листов стекла и клеевой прослойки.

4.4.2.5 Значения предельно допустимых деформаций принимают в соответствии с указаниями СП 20.13330 и нормативных документов на отдельные виды конструкций. При действии постоянных и временных длительных и кратковременных нагрузок прогиб элементов из многослойного стекла во всех случаях не должен превышать $1/250$ пролета (меньшей стороны, при опирании по контуру или 4 точки) и $1/125$ вылета консоли.

4.5 Общие требования к модельным испытаниям

4.5.1 Модельные испытания требуются в случае, если несущая конструкция/элемент из многослойного стекла (составное сечение из разных видов/толщин стёкол, слои расположены со смещением, сложное сечение из профильного или моллированного стекла и др.), граничные условия, характер нагружения и примыкания, прочие исходные, отличаются от рассматриваемых настоящим сводом правил.

4.5.2 Конструкция и модель образцов для испытаний должны соответствовать конструкции и составу исследуемого несущего элемента или их партии. При необходимости принимается эквивалентное сечение и высота пропорционально элементу, в соответствии с жёсткостными характеристиками. Материал, обработка кромок, граничные условия, схемы опирания и загрузки экспериментальной модели принимать в точном соответствии с исследуемым несущим элементом.

4.5.3 Испытания моделей из многослойного стекла должно проводиться при температуре (23 ± 5) °С. Во время испытания температура образца должна поддерживаться постоянной в пределах 1 °С, для предотвращения появления случайных напряжений.

Испытания должны проводиться при относительной влажности между 40% и 70%.

Образцы должны быть выдержаны в условиях проведения испытания не менее 12 часов.

Все механические воздействия на образец и его составляющие (шлифовка кромок, дефектов и пр., удаление защитных покрытий, демпфирующих подушек, прокладок и пр.) должны быть закончены не позднее, чем за 24 часа до начала испытаний.

4.5.3 Порядок отбора образцов для проведения испытаний устанавливают в нормативных документах на испытуемый вид стекла.

4.5.4 По нормируемым показателям внешнего вида: локальным и линейным порокам, цвету отожжённое, закаленное, термоупрочнённое стекло должно соответствовать требованиям предъявляемым к исходному стеклу и указанным в нормативных документах, и/или условиям договора на поставку. На поверхности стекла могут наблюдаться радужные пятна, наиболее заметны под острым углом к поверхности стекла или в поляризованном свете.

4.5.5 Трещины, посечки, грубые царапины, незашлифованные сколы, щербление кромки и повреждения углов стекла при эксплуатации и испытаниях не допускаются.

4.5.6 Кромки стекла для образцов должны быть обработанными. Обработку кромки стекла производят до его термообработки, типичным способом для исследуемой партии несущих элементов. При испытаниях рекомендуется использовать стекло со шлифованной кромкой.

4.5.7 Материалы, применяемые для изготовления стекла, должны соответствовать требованиям соответствующих нормативных документов.

4.5.8 Настоящим СП предусмотрены испытания образцов линейных несущих конструкций на чистый изгиб, центральное сжатие без потери устойчивости, сжатие по кромке образца одиночного листового стекла, а также на устойчивость при центральном и внецентренном сжатии.

4.5.9 Размеры образцов зависят от возможностей стекольного производства. В случае исследований для получения статистических данных габаритные размеры образцов следует проектировать, исследуемой толщины и составом слоёв, минимально возможной ширины вдоль слоя стекла ориентируясь на следующие указания:

- на чистый изгиб поперёк слоёв стекла длина образца l_b должна назначаться с учётом свесов, равных не менее 50мм:

$$l_b = l + 50 + 50,$$

где расстояние между опорами l следует назначать не менее 40 высот сечения в его рабочем положении:

$$l \geq 40h \text{ или } l \geq 40b$$

h - высота всего сечения;

b - ширина всего сечения;

- на центральное сжатие без потери устойчивости испытываются устойчивые короткие призмы, длина l которых не превышает 10 размеров минимальной стороны b_{min} , другая сторона сечения h - не менее половины высоты:

$$l \leq 10 b_{min} ;$$

$$h \geq 0.5l$$

- на сжатие по кромке образца одиночного листового стекла:

$$l \leq 10 b_{min}$$

$$h \geq l$$

- на устойчивость при центральном и внецентренном сжатии:

$$l \geq 40b_{min}$$

4.5.10 Испытания моделей выполняются на тарированных прессах моделирующих осевую нагрузку. Предельные нагрузки вычисляются в процессе теоретической подготовки к эксперименту, с учётом максимальных значений расчётных сопротивлений, указанных в ГОСТ 111, ГОСТ 30698, ГОСТ 33087 соответственно изучаемому стеклу.

4.5.11 Модели испытываются на осевую сжимающую нагрузку согласно схеме на рисунке 4.5.1. Чистый изгиб в балке моделируется путем приложения нагрузки в $1/3$ и $2/3$ пролета, схема на рисунке 4.5.2

4.5.12 Перед нагружением модели производится выверка нагрузочных приспособлений относительно заранее нанесенных разметочных рисок на поверхности образца. Таким образом, все возникающие в результате испытаний неравномерности напряжений в поперечных сечениях, обусловлены только случайными эксцентриситетами.

4.5.13 Нагружение производится поэтапно ступенями не более $0,1$ от разрушающей нагрузки. На каждой ступени осуществляется выдержка модели. Показания приборов считываются в начале и в конце каждой ступени нагружения.

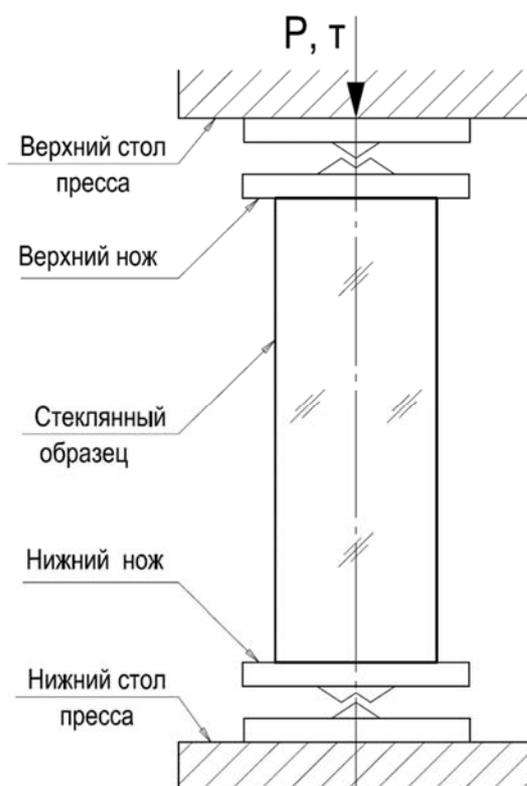


Рисунок 4.5.1 – Схема приложения сжимающей нагрузки на испытательном стенде

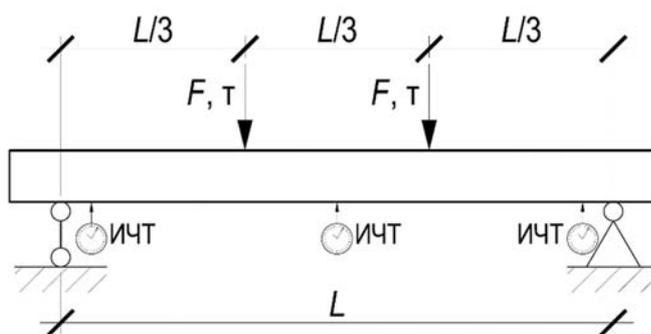


Рисунок 4.5.2 – Схема приложения нагрузки к модели испытываемой на чистый изгиб

4.5.14 В процессе испытаний моделей при ступенчатом приложении сжимающей нагрузки фиксируются на каждом шаге:

- деформации, напряжения в элементах моделей;
- значение вертикальной нагрузки, при которой появилась первая трещина, произошла потеря устойчивости модели, ее разрушение, либо деформации продолжают нарастать без увеличения нагрузки.

В процессе всех испытаний следует вести фото- видеосъемку.

5 Материалы

5.1 Стекло.

5.1.1 Справочные значения деформационных характеристик и расчётных сопротивлений сырого, закалённого и термоупрочнённого стекла, приведены в таблицах приложения Б.

5.1.2 Листовое сырое, закалённое, термоупрочнённое стекло для изготовления многослойных несущих конструкций должно отвечать требованиям ГОСТ 111, ГОСТ 30698, ГОСТ 33087; готовые отдельные элементы – ГОСТ 30826.

5.1.3 Не допускается эксплуатация стекла, имеющего незашлифованные сколы, щербление кромки, отбитые углы.

5.1.4 Кромки стекла должны быть обработанными. Обработку кромки стекла производят до его термообработки.

Виды обработки кромки стекла указывают в договоре на его изготовление (поставку) в соответствии с приложением А ГОСТ 30826-2014.

5.1.5 Нормируемые показатели внешнего вида в соответствии с п. 4.5.3.

5.1.6 Классификация безопасных стекол приведена в ГОСТ 30826 и ГОСТ 30698, методы испытаний для подтверждения класса безопасности приведены в ГОСТ 33002, ГОСТ 33559, ГОСТ EN 12600. Класс защиты безопасного стекла устанавливается в задании на проектирование.

5.1.7 Элемент конструкции из многослойного стекла должен сохранять свойство безопасности в течении всего периода эксплуатации и в том числе при проведении мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту с учетом требований ГОСТ 33560.

5.1.8 Для повышения уровня безопасности с использованием в элементах каркаса закаленных стекол рекомендуется проводить их дополнительную термическую обработку для отбраковки стекол, имеющих в своем теле включения, приводящие к самопроизвольному разрушению в процессе эксплуатации.

5.2 Полимерный соединительный слой.

5.2.1 Настоящим сводом правил для соединения стеклянных слоёв, предусмотрено применение клеевых полимерных плёнок следующих видов:

- поливинилбутиральная пленка (PVB, ПVB) по ГОСТ 9438;
- терморезактивная пленка на основе этиленвинилацетата (EVA, ЭВА), имеющая высокую степень трехмерных межмолекулярных связей, по нормативным документам;
- плёнка из ионопласта на основе иономера (IP, ИП), жёсткость которого значительно превышает жёсткость плёнок ПVB и ЭВА.

и другие полимерные и силикатные материалы по нормативным документам, которые могут отличаться по типу и составу материала, механическим характеристикам, оптическим характеристикам.

5.2.2 Многослойные стекла, изготовленные с их применением нестандартных плёнок, должны соответствовать требованиям ГОСТ 30826.

5.2.3 Полимерные материалы должны быть разрешены к применению органами государственного санитарного надзора и иметь санитарно-эпидемиологические заключения.

5.3 Материалы узловых соединений.

5.3.1 В качестве несущих элементов соединений конструкций из многослойного стекла предусмотрено применение деталей и метизов:

- металлических, из стали не ниже С245;
- из нержавеющей стали;
- алюминиевых;
- пластиковых;
- деревянных;

и прочие

5.3.2 Материалы узлов соединений конструкций из многослойного стекла должны соответствовать следующим требованиям:

- металлические элементы – стали по ГОСТ 27772, СП 16.13330, СП 260.1325800;
- алюминиевые элементы – сплавы по ГОСТ 22233, СП 128.13330;
- деревянные элементы – пиломатериалы по ГОСТ 33080, СП 64.13330;
- прочие элементы – соответствующим нормативным требованиям.

5.3.3 Проектирование и расчёт элементов крепления выполнять согласно нормативно-технической документации на выбранный материал, с учётом особенностей производства, монтажа и эксплуатации несущих конструкций из многослойного стекла.

5.3.4 Все узлы крепления, крепежные элементы должны быть выполнены из коррозионностойких материалов или защищены от коррозии в соответствии с СП 28.13330.

5.3.5 При разработке узлов соединения из разнородных металлов и разработке мероприятий по предотвращению контактной коррозии следует

СП ХХ.ХХХХХ.20ХХ «Конструкции из многослойного стекла. Правила проектирования.» руководствоваться положениями ГОСТ 9.005 с учетом влажности и агрессивности среды эксплуатации.

5.3.6 Уплотнители должны иметь твердость по ГОСТ 20403 во всем эксплуатационном диапазоне температур.

5.3.7 Уплотнители должны быть химически инертными и стойкими к длительному воздействию атмосферной влаги, загрязнений (включая воздействие слабых кислых, щелочных и солевых сред), моющих средств, ультрафиолетового излучения и воздействию знакопеременных температур.

6 Расчет элементов из многослойного стекла

6.2 Определение геометрических характеристик

6.2.1 Геометрические характеристики сечения несущего элемента из многослойного стекла определяются по общим законам строительной механики и сопротивления материалов, с учётом особенностей конструкций.

Общий вид сечения несущего элемента из многослойного стекла на рисунке 6.2.1.

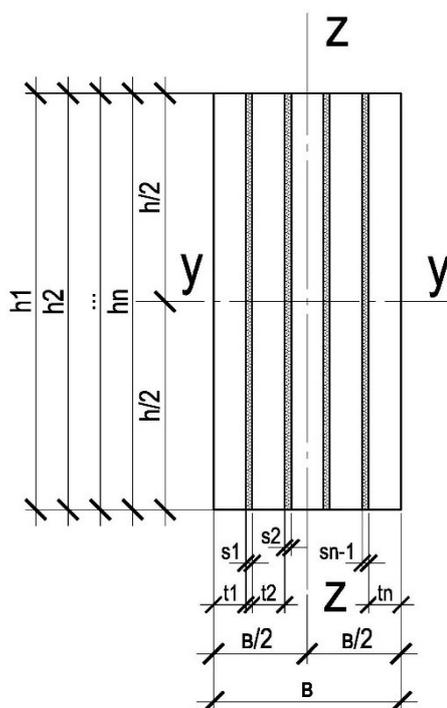


Рисунок 6.2.1 Общий вид сечения несущего элемента из многослойного стекла

6.2.2 Площадь поперечного сечения несущего элемента из многослойного стекла следует определять как сумму площадей стеклянных слоёв, без учёта толщины полимерного соединительного слоя:

$$A_g = \sum_{i=1}^{i=n} A_{gi} \quad (6.1)$$

где:

A_g – площадь рабочего сечения элемента (без клея) из многослойного стекла;

A_{gi} – площадь сечения i -го слоя стекла в составе сечения несущего элемента из многослойного стекла;

h_i – высота i -го слоя стекла в составе сечения несущего элемента из многослойного стекла;

t_i – толщина i -го слоя стекла в составе сечения несущего элемента из многослойного стекла;

s_i – толщина слоя клея между стёклами в составе сечения несущего элемента из многослойного стекла;

n – количество слоёв стекла в составе рабочего сечения элемента из многослойного стекла;

i – номер слоя стекла по порядку в составе сечения несущего элемента из многослойного стекла.

6.2.3 Момент инерции I относительно главных осей (осей симметрии) сечения несущего элемента из многослойного стекла следует так же определять как сумму соответствующих значений каждого слоя стекла относительно рассматриваемой оси, с учётом удалённости от нее, но без учёта площади клея:

$$I_y = \sum_{i=1}^{i=n} I_{yi} , \quad (6.2)$$

$$I_z = \sum_{i=1}^{i=n} I_{zi} , \quad (6.3)$$

где:

I_y – момент инерции рабочего сечения стержневого несущего элемента из многослойного стекла относительно горизонтальной оси симметрии;

I_{yi} – момент инерции i -го слоя стекла в составе сечения несущего элемента из многослойного стекла относительно горизонтальной оси симметрии рабочего сечения;

I_z – момент инерции рабочего сечения несущего элемента из многослойного стекла относительно вертикальной оси симметрии;

I_{zi} – момент инерции i -го слоя стекла в составе сечения несущего элемента из многослойного стекла относительно вертикальной оси симметрии рабочего сечения;

6.2.4 Момент сопротивления W относительно главных осей (осей симметрии) сечения стержневого несущего элемента из многослойного стекла сечения следует определять как отношение момента инерции относительно рассматриваемой оси к расстоянию до наиболее удалённого волокна поперечного сечения:

$$W_y = \frac{I_y}{z_{max}} , \quad (6.4)$$

$$W_z = \frac{I_z}{y_{max}} , \quad (6.5)$$

где:

W_y – момент сопротивления рабочего сечения линейного несущего элемента из многослойного стекла относительно горизонтальной оси симметрии;

W_z – момент сопротивления рабочего сечения линейного несущего элемента из многослойного стекла относительно вертикальной оси симметрии;

z_{max} – расстояние вдоль оси z до наиболее удалённого волокна поперечного сечения от оси y ;

y_{max} – расстояние вдоль оси y до наиболее удалённого волокна поперечного сечения от оси z ;

6.2.5 Радиусы инерции, соответствующие главным осям – главные радиусы инерции определяются по формулам:

$$i_y = \sqrt{\left(\frac{J_y}{A_g}\right)}, \quad (6.6)$$

$$i_z = \sqrt{\left(\frac{J_z}{A_g}\right)}, \quad (6.7)$$

где:

i_y – радиус инерции рабочего сечения линейного элемента из многослойного стекла относительно горизонтальной оси симметрии;

i_z – радиус инерции рабочего сечения линейного элемента из многослойного стекла относительно вертикальной оси симметрии.

6.2.6 При расчётах геометрических характеристик сечений стеклянных конструкций, следует учитывать ослабления отверстиями, фасками, притуплением края кромок, скосы, шлифованные сколы и пр.

6.2.7 Расчётные геометрические характеристики для линейных несущих элементов из многослойного стекла допустимо рассчитывать, так же и с помощью расчётных программ.

6.3 Расчет элементов из многослойного стекла при центральном сжатии

6.3.1 Расчет на прочность элементов из многослойного стекла при центральном сжатии силой N следует выполнять по формуле:

$$\frac{N}{A_g R_{gc} \gamma_c} \leq 1, \quad (6.8)$$

где:

N – значение продольной силы;

A_g – площадь сечения стеклянных элементов, с учетом ослабления сечения, согласно разделу 6.2;

R_{gc} – расчётное сопротивление стекла сжатию, принимать согласно разделу 5.1.

6.3.2 Расчет на устойчивость элементов сплошного сечения при центральном сжатии силой N следует выполнять по формуле:

$$\frac{N}{\varphi_g A_g R_{gc} \gamma_c} \leq 1, \quad (6.9)$$

где:

φ_g – коэффициент устойчивости при центральном сжатии для соответствующих осей, значение которого следует определять по формуле:

$$\varphi_g = \frac{\sigma_{cr}}{R_{gc}} \quad (6.10)$$

где:

σ_{cr} – напряжения, соответствующие критической силе N_{cr} для элемента из многослойного стекла при гибкости большей или равной $\lambda \geq 100$ следует определять по формуле для соответствующих осей:

$$\sigma_{кр} = \frac{\pi^2 E_g}{\lambda^2}, \quad (6.10)$$

где:

E_g – модуль упругости многослойного стекла вдоль его слоёв E_g , или в плоскости, перпендикулярной слоям стекла E_{g90} (значения указаны в приложении Б).

6.4 Расчет элементов из многослойного стекла при изгибе

6.4.1 Расчет на прочность линейных изгибаемых элементов из многослойного стекла следует выполнять по формулам:

при действии момента в одной из главных плоскостей

$$\frac{M}{W_{min}R_{gt}\gamma_c} \leq 1, \quad (6.11)$$

при действии моментов в двух главных плоскостях

$$\frac{\left(\frac{M_{xz}}{I_x} + \frac{M_{zx}}{I_z}\right)}{R_{gt}\gamma_c} \leq 1, \quad (6.12)$$

где:

M, M_x, M_z – изгибающие моменты в рассматриваемом сечении, в соответствующих плоскостях;

W_{min} – минимальный момент сопротивления рассматриваемого сечения, с учетом ослабления сечения, в соответствии с рассматриваемой плоскостью;

R_{gt} – расчётное сопротивление стекла изгибу, принимать согласно разделу 5.1;

I_x, I_z – минимальные значения моментов инерции рассматриваемого сечения, с учётом ослабления, в соответствующих плоскостях;

x, z – расстояния от главных осей до рассматриваемой точки сечения.

6.5 Расчет элементов из многослойного стекла при действии продольной силы с изгибом

6.5.1 Расчет на прочность внецентренно сжатых (сжато-изгибаемых) несущих элементов из многослойного стекла, следует выполнять по формуле:

$$\frac{N}{A_g R_{gc} \gamma_c} + \frac{M_{xz}}{I_x R_{gt} \gamma_c} + \frac{M_{zx}}{I_z R_{gt} \gamma_c} \leq 1, \quad (6.13)$$

где:

N, M_x, M_z – абсолютные значения соответственно продольной силы, изгибающих моментов при наиболее неблагоприятном их сочетании;

6.5.2 Сжато-изгибаемые несущие элементы из многослойного стекла следует проверять на общую устойчивость согласно разделам 6.3.2 и 6.6.

6.6 Расчет на общую устойчивость изгибаемых элементов сплошного сечения

6.6.1 Расчет на устойчивость плоских балок из многослойного стекла следует выполнять по формулам:

при изгибе в плоскости стенки, совпадающей с плоскостью симметрии сечения

$$\frac{M_z}{\varphi_b W_{cz} R_{gt} \gamma_c} \leq 1 \quad (6.14)$$

при изгибе в двух главных плоскостях

$$\frac{\frac{M_z}{\varphi_b W_{cz}} + \frac{M_y}{W_{cy}}}{R_{gt} \gamma_c} \leq 1 \quad (6.15)$$

Где:

φ_b – коэффициент устойчивости при изгибе, принимаемым для балок с опорными сечениями, закрепленными от боковых смещений и поворота:

- при раскреплении верхнего пояса балки сплошным настилом или системой прогонов и связей с шагом не более высоты сечения балки $\varphi_b = 1$;

- при отсутствии раскрепления верхнего пояса балки, шаге раскрепления большем высоты сечения балки φ_b определяется экспериментальным путём;

M_z, M_y – изгибающие моменты, действующие в плоскости наименьшей жёсткости при вертикальной ориентации сечения и в плоскости с наибольшей жёсткостью, соответственно;

W_{cz} – момент сопротивления сечения относительно оси $Z - Z$, вычисленный для наиболее сжатого волокна сжатой части сечения в плоскости наименьшей жёсткости при вертикальной ориентации сечения;

W_{cy} – момент сопротивления сечения относительно оси $y - y$, совпадающей с плоскостью изгиба, вычисленный для наиболее сжатого волокна сжатой части сечения, в плоскости наибольшей жёсткости при вертикальной ориентации сечения.

6.6.2 При определении значения φ_b за расчетную длину балки l_{ef} следует принимать расстояние между точками закреплений сжатого пояса от поперечных смещений (узлами продольных или поперечных связей, точками

СП XX.XXXXXX.20XX «Конструкции из многослойного стекла. Правила проектирования.» крепления жесткого настила). При отсутствии связей $l_{ef} = l$ (где l - пролет балки). За расчетную длину консоли следует принимать: $l_{ef} = l$ при отсутствии закрепления сжатого пояса на конце консоли в горизонтальной плоскости (здесь l - длина консоли) или расстояние между точками закрепления сжатого пояса в горизонтальной плоскости - при закреплении пояса на конце и по длине консоли.

6.7 Расчетные длины и предельные гибкости элементов из многослойного стекла

6.7.1 Гибкость элементов из многослойного стекла следует определять по формуле:

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i} \quad , \quad (6.10)$$

где:

l_{ef} – расчётная длина элемента в соответствующей плоскости сечения;

i – радиус инерции сечения элементов соответствующей плоскости.

6.7.2 Гибкости не должны превышать предельных значений:

- для сжатых стеклянных элементов $\lambda_u = 150$,

- для изгибаемых $\lambda_u = 180$,

- для растянутых $\lambda_u = 300$.

6.7.3 Расчётные длины l_{ef} для элементов из многослойного стекла постоянного сечения или отдельных их участков следует определять по формуле:

$$l_{ef} = \mu l \quad , \quad (6.11)$$

где:

l – длина стержневого элемента между опорами, элементами раскрепления;

μ – коэффициент расчётной длины, принимаемый согласно п.п. 6.6.10.

6.7.8 Коэффициент расчётной длины μ элементов из многослойного стекла постоянного сечения следует определять в зависимости от условий закрепления их концов (условий примыкания смежных конструкций) и вида нагрузки для каждой из главных осей сечения.

Для некоторых схем закрепления концов и вида нагрузки значения μ приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 Коэффициенты расчётной длины

Схема закрепления колонны (стойки) и вид нагрузки								
μ	1,0	0,7	0,5	2,0	1,0	2,0	0,725	1,12

6.7.9 Расчетную длину колонн рам в направлении вдоль здания (из плоскости рамы) следует принимать равной расстоянию между точками, закрепленными от смещения из плоскости рамы (опорами колонн, узлами крепления связей и ригелей и т.п.).

Расчетную длину следует определять на основе расчетной схемы, учитывающей фактические условия закрепления концов колонн

6.7.10 При определении коэффициентов расчётной длины элементов из многослойного стекла значения продольных сил в элементах системы следует принимать для того сочетания нагрузок, для которого выполняется проверка устойчивости рассматриваемых элементов.

7 Противопожарные требования

7.1 В случаях, предусмотренных противопожарными требованиями действующих нормативных документов, конструкции из многослойного стекла должны быть запроектированы и выполнены с пределом огнестойкости и показателем пожарной опасности, регламентируемыми этими требованиями.

7.2 Предел огнестойкости следует определять по методам, установленным ГОСТ 30247.0 и ГОСТ 30247.1

7.3 Предел огнестойкости узлов соединения элементов и опорных узлов конструкций из многослойного стекла, в том числе с применением

СП XX.XXXXXX.20XX «Конструкции из многослойного стекла. Правила проектирования.»
металлических и неметаллических деталей и элементов, должен быть не ниже
требуемого предела огнестойкости конструкции в целом.

7.4 Классификация огнестойкого многослойного стекла в соответствии п.5.1.12
ГОСТ 30826-2014.

Библиография

- [1] Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
- [2] Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

Приложение А

(справочное)

Основные буквенные обозначения величин

Усилия, коэффициенты работы от внешних нагрузок и воздействий, напряжения в поперечном сечении элемента

γ_f	–	коэффициент надежности по нагрузке;
γ_n	–	коэффициент надежности по ответственности;
γ_{stab}	–	коэффициента надежности по устойчивости системы;
γ_c	–	коэффициент условий работы;
σ_g	–	напряжения в стекле;
τ_{Rd}	–	расчетное значение сопротивления сдвигу;
M	–	изгибающий момент;
M_z, M_x	–	изгибающие моменты относительно главных осей z-z и x-x соответственно;
M_{ult}	–	предельный изгибающий момент;
N	–	продольная сила;
N_{cr}	–	условная критическая сила;
N_{ult}	–	предельное значение продольной силы, которую воспринимает элемент;
Q	–	поперечная сила;
q	–	равномерно распределенная нагрузка;

Характеристики материалов

ρ	–	плотность материала при температуре 18°C ;
γ_g	–	коэффициенты надежности по стеклу;
E_g	–	модуль упругости стекла при сжатии, растяжении, изгибе, в том числе и многослойного при работе элемента вдоль плоскости пластин;
E_{g90}	–	модуль упругости многослойного стекла при работе элемента из плоскости пластин стекла;
G	–	модуль сдвига;
$R_{gc,n}$	–	нормативное сопротивление многослойного стекла осевому сжатию;
R_{gc}	–	расчетное сопротивления многослойного стекла осевому сжатию;

$R_{gt,n}$	–	нормативное сопротивление многослойного стекла при изгибе;
R_{gt}	–	расчетные сопротивления сопротивление многослойного стекла при изгибе;
ν	–	Коэффициент Пуассона;

Геометрические характеристики

A_g	–	площадь поперечного сечения стекла, суммарная площадь сечения стеклянных элементов в многослойном элементе;
A_{gi}	–	площадь сечения i -го слоя стекла в составе сечения несущего элемента из многослойного стекла;
h	–	высота рабочего сечения несущего стеклянного элемента;
h_i	–	высота i -го слоя стекла в составе сечения несущего элемента из многослойного стекла;
t	–	толщина стеклянной пластины;
t_i	–	толщина i -го слоя стекла в составе сечения несущего элемента из многослойного стекла;
s_i	–	толщина слоя клея между стёклами в составе сечения несущего элемента из многослойного стекла;
b	–	ширина рабочего сечения стержневого стеклянного элемента; ширина плиты;
n	–	количество слоёв стекла в составе рабочего сечения элемента из многослойного стекла
i	–	номер слоя стекла по порядку в составе сечения несущего элемента из многослойного стекла
I_y, I_z	–	моменты инерции рабочего сечения стержневого несущего элемента из многослойного стекла относительно главных осей: горизонтальной и вертикальной;
W_y, W_z	–	моменты сопротивления рабочего сечения стержневого несущего элемента из многослойного стекла относительно главных осей: горизонтальной и вертикальной;
i_y, i_z	–	радиусы инерции рабочего сечения стержневого несущего элемента из многослойного стекла относительно главных осей: горизонтальной и вертикальной;
z_{max}	–	расстояние вдоль оси z до наиболее удалённого волокна поперечного сечения от оси y ;

y_{max}	–	расстояние вдоль оси y до наиболее удалённого волокна поперечного сечения от оси z ;
e_a	–	случайный эксцентриситет продольного усилия;
e_0	–	эксцентриситет продольной силы относительно центра тяжести сечения;
f	–	прогибы и перемещения конструкций;
f_m	–	прогиб плиты;
f_{ult}	–	предельно допустимые прогибы и перемещения;
φ_g	–	коэффициент устойчивости стеклянного элемента при центральном сжатии;
l_{ef}	–	расчетная длина стержневого элемента;
l, L	–	длина стержневого элемента между опорами, элементами раскрепления; длина плиты;
μ	–	коэффициент расчётной длины;
λ	–	гибкость элемента;
d	–	диаметр отверстия под болт (шпильку, втулку и пр.);
d_0	–	наружный диаметр болта (шпильки, втулки и пр.);
s	–	Расстояние между осями отверстий под болт (шпильку, втулку и пр.)

Приложение Б

(обязательное)

Расчётные сопротивления гладкого листового стекла принять согласно таблице Б1, деформационные характеристики - таблице Б2

Таблица Б1 Справочные значения расчётных сопротивлений и характеристики гладкого листового стекла

№ пп	Наименование показателя	Обозначение	Расчётные значения	Ед. изм.
1	Плотность (при 18°C)	ρ	2500	кг/м ³
2	Прочность на сжатие (в том числе и многослойного стекла): - бесцветное стекло - закалённое стекло - термоупрочнённое стекло	R_{gc}	22 29 29	МПа
3	Прочность на изгиб (в том числе и многослойного стекла): - бесцветное стекло - закалённое стекло - термоупрочнённое стекло	R_{gb}	15 25 21	МПа

Таблица Б2 Справочные значения деформационных характеристик гладкого листового стекла

№ пп	Наименование показателя	Обозначение	Расчётные значения	Ед. изм.
3	Модуль упругости многослойного стекла поперёк слоёв сечения: - бесцветное стекло - закалённое стекло - термоупрочнённое стекло	E_{g90}	27000 30000 30000	МПа
4	Модуль упругости, в том числе и многослойного стекла вдоль слоёв сечения: - бесцветное стекло - закалённое стекло - термоупрочнённое стекло	E_g	60000 65000 65000	МПа
5	Коэффициент Пуассона	ν	0,2	

УДК ОКС

Ключевые слова: конструкции из многослойного стекла, конструкции из многослойного стекла зданий и сооружений, особые условия эксплуатации ограждающих и несущих конструкций из многослойного стекла, стеклянные плиты, балки, колонны, конструкции комбинированные, расчётные характеристики материалов и соединений стеклянных конструкций, обработка кромки стекла, расчет стеклянных конструкций, устойчивость, прочность, надежность несущих конструкций из стекла, безопасность, узлы стержни, центрально- и внецентренно-сжатые, изгибаемые элементы, проектирование элементов из многослойного стекла, группы конструкций из многослойного стекла, конструктивные требования

РАЗРАБОТЧИК

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (АО «НИЦ
«Строительство»)

Зам. генерального директора
по научной работе
АО «НИЦ «Строительство»

А.И. Звездов

Руководитель
разработки

Директор ЦНИИСК им. В.А.
Кучеренко, д.т.н., проф.

И.И. Ведяков

Ответственный
исполнитель

Зам.директора ЦНИИСК им. В.А.
Кучеренко, зав. лабораторией ВЗиС,
к.т.н.

Д.В. Конин

Исполнитель

Старший научный сотрудник

И.В. Ртищева