



СОЮЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ, ПРОЕКТИРОВЩИКОВ И
ПОСТАВЩИКОВ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ «ФАСАДНЫЙ СОЮЗ»

СТО
22594804-002-
2021

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

НАВЕСНЫЕ ФАСАДНЫЕ СИСТЕМЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ КАРКАСОВ И ОБЛИЦОВОК

ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА

СТО 22594804-002-2021

МОСКВА 2021

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Союзом производителей, проектировщиков и поставщиков фасадных систем «Фасадный союз». Творческим коллективом специалистов: Беляев. В.Ф ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова» и С.Г. Рыков Общество с ограниченной ответственностью «Технополис».

2 УТВЕРЖДЕН приказом №2 Президента «Фасадного Союза» от 24 февраля 2021 г., и введен в действие «25» февраля 2021 г.

3 ВВЕДЕН впервые.

4 ВНЕСЕН организациями - членами «Фасадного союза» и разработчиками стандарта.

5 Разработка, согласование, утверждение, издание (тиражирование), обновление (изменение или пересмотр производится организацией-разработчиком и держателем стандарта).

6 ВНЕСЕНО Изменение №1 от 31 марта 2021 года, Изменение №2 от 24 мая 2022 года.

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, растиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Союза производителей, проектировщиков и поставщиков фасадных систем «Фасадный союз»

Введение

Настоящий стандарт организации (далее – стандарт) содержит основные требования по расчету и проектированию, обеспечению механической безопасности конструкций металлических каркасов и металлических облицовок навесных фасадных систем, их надежности и долговечности. В стандарте рассмотрены каркасы из оцинкованной углеродистой стали, коррозионностойкой стали и алюминиевых сплавов. В стандарте рассмотрены так же требования к проектированию кассетных панелей облицовки и расчету некоторых деталей крепления неметаллических облицовочных элементов.

Стандарт разработан в соответствии с положениями статей 11 и 17 Федерального закона «О техническом регулировании» №184-ФЗ от 27 декабря 2002 года (с изменениями на 28 ноября 2015 года), который установил порядок разработки, утверждения, учёта и изменения стандартов организаций.

Стандарт разработан впервые.

Стандарт выполнен с учетом требований ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения» и ГОСТ Р 1.5-2012 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения».

Стандарт предназначен для нормативного обеспечения и совершенствования технологий проектирования и производства, обеспечения качества строительной продукции из легких стальных тонкостенных холодногнутых профилей из оцинкованной и коррозионностойкой стали, а также гнутых и прессованных профилей из алюминиевых сплавов.

Стандарт применяется для обеспечения и подтверждения соответствия проектных значений параметров и других проектных характеристик здания или сооружения требованиям безопасности в соответствии с положениями статьи 6 Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30 декабря 2009 г.

Стандарт применяется в качестве документа в области стандартизации, в результате применения которого на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технических регламентов в соответствии с пунктом 4 ст.16.1. Федерального закона «О техническом регулировании» №184-ФЗ от 27 декабря 2002 г. (с изменениями на 28 ноября 2015 года).

При разработке стандарта был использован отечественный и европейский опыт расчета и проектирования конструкций каркасов навесных фасадных систем, обобщенный в положениях и требованиях СП 16.13330.2017, СП128.13330.2016, СП Еврокодов EN 1993-1-1:2005; EN 1993-1-3:2006; EN 1993-1-5:2005, с целью использования полученных в различных областях знаний результатов исследований (испытаний), измерений и разработок, как определено статьей 17 Федерального закона «О техническом регулировании» №184-ФЗ от 27 декабря 2002 г. (с изменениями на 28 ноября 2015 года).

При разработке стандарта были также использованы результаты исследований и испытаний конструкций, выполненных по апробированным и сертифицированным методикам.

Замечания и предложения по дополнениям и изменениям настоящего стандарта просим направлять по адресу: 125363, г. Москва, ул. Фабрициуса, д.9, 1 этаж, помещение I, «Фасадный Союз».

Содержание

1	Область применения	5
2	Нормативные ссылки	5
3	Термины и определения	8
4	Условные обозначения	9
5	Общие положения и требования	11
5.1	Основные требования конструкциям	11
5.2	Требования по обеспечению надежности, механической безопасности и долговечности конструкций	12
6	Требования к материалам несущих элементов каркасов	14
6.1	Стальные конструкции	14
6.2	Конструкции из алюминиевых сплавов	16
6.3	Коэффициенты надежности по материалу	18
7	Крепежные изделия для соединений элементов каркаса	18
7.1	Болтовые соединения	19
7.2	Соединения на самонарезающих винтах	19
7.3	Соединения на вытяжных заклепках	20
8	Расчет линейных элементов каркасов НФС на прочность и устойчивость	20
8.1	Общие положения	20
8.2	Учет потери местной устойчивости сжатых плоских частей элементов поперечного сечения	26
8.3	Плоские части поперечного сечения, усиленные продольными элементами жесткости	34
8.4	Расчет поперечных сечений элементов каркаса по прочности	38
8.4.1	Действие центрального растяжения и сжатия	38
8.4.2	Действие изгиба	39
8.4.3	Совместное действие изгиба и продольной силы	41
8.4.4	Совместное действие изгиба, продольной и поперечной сил	42
8.4.5	Действие поперечной силы	42
8.4.6	Потеря устойчивости стенки от местной нагрузки	43
9	Расчет линейных элементов каркаса (направляющие и ригели)	47
9.1	Расчет направляющих каркаса с креплением в стены	47
9.2	Расчет направляющих каркаса с креплением в плиты перекрытий	48
10	Расчет кронштейнов	48
10.1	Общие положения	48
10.2	П-образные кронштейны	49
10.3	L - образные кронштейны	53
10.4	Варианты расчетных схем несущих кронштейнов	59
11	Расчет соединений	61
11.1	Общие положения	61

11.2	Несущая способность соединений	63
11.3	Конструктивные требования к исполнению соединений	66
12	Расчет кассетных панелей из металлических и металлокомпозитных материалов	67
12.1	Общие положения	67
12.2	Расчет кассетных панелей	68
13	Кляммерные крепления облицовочных материалов	77
13.1	Общие положения	77
13.2	Конструктивный расчет кляммерных креплений	78
14	Особые конструктивные требования	81
15	Экспериментальные методы определения несущей способности элементов каркаса и их соединений	82
15.1	Общие положения	82
15.2	Определение несущей способности направляющих в плоскости действия изгибающего момента	82
15.3	Определение несущей способности кронштейнов	84
15.4	Испытание соединений несущих кронштейнов с направляющими	84
	Приложения	
А	Расчетные схемы для определения внутренних сил в сечениях неразрезных балочных систем от действия равномерно распределённой нагрузки	86
Б	Поправочные коэффициенты к значениям изгибающего момента от равномерно распределенной нагрузки	92
В	Поправочные коэффициенты к значениям опорных реакций от равномерно распределенной нагрузки	93
Г	Расчетные схемы для определения внутренних сил в сечениях балочных систем, закрепляемых в перекрытия зданий от действия равномерно распределённой нагрузки	95
Д	Диаграммы зависимости остаточных деформаций от нагрузки. Обработка единичных результатов испытаний	103
Е	Схемы испытаний направляющих каркаса	107
Ж	Защемление консоли кронштейна в направляющей. Схема испытаний	110
З	Несущая способность кронштейнов. Схемы испытаний	115
И	Расчет ветровой и гололёдной нагрузок на облицовку НФС	117
	Таблица И.1. Расчетная ветровая нагрузка. Летнее время года	119
	Таблица И.2. Расчетная ветровая нагрузка. Зимнее время года	120
	Изменения	
	Изменение №1 от 31 марта 2021 года.	121
	Изменение №2 от 24 мая 2022 года.	123

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

НАВЕСНЫЕ ФАСАДНЫЕ СИСТЕМЫ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ КАРКАСОВ И ОБЛИЦОВОК
Правила проектирования и расчета

Curtain facade ventilated structures. Metal structures of frames and faces. Design and calculation rules

Дата введения – 2021 – 02 – 25

1 Область применения

В настоящем стандарте устанавливаются требования к расчету и проектированию несущих конструкций металлических каркасов навесных фасадных систем.

Действие стандарта распространяется на расчет и проектирование каркасов навесных фасадных систем (далее в тексте НФС), изготовленных из тонкостенных холодногнутых профилей из коррозионностойкой и оцинкованной стали, профилей из алюминиевых сплавов, а также кассетных облицовок из металлических и металлокомпозитных материалов.

Настоящий стандарт не распространяется на конструкции и конструктивные элементы с применением сварки. Конструкции каркасов навесных фасадных систем могут эксплуатироваться при расчетной температуре не выше плюс 100°C и не ниже минус 55°C для конструкций из оцинкованной стали и до минус 65°C для конструкций из алюминиевых сплавов и коррозионностойкой стали.

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 5632-2014 Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионностойких жаростойкие и жаропрочные. Марки.

ГОСТ 5582-75 Прокат тонколистовой коррозионностойкий жаростойкий и жаропрочный. Технические условия.

ГОСТ 14918-2020 Прокат листовой горячеоцинкованный. Технические условия.

ГОСТ 34180-2017 Прокат стальной тонколистовой холоднокатаный и холоднокатаный горячеоцинкованный с полимерным покрытием с непрерывных линий. Технические условия.

ГОСТ 16523-97 Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения. Технические условия.

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

ГОСТ 23118-2019 Конструкции стальные строительные. Общие технические условия.

ГОСТ 27772-2015 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия.

ГОСТ 19281-2014 Прокат повышенной прочности. Общие технические условия.

ГОСТ 535-2005 Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия.

ГОСТ 14637-89 (ИСО 4995-78) Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия (с Изменением №1).

ГОСТ 13726-97 Листы из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия.

ГОСТ Р ИСО 705-2012 Винты самонарезающие с потайной головкой и крестообразным шлицем. Технические условия.

ГОСТ 10618-80 Винты самонарезающие для металла и пластмассы. Общие технические условия.

ГОСТ 10619-80 Винты самонарезающие с потайной головкой для металла и пластмассы. Конструкция и размеры.

ГОСТ Р ИСО 2702-2009 Винты самонарезающие стальные термообработанные. Механические свойства.

ГОСТ 7798-70 Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры.

ГОСТ Р 52627-2006 Болты, винты и шпильки. Механические свойства и методы испытаний.

ГОСТ 1759.4-87 Болты, винты и шпильки. Механические свойства и методы испытаний (с Изменением №1).

ГОСТ ISO 898-1-2014 Механические свойства крепежных изделий из углеродистых и легированных сталей. Часть 1. Болты, винты и шпильки установленных классов прочности с крупным и мелким шагом резьбы.

ГОСТ ISO 3506-1-2014 Механические свойства крепежных изделий из коррозионностойкой нержавеющей стали. Часть 1. Болты, винты и шпильки.

ГОСТ Р ИСО 14589-2005 Заклепки «слепые». Механические испытания.

ГОСТ Р ИСО 15973-2005 Заклепки «слепые» с закрытым концом, разрывающимся вытяжным сердечником и выступающей головкой (корпус из алюминиевого сплава и стальной сердечник).

ГОСТ Р ИСО 15974-2005 Заклепки «слепые» с закрытым концом, разрывающимся вытяжным сердечником и потайной головкой (корпус из алюминиевого сплава и стальной сердечник).

ГОСТ Р ИСО 15977-2017 Заклепки «слепые» с открытым концом, разрывающимся вытяжным сердечником и выступающей головкой (корпус из алюминиевого сплава и стальной сердечник).

ГОСТ Р ИСО 15979-2017 Заклепки «слепые» с открытым концом, разрывающимся вытяжным сердечником и выступающей головкой (корпус и сердечник из стали).

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

ГОСТ 21779-82 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски.

ГОСТ 21780-2006 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Расчет точности.

ГОСТ 11701-84 Металлы. Методы испытаний на растяжение тонких листов и лент (с Изменением №1 и №2).

ГОСТ 1497-84 Металлы. Методы испытаний на растяжение (с Изменениями № 1, 2, 3).

ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения.

ГОСТ Р ИСО 5725-2-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений.

ГОСТ Р ИСО 12491-2011 Материалы и изделия строительные. Статистические методы контроля качества.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 14764-2002 Информационная технология. Сопровождение программных средств.

СП 16.13330.2017 «СНиП II-23-81* Стальные конструкции».

СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия».

СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии».

СП 128.13330.2016 «СНиП 2.03.06-85 Аллюминиевые конструкции».

СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология».

СП 260.1325800.2016 Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования.

СП 2.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.

СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.

СТО 22594804-001-2021 Навесные фасадные системы. Каркасы из тонкостенных аллюминиевых профилей. Правила расчета. Фасадный Союз.

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии 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 стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **механическая безопасность:** Состояние зданий и сооружений с применением конструкций из тонкостенных стальных профилей или профилей из алюминиевого сплава, а также систем инженерно-технического обеспечения, которое характеризуется возможностью предотвращения вреда жизни или здоровью человека, ущерба имуществу и окружающей среде вследствие разрушения или потери устойчивости зданий, сооружений или их частей.

3.2 **долговечность:** Способность здания или сооружения с применением конструкций из тонкостенных стальных профилей или профилей из алюминиевого сплава сохранять физические и эксплуатационные свойства, устанавливаемые при проектировании и обеспечивающие его безаварийную эксплуатацию в течение расчетного срока службы при надлежащем техническом обслуживании.

3.3 **живучесть:** Свойство объекта, состоящее в его способности противостоять развитию критических отказов из-за дефектов и повреждений при установленной системе технического обслуживания и ремонта, или сохранять ограниченную работоспособность при воздействиях, не предусмотренных условиями эксплуатации, или сохранять ограниченную работоспособность при наличии дефектов или повреждений определенного вида, а также при отказе некоторых компонентов.

3.4 **закрепление:** Закрепление элемента или его части от линейных или угловых перемещений или деформаций от кручения или депланации сечения, которое повышает устойчивость аналогично жесткой опоре.

3.5 **металлокомпозитный материал:** Листовой многослойный материал, с облицовками из металла (сталь, алюминий).

3.6 **кассетная панель:** Панель из плоского листа с краевыми отгибами по контуру панели, обеспечивающими жёсткость панели при воздействии нагрузок, нормальных к плоскости панели.

3.7 **линейный элемент каркаса:** Стержневой элемент каркаса (направляющая, ригель, кляммерная планка и т.п.) работающий преимущественно на изгиб.

3.8 **надежность:** Способность строительных конструкций выполнять заданные функции с требуемым качеством в течение предусмотренного периода эксплуатации.

3.9 **номинальная толщина листа:** Устанавливаемая средняя толщина, включающая толщину слоев цинкового и других металлических покрытий после прокатки и определяемая поставщиком металлопроката (не включает толщину органических покрытий).

3.10 **опора:** Узел конструкции, через который элемент способен передавать силы или моменты на фундамент или другой элемент конструкции.

3.11 **относительная гибкость:** Нормированное безразмерное значение гибкости.

3.12 **расчетная толщина:** Толщина листа металлопроката, используемая в расчете.

3.13 система автоматизированного проектирования: Система, объединяющая технические средства, математическое и программное обеспечение, параметры и характеристики которых выбирают с максимальным учетом особенностей задач инженерного проектирования и конструирования.

3.14 толщина стального листа: Номинальная толщина стального листа без учета толщины слоев цинкового и других металлических покрытий.

3.15 тонколистовой прокат: Прокат толщиной менее 4 мм.

3.16 частичное закрепление: Закрепление элемента или его части от линейных и угловых перемещений или деформаций от кручения или деформации сечения, которое аналогично упругоподатливой опоре повышает устойчивость, но в меньшей степени, чем жесткое закрепление.

3.17 эффективная площадь сечения, ширина, толщина: Площадь сечения, ширина или толщина сечения элемента, уменьшенная вследствие потери местной устойчивости части сечения от действия сжимающих нормальных или касательных напряжений или от их совместного действия.

4 Условные обозначения

A_0	- площадь зоны поперечного сечения стержня, потерявшая местную устойчивость $A_{ef} = A - A_0$
A_{ef}	- эффективная площадь поперечного сечения;
A_f	- площадь сечения полки;
A_g	- площадь сечения брутто;
A_{gn}	- площадь сечения нетто с учетом ослаблений;
A_{sl}	- общая площадь сечения всех продольных элементов жесткости в усиленной пластине;
A_{st}	- площадь сечения одного поперечного элемента жесткости;
A_w	- площадь сечения стенки;
C	- угловая жесткость связи;
E	- модуль упругости;
G	- модуль сдвига;
K	- линейная жесткость упругой связи;
L_{ef}	- эффективная длина для расчета на поперечные силы;
M	- момент, изгибающий момент;
ΔM	- дополнительный изгибающий момент в стержне от смещения центра тяжести сечения при выключении части сжатых элементов сечения;
N	- продольная сила, усилия в элементах соединений, узлах и стыках;
P	- расчетная нагрузка, определяемая по формуле $P = \gamma_f \cdot P_n$;
P_n	- нормативная нагрузка, определяемая по правилам СП 20.13330;
Q	- поперечная сила, сила сдвига;
Q_{fic}	- условная поперечная сила для соединительных элементов;
Q_s	- условная поперечная сила в системе планок, расположенных в одной плоскости;
Q_w	- поперечная сила, воспринимаемая стенкой;
R_s	- расчетное сопротивление материала сдвигу;

R_p	- расчетное сопротивление торцевой поверхности материала смятию (при наличии пригонки);
R_{bp}	- расчетное сопротивление материала элементов смятию (при соединении болтами);
R_u	- расчетное сопротивление материала растяжению, сжатию, изгибу по временному сопротивлению;
R_{un}	- временное сопротивление материала равное значению предела прочности σ_b по государственным стандартам и техническим условиям на сталь или алюминиевые сплавы;
R_y	- расчетное сопротивление материала растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести для стальных конструкций;
R	- то же для конструкций из алюминиевых сплавов;
R_{yn}	- предел текучести (в т.ч. условный) материала, равный значению предела текучести σ_T по государственным стандартам и техническим условиям на сталь или алюминиевые сплавы;
S	- наименьшая (предельная) несущая способность конструктивного элемента, зависящая от прочности материала, размеров поперечного сечения и условий его работы;
I	- момент инерции сечения;
I_{ef}	- момент инерции эффективного упругого сечения;
W_{ef}	- момент сопротивления эффективного упругого сечения;
a	- длина пластины между элементами жесткости или без них;
b_p	- ширина пластины между элементами жесткости или без них;
b_{ef}	- расчётная (эффективная) ширина сжатой полки, стенки, пояса;
f	- прогиб (выгиб) или перемещение элемента конструкции;
f_u	- предельный прогиб (выгиб) или перемещение элемента конструкции;
h_{ef}	- расчётная (эффективная) высота сжатой стенки;
h_w	- высота стенки между поясами;
r	- радиус;
t	- расчетная толщина стального листа, без учета металлических и органических покрытий;
t_{cor}	- номинальная толщина стального листа без учета цинкового и других металлических покрытий;
t_f	- толщина пояса;
t_{nom}	- номинальная толщина стального листа после холодного формования, включая цинковые и другие металлические покрытия, но без учета органических покрытий;
t_w	- толщина стенки;
β	- коэффициент эффективной ширины для сдвига в упругой стадии;
γ_c	- коэффициент условия работы;
γ_f	- коэффициент надежности по нагрузке;
γ_m	- коэффициент надежности по материалу;
γ_n	- коэффициент надежности по ответственности;
Примечание – Минимальные значения коэффициента указаны в ГОСТ 27751;	
δ	- максимальное перемещение конструктивного элемента в условиях нормальной эксплуатации (от нормативных значений воздействий);
ρ	- редуцированный коэффициент, зависящий от граничных условий пластины и ее напряженного состояния;
$\sigma_{cr,c}$	- упругое критическое напряжение потери устойчивости по типу сжатого стержня;
σ_{cr}	- упругое критическое напряжение потери устойчивости;
σ_{max}	- максимальное нормальное напряжение в конструктивных элементах от неблагоприятной комбинации расчетных нагрузок;
χ_d	- коэффициент потери устойчивости элементов и рёбер жёсткости по аналогии с центрально сжатым стержнем

5 Общие положения и требования

5.1 Основные требования к конструкциям

5.1.1 При проектировании несущих каркасов ограждающих конструкций следует:

- использовать оптимальные конструктивные схемы, сечения элементов и марки сплавов;
- учитывать технологические возможности изготовителей конструкций и монтажных организаций;
- соблюдать требования по защите конструкций от коррозии.

5.1.2 При проектировании и расчете конструкций каркасов НФС следует соблюдать требования, изложенные:

- для стальных конструкций, включая конструкции из коррозионностойкой стали – в СП 16.13330, СП 260.1325800 и требования настоящего стандарта.

- для конструкций из алюминиевых сплавов – в СП 128.13330, СТО 22594804-001-2021 и требования настоящего стандарта.

5.1.3 Пожарная безопасность и огнестойкость НФС систем должна быть обеспечена в соответствии с требованиями СП 2.13130.

5.1.4 Обеспечение коррозионной стойкости каркасов НФС должно соответствовать требованиям СП 28.13330.

5.1.5 В соответствии с СП 16.13330, СП 260.1325800 и СТО 22594804-001-2021 все линейные элементы конструкций (направляющие), рассматриваемые в настоящем стандарте, по напряжённому деформируемому состоянию (НДС) следует разделять на четыре класса.

1-класс – НДС, при котором напряжения по всей площади сечения не превышают расчетных $|\sigma| < R_y$, (упругое состояние сечения);

2-класс – НДС, при котором в одной части сечения $|\sigma| < R_y$, а в другой $|\sigma| = R_y$ (упруго-пластическое состояние сечения);

3-класс – НДС, при котором по всей площади сечения $|\sigma| = R_y$ (пластическое состояние сечения);

4-класс – НДС, при котором часть сжатого элемента поперечного сечения теряет местную устойчивость при уровне напряжений ниже расчетных значений $|\sigma| \leq R_y$.

5.1.6 При расчете элементов фасадных систем из стальных тонкостенных гнутых профилей и алюминиевых гнутых и прессованных профилей следует учитывать то положение, что в подавляющем большинстве случаев, поперечные сечения этих элементов каркаса относятся к 4-му классу НДС. В тех случаях, когда сечение отвечает параметрам обеспечения устойчивости (по отношению ширины пластинки или размера краевого элемента жесткости к толщине пластинки, по п.п.8.1.1, 8.1.3, 8.2.7), профиль следует рассчитывать по 1-классу НДС.

5.1.7 При расчете элементов конструкций каркасов НФС следует учитывать коэффициенты надежности по нагрузкам γ_f и материалу γ_m , а также коэффициенты условий работы γ_c и коэффициент надежности по

ответственности сооружения (элемента сооружения) γ_n в соответствии с указаниями СП 260.1325800, СП 128.13330 и ГОСТ Р 54257.

5.1.8 Для обеспечения надежности несущих конструкций должны использоваться нормативные и расчетные нагрузки и сопротивления. Коэффициенты надежности по нагрузкам γ_f и материалу γ_m представляют собой отношения:

$$\gamma_f = P/P_n, \quad \gamma_m = R_n/R, \quad (5.1)$$

в которых P_n и R_n - нормативная нагрузка и нормативное сопротивление, определяемые по правилам ГОСТ 27751, ГОСТ 14918, ГОСТ 16523, СП 20.13330, СП 16.13330, СП 128.13330;

- P и R – расчетная нагрузка и расчетное сопротивление, представляющие собой максимальную нагрузку и минимальное сопротивление (в статистически-вероятностном смысле) за срок службы несущих конструкций.

5.1.9 Уровень ответственности зданий и сооружений, а также численные значения коэффициента надежности по ответственности устанавливаются генеральным проектировщиком по согласованию с заказчиком в задании на проектирование, но не ниже значений, приведенных в ГОСТ Р 54257.

5.1.10 В проекте необходимо указать класс точности конструкций по изготовлению, который будет являться одним из исходных данных при разработке технологий изготовления и монтажа конструкций. В зависимости от класса точности и номинального размера конструкции по ГОСТ 23118 (таблица Б.1, приложение Б) выбирается значение максимального начального искривления элементов конструкции.

5.1.11 Расчет точности геометрических параметров каркасов НФС и их элементов выполняют по правилам и методикам ГОСТ 21780 при разработке рабочей документации и правил производства строительных работ.

5.1.12 Проектные решения по обеспечению полной собираемости конструкций должны опираться на данные расчета точности геометрических параметров. Допуски на точность технологических процессов приведены в ГОСТ 21779 и выбираются при проектировании на основании расчета точности.

5.1.13 Предельные отклонения геометрических параметров конструкций (элементов конструкций, изделий, сборочных единиц) должны быть указаны в рабочей документации, в стандартах или технических условиях на конструкции конкретного вида в соответствии с требуемыми эксплуатационными свойствами в реальных технологических условиях.

5.2 Требования по обеспечению надежности, механической безопасности и долговечности конструкций

5.2.1 Конструкции каркасов навесных фасадных систем и металлических облицовок должны обладать требуемой несущей способностью и живучестью при возможных неблагоприятных сочетаниях расчетных нагрузок и воздействий, которые могут возникнуть в процессе строительства и в течение расчетного срока службы сооружения или конструкции.

5.2.2 Расчетные ситуации, заложенные в проект, должны учитывать:

- все виды нагрузок и воздействий в соответствии с функциональным назначением и конструктивными решениями каркасов;
- климатические нагрузки и воздействия;
- изменения климатических (снеговых, ветровых, температурных, гололедных) и сейсмических нагрузок за срок службы сооружения;
- изменение расчетных сечений элементов каркаса с учетом коррозионных потерь;
- снижение расчетного сопротивления стали и алюминиевых сплавов по пределу текучести и изменению механических характеристик материала за срок службы сооружения;
- скорость коррозии в зависимости от формы сечения элемента и места его расположения (в открытой атмосфере, отапливаемом здании и др.), а также от вида агрессивных сред;
- усилия, вызываемые деформациями строительных конструкций каркасов и стен, и отклонениями геометрических параметров;
- воздействия опасных природных процессов и явлений, а также техногенные воздействия.

5.2.3 Предельные состояния, которые учитываются в расчетах и которые не должны достигаться конструкциями при действии расчетных значений нагрузок и воздействий в течение расчетного срока службы, характеризуются:

- разрушением конструкций всего навесного фасада, или его частей, включая прогрессирующее развитие разрушения в результате локальных повреждений;
- недопустимыми деформациями строительных конструкций и другими повреждениями, приводящими к необходимости прекращения дальнейшей эксплуатации объектов вследствие угрозы жизни и/или причинения вреда здоровью людей, окружающей среде и близко расположенным зданиям и сооружениям;
- снижением эксплуатационной пригодности строительных конструкций, приводящей к необходимости временного прекращения эксплуатации объекта и/или уменьшению сроков их службы.

5.2.4 При проектировании необходимо учитывать отрицательный эффект влияния на конструкции условий агрессивной среды (попеременное замораживание и оттаивание, наличие реагентов, воздействие морской воды и выбросов промышленных производств и т.д.) в соответствии с СП 28.13330.

5.2.5 Принятые проектные и конструктивные решения должны быть обоснованы результатами расчета по предельным состояниям несущей системы в целом, а также ее конструктивных элементов и соединений. При необходимости, расчеты выполняются на основании данных экспериментальных исследований. Расчетные положения должны учитывать все неблагоприятные ситуации, которые могут произойти во время строительства и эксплуатации. Конструктивные решения, для которых не существует надежных методов расчета, необходимо оценивать после экспериментальных исследований на моделях или натурных конструкциях.

5.2.6 Необходимые меры по обеспечению долговечности конструкций с учетом конкретных условий эксплуатации проектируемых объектов, а также расчетные сроки их службы, должен определять заказчик по предложению генерального проектировщика.

6 Требования к материалам несущих элементов каркасов

6.1 Стальные конструкции

6.1.1 Для стальных, сварных или штампованных кронштейнов фасадных систем, устанавливаемых с шагом, равным высоте этажа (установка кронштейнов в межэтажные перекрытия зданий) должен использоваться толстолистовой прокат по ГОСТ 27772 в соответствии с требованиями, предъявляемыми к сталям класса от С245-1 до С345-1; или стали 345-4 по ГОСТ19281; или Ст3 пс5-св по ГОСТ 535 для сортового и фасонного проката; или толстолистовая углеродистая сталь по ГОСТ 14637.

Допускается использование тонколистового проката по ГОСТ 14918 повышенной точности проката по толщине и ширине, нормальной плоскостности с обрезной кромкой и цинковым покрытием, с дополнительным защитным лакокрасочным покрытием, в соответствии с требованиями по коррозионной стойкости.

6.1.2 Для стальных, сварных или штампованных кронштейнов фасадных систем, устанавливаемых в ограждающие конструкции зданий, может использоваться прокат из листовой, холоднокатаной, углеродистой оцинкованной стали, марок стали 220, 250, 280, 320, 350, 390, 420 и 450, предназначенных для изготовления профилированных изделий, повышенной точности А, по ГОСТ 14918.

6.1.3 Механические характеристики холоднокатаной, листовой, углеродистой, оцинкованной стали по ГОСТ 14918 приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Механические характеристики холоднокатаной, оцинкованной стали.

Марка стали	Стандарт	Нормативное сопротивление, МПа		δ_4	Расчетное сопротивление, МПа		
		R_{yn}	R_{un}	%	R_y	R_s	R_{bp}
220	ГОСТ 14918	220	300	20	215	125	390
250		250	330	19	245	140	430
280		280	360	18	270	155	470
320		320	390	17	310	180	510
350		350	420	16	330	190	550
390		390	450	15	370	210	580
420		420	480	14	400	225	620
450		450	510	13	425	240	660
При расчёте временного сопротивления и предела текучести толщина покрытия не учитывалась. При определении предела текучести в общем случае, определялся условный предел текучести $\delta_{0,2}$ при наличии на диаграмме растяжения площадки текучести – физический предел текучести δ_T. Нормы относительного удлинения проката марок 390, 420 и 450 факультативны до 1 июля 2021 года.							

6.1.4 Стальные холодногнутые оцинкованные профили следует изготавливать из листового проката холоднокатаной углеродистой стали, оцинкованной в агрегатах непрерывного цинкования по ГОСТ 14918 толщиной от 0,5 до 4 мм, повышенной точности проката по толщине и по ширине, нормальной плоскостности с обрезной кромкой, с защитным покрытием, в соответствии с требованиями коррозионной стойкости объекта строительства.

6.1.5 Для вспомогательных деталей (оттяжки, крепежные элементы, опорные плиты и пр.) следует применять стали не ниже класса прочности С245 по ГОСТ 27772.

6.1.6 Противопожарные короба обрамления оконных проемов, экраны противопожарной отсеки должны быть выполнены из коррозионностойкой стали или из тонколистовой оцинкованной стали с защитным покрытием, в соответствии с требованиями коррозионной стойкости объекта строительства.

6.1.7 В тех случаях, когда фасадная система эксплуатируется в условиях слабо или среднеагрессивного воздействия среды, необходимо дополнительное покрытие полиэфирными порошковыми красками горячего отверждения, или применение горячеоцинкованного листа с полимерным покрытием в соответствии с требованиями СП 28.13330 и ГОСТ Р 34180.

6.1.8 Для конструктивных элементов из коррозионностойкой стали рекомендуется применять аустенитные, дуплексные аустенитно-ферритные и ферритные стали с химическим составом в соответствии с требованиями ГОСТ 5632 и механическими характеристиками, отвечающими требованиям ГОСТ 5582.

6.1.9 Характеристики горячекатаного и холоднокатаного проката из коррозионностойкой стали по ГОСТ 5582 и ASTM приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Механические характеристики горячекатаного и холоднокатаного проката из коррозионностойкой стали.

Марка стали	Стандарт	Нормативное сопротивление, МПа		Расчетное сопротивление, МПа		
		R_{yn}	R_{un}	R_y	R_s	R_{bp}
12X18H9	ГОСТ 5582	195	540	190	115	710
08X18H10		185	510	180	110	670
08X18H10T		205	530	200	120	700
12X18H10T		205	530	200	120	940
AISI 201	-	315	550	300	180	720
AISI 304		205	515	195	115	670
AISI 321		205	515	195	115	680
AISI 430		260	450	245	140	605

6.1.10 Расчётные сопротивления холодногнутых профилей следует определять по формулам, приведённым в таблице 6.3.

6.1.11 Если нормативные значения R_{yn} и R_{un} определяются по результатам приёмочных испытаний, то такие испытания должны проводиться в соответствии с ГОСТ 11701 с количеством образцов не менее 5.

6.1.12 Допускается применение других импортных сталей, показатели качества которых соответствуют вышеприведенным требованиям.

Таблица 6.3 – Расчетные сопротивления холодногнутых профилей в зависимости от напряженного состояния.

Напряженное состояние	Расчетные сопротивления
Растяжение, сжатие, изгиб	$R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m}$
Сдвиг	$R_s = \frac{0,58 \cdot R_{yn}}{\gamma_m}$
Смятие торцевой поверхности	$R_p = \frac{R_{un}}{\gamma_m}$
Смятие при плотном касании	$R_{lp} = \frac{0,5 \cdot R_{yn}}{\gamma_m}$

6.2 Конструкции из алюминиевых сплавов

6.2.1 Для каркасов НФС из алюминиевых сплавов следует применять прессованные профили по ГОСТ 22233. Листовые, гнутые элементы каркаса должны изготавливаться из алюминиевой ленты по ГОСТ 13726.

6.2.2 Основные нормативные и расчётные характеристики алюминиевых сплавов по ГОСТ 22233 и ГОСТ 13726 приведены в таблице 6.4.

6.2.3 Значения расчётных сопротивлений профилей из алюминиевых сплавов по ГОСТ 22233 и гнутых элементов каркаса по ГОСТ 13726, следует определять по формулам, приведенным в таблице 6.5.

Таблица 6.4 - Основные нормативные и расчётные характеристики алюминиевых сплавов.

Марка сплава	Состояние поставки	Толщина листа профиля, мм	Нормативное сопротивление, МПа		Расчётное сопротивление, МПа		
			R_{un}	R_{yn}	R	R_s	R_{bp}
ГОСТ 22233							
АД31 1310	T	Все размеры	127	69	60	35	115
	T5		157	118	100	60	140
	T1		196	147	120	70	175
AMgSi 6060	T4	≤ 25,0	120	60	55	30	107
	T5	≤5,0	160	120	100	60	140
		>5,0 ≤ 25,0	140	100	90	55	125
	T6	≤3,0	190	150	120	70	170
		>3,0 ≤ 25,0	170	140	105	60	150
	T64	≤ 15,0	180	120	110	65	160
AMg 0,7 Si 6063	T66	≤3,0	215	160	135	80	190
		>3,0 ≤ 25,0	195	150	120	70	174
	T4	≤ 25,0	130	65	60	35	115
	T5	≤3,0	175	130	110	65	155
		>3,0 ≤ 25,0	160	110	100	60	140
	T6	≤ 10,0	215	170	135	80	190

Марка сплава	Состояние поставки	Толщина листа профиля, мм	Нормативное сопротивление, МПа		Расчётное сопротивление, МПа		
			R_{un}	R_{yn}	R	R_s	R_{bp}
			>10,0 ≤ 25,0	195	160	120	70
	T64	≤ 15,0	180	120	110	65	1160
	T66	≤10,0	245	200	155	90	218
		>10,0 ≤ 25,0	225	180	140	85	200
ГОСТ 13726							
АДО	H2	≥0,8≤4,5	100	-	60	35	140
	H	≥0,8≤3,5 ≥3,5≤40,0	145 130	-	95	55	225
АМц	H2	≥0,3≤ 4,0	145	-	-	-	130
	H3	≥0,3≤ 4,0	165-235	-	-	-	162-209
	H	≥0,25≤ 4,0	185	-	-	-	165
АМr2	H1	≥0,3≤ 4,0	215-295	155	135	80	190-263
	H2	≥1,0≤ 4,0	235 – 315	175	145	85	210-280
	H3	≥0,3≤ 4,0	255 – 355	195	160	145	227
	H	≥1,0≤ 4,0	265	215	165	100	236
АМr3	O	≥5,0≤ 6,0	185	80	70	40	165
		>6,0≤ 10,5					
	M	≥0,5≤ 4,5	195	100	90	55	174
		>4,5≤ 10,5	185	80	70	40	165
	H2	≥0,7≤ 4,0	245	195	155	90	174
АМr5	O	≥5,0≤ 6,0 >6,0≤ 10,5	275	130	115	70	245
	M	≥0,6≤ 4,5 <4,5≤ 10,5	275	145 130	130 120	80 70	245
АМr6Б, АМr6	O	≥5,0 ≤ 10,5	315	155	140	85	280
	M	≥0,6≤ 10,5	315	155	140	85	280
	H	≥1,0≤ 4,0	375	275	235	140	334
Д1А, Д1	O	≥5,0 ≤ 10,5	355	185	170	100	316
1915	T	≥5,0 ≤ 10,5	265	165	150	90	236
Примечание: виды состояния поставки профиля из алюминиевых сплавов: - закалённые и естественно состаренные – Т, Т4; - закалённые и искусственно состаренные – Т1, Т6, Т64; - не полностью закалённые и искусственно состаренные – Т5; - закалённые и искусственно состаренные повышенной прочности – Т1(22), Т1(25), Т66; - нагартованные – Н; - нагартованные на три четверти – Н3; - полунагартованные – Н2; - нагартованные на четверть – Н1; - отожжённые – М; - без обработки – О.							

Таблица 6.5 – Расчетные сопротивления профилей из алюминиевых сплавов.

Напряженное состояние	Расчетные сопротивления профилей и гнутых элементов каркаса
Растяжение, сжатие, изгиб	R - наименьшее из R_y и R_u ; $R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m}$; $R_u = \frac{R_{un}}{\gamma_m \gamma_u}$; где: $\gamma_m = 1,1$; $\gamma_u = 1,45$
Сдвиг	$R_s = 0,6 \cdot R$
Смятие торцевой поверхности	$R_p = 1,6 \cdot R$
Смятие при плотном касании	$R_{lp} = 0,75 \cdot R$

6.3 Коэффициенты надежности по материалу

6.3.1 Коэффициенты надежности по материалу для элементов конструкций каркасов из стали и алюминиевых сплавов и стали следует назначать в соответствии с таблицей 6.6.

6.3.2 Для стального проката с пределом текучести до 350МПа значения $\gamma_m = 1,025$; для проката с пределом текучести 350МПа и выше значение $\gamma_m = 1,05$.

Таблица 6.6 - Коэффициенты надёжности по материалу.

Вид материала, изделия, соединения	Коэффициенты надёжности по материалу γ_m и γ_u
Для стального проката и труб при статистической процедуре контроля его свойств, γ_m	1,025
Для стального проката и труб при контроле его свойств без статистических процедур, γ_m	1,1
Для стального проката и труб, соответствующего требованиям СП 16.13330, γ_m	1,05
Для стального проката, поставляемого по зарубежным нормам, и соответствующего по механическим свойствам ГОСТ, γ_m	1,05
Для стального проката при расчете элементов конструкций по временному сопротивлению, коэффициент надёжности γ_u	1,3
Для листовых и прессованных профилей из алюминиевых сплавов, коэффициент надёжности γ_m	1,1
Для листовых и прессованных профилей из алюминиевых сплавов, дополнительный коэффициент надёжности γ_u	1,45

7 Крепежные изделия для соединений элементов каркаса

Для соединения конструкций и элементов каркаса НФС используют болтовые соединения, вытяжные заклепки и самонарезающие винты (в том числе самосверлящие). Прогнозируемый срок службы крепежных изделий должен быть не менее срока службы несущих конструкций каркаса. Подтверждение срока службы осуществляется на основании опытных данных или натурных испытаний.

7.1 Болтовые соединения

7.1.1 Химический состав сталей, механические и физические свойства болтов из углеродистой нелегированной или легированной стали должны соответствовать требованиям, изложенным в ГОСТ 1759.4 и ГОСТ ISO 898-1-2014.

7.1.2 При выборе материала для крепежных изделий из коррозионностойкой стали, предпочтение следует отдавать сталям аустенитного класса, обладающим большей долговечностью и коррозионной стойкостью по сравнению со сталями мартенситного и ферритного классов.

7.1.3 Химический состав сталей, механические и физические свойства болтов из аустенитной коррозионностойкой стали должны соответствовать требованиям, изложенным в ГОСТ ISO 3506-1. Механические свойства болтов из аустенитных марок сталей приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Механические свойства болтов из аустенитных марок сталей.

Марка стали	Класс прочности	Предел прочности на разрыв R_m , не менее, МПа	Условный предел текучести $R_{p0,2}$, не менее, МПа	Удлинение после разрыва A , не менее, мм
A1, A2	50	500	210	0,6d
A3, A4	70	700	450	0,4d
A5	80	800	600	0,3d

7.2 Соединения на самонарезающих винтах

7.2.1 Для соединения конструкций и элементов каркаса НФС, изготовленных из:

- листовой холоднокатаной, углеродистой оцинкованной стали с защитным покрытием или без покрытия;
- горячеоцинкованного стального листа с полимерным покрытием;
- коррозионностойкой стали;

должны применяться самонарезающие (самосверлящие) винты из аустенитной коррозионностойкой стали со сверлом из закаленной углеродистой стали.

Допускается применение винтов из углеродистой стали со специальными покрытиями, прошедшими испытания и имеющими заключения по коррозионной стойкости.

7.2.2 Для соединения конструкций и элементов каркаса НФС, изготовленных из алюминиевых сплавов, должны применяться самонарезающие (самосверлящие) винты из аустенитной коррозионностойкой стали.

7.2.3 Использование самонарезающих (самосверлящих) винтов из углеродистой стали с цинковым покрытием для соединения конструкций и элементов каркаса НФС не допускается.

7.2.4 Механические свойства самонарезающих винтов должны соответствовать требованиям ГОСТ ISO 2702 и технических условий фирм изготовителей.

7.3 Соединения на вытяжных заклепках

7.3.1 Для соединения конструкций и элементов каркаса НФС, изготовленных из:

- листовой холоднокатаной, углеродистой оцинкованной стали с защитным покрытием;
- горячеоцинкованного стального листа с полимерным покрытием;
- коррозионностойкой стали;
- алюминиевых сплавов

должны применяться вытяжные заклепки с телом и стержнем, изготовленными из аустенитной коррозионностойкой стали.

7.3.2 Для соединения конструкций и элементов каркаса НФС, изготовленных из не анодированных алюминиевых профилей, допускается применять вытяжные не анодированные заклепки из алюминиевого сплава AlMg3,5(5) со стержнем из аустенитной коррозионностойкой стали.

7.3.3 Для соединения конструкций и элементов каркаса НФС, изготовленных из алюминиевых профилей с защитным покрытием, допускается применять вытяжные анодированные заклепки из алюминиевого сплава AlMg3,5(5) со стержнем из аустенитной коррозионностойкой стали.

7.3.4 Применение в соединениях конструкций и элементов каркаса НФС вытяжных заклепок, в конструкции которых присутствуют детали из углеродистой стали с цинковым покрытием, не допускается.

7.3.5 Технические характеристики элементов вытяжных заклепок должны быть не ниже указанных в ГОСТ Р ИСО 15973, ГОСТ Р ИСО 15974, ГОСТ Р ИСО 15977, ГОСТ Р ИСО 15979, а также в технических условиях и проспектах фирм изготовителей.

8 Расчет линейных элементов каркасов НФС на прочность и устойчивость

8.1 Общие положения

8.1.1 В разделе приведены общие требования к проектированию и расчёту профилей, используемых в конструкциях каркасов НФС из оцинкованной холоднокатаной листовой стали, коррозионностойкой тонколистовой стали и из алюминиевых сплавов. Требования настоящего раздела стандарта не распространяются на профили с поперечными сечениями, у которых отношения ширины и высоты к их толщине выходят за пределы, указанные в таблице 8.1 для гнутых профилей из стали и в таблице 8.2 для прессованных профилей из алюминиевых сплавов. Предельные значения отношений, приведенные в таблицах, ограничены областью, по которой есть необходимый опыт применения и проведены испытания. Значения отношений, превышающие указанные, могут быть использованы при проектировании профилей при условии проверки их эксплуатационной пригодности путем проведения испытаний.

8.1.2 Изложенный в разделе материал не относится к замкнутым полым профилям круглого, квадратного и прямоугольного сечения, полученным в процессе прокатки, профилирования и сварки или экструдирования.

Таблица 8.1 – Максимальные значения отношений ширины и высоты элементов сечения к толщине гнутых профилей из стали.

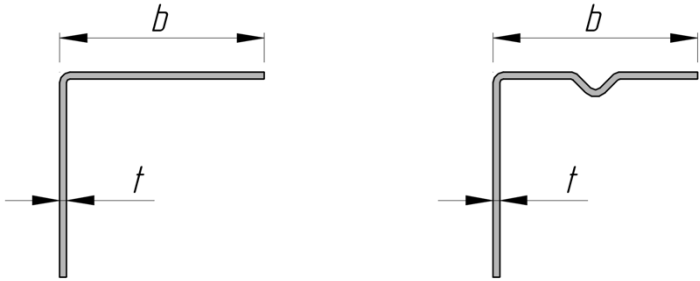
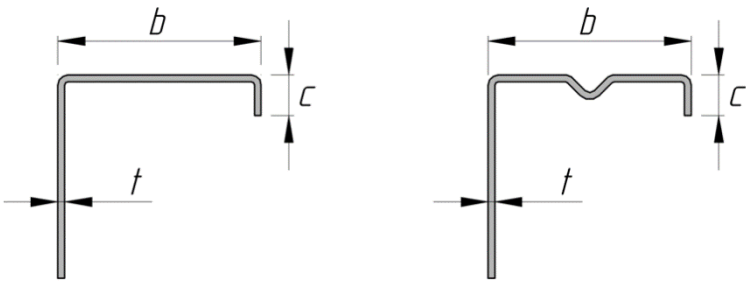
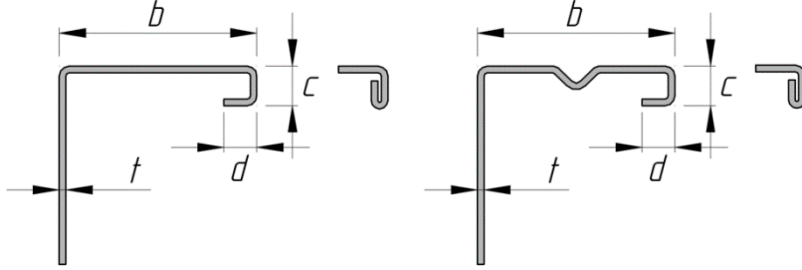
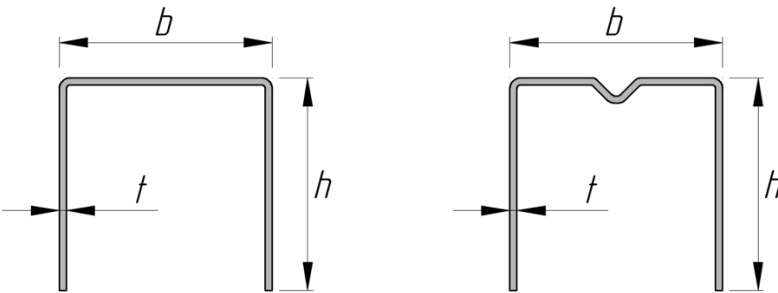
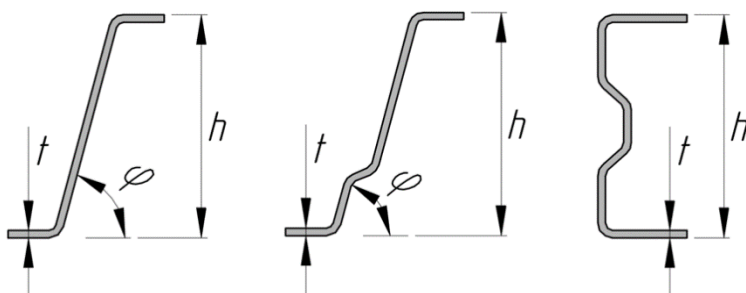
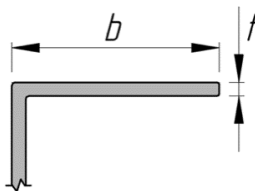
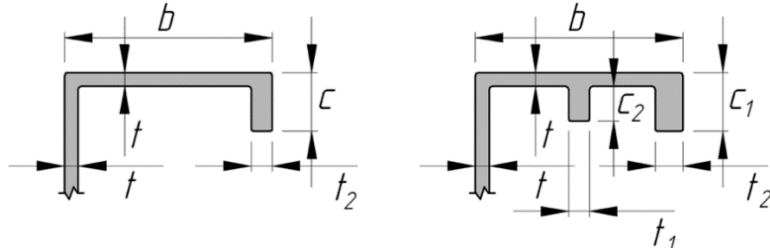
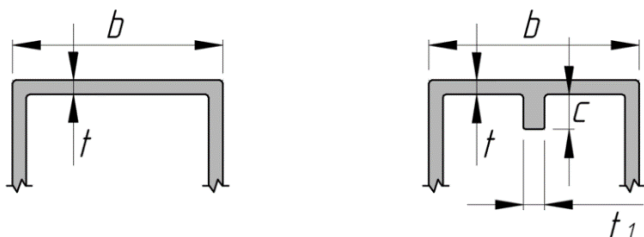
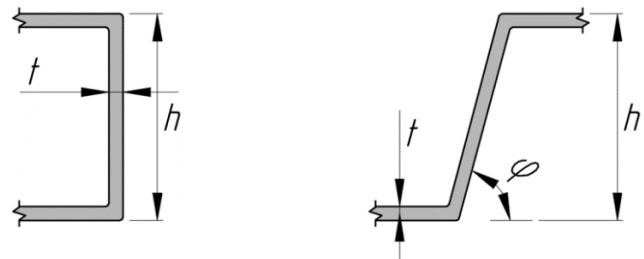
Элементы поперечного сечения	Максимальное значение
	$b/t \leq 60$
	$b/t \leq 100$ $c/t \leq 40$
	$b/t \leq 100$ $c/t \leq 50$ $d/t \leq 40$
	$b/t \leq 100$ $h/t \leq 300$
	$h/t \leq 300 \sin \varphi$ $45^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$

Таблица 8.2 – Максимальные значения отношений ширины и высоты элементов сечения к толщине
прессованных профилей из алюминиевых сплавов.

Элементы поперечного сечения	Максимальное значение
	$b/t \leq 50$
	$b/t \leq 85$ $c(c_1)/t \leq 40$ $c_2/t \leq 35$ $t \leq t_1 \leq t_2$
	$b/t \leq 85$ $c/t \leq 35$ $t \leq t_1$
	$h/t \leq 250 \sin \varphi$ $45^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$

8.1.3 Для обеспечения необходимой жесткости и исключения преждевременной потери устойчивости, размеры краевых элементов жесткости и полок профилей должны быть в следующих пределах:

$$0,2 \leq \frac{c}{b} \leq 0,5 \quad - \text{ для стали и алюминиевых сплавов;} \quad (8.1)$$

$$0,1 \leq \frac{d}{b} \leq 0,25 \quad - \text{ для стали.} \quad (8.2)$$

Размеры b , c и d показаны в таблице 8.1. Размеры b и c показаны в таблице 8.2. Если $c/b < 0,2$ или $d/b < 0,1$, то отгиб не учитывается как элемент жёсткости и в расчёте поперечного сечения принимается ($c = 0$ или $d = 0$).

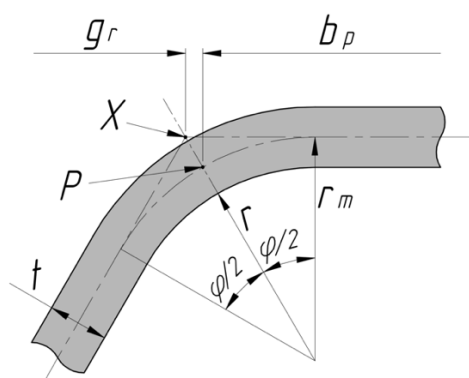
Примечание 1: Если геометрические характеристики эффективного поперечного сечения определены испытаниями, то эти ограничения не учитываются.

Примечание 2: Размер отгиба c измеряется перпендикулярно полке, даже если он расположен под другим углом по отношению к ней.

8.1.4 Общие размеры тонкостенных, холодногнутых стальных элементов и прессованных алюминиевых профилей (ширина b , высота h , и др.) измеряют от поверхности профиля (см. таблицы 8.1 и 8.2).

8.1.5 При расчете тонкостенных участков поперечного сечения профилей расчетная ширина поперечного сечения элемента b_p назначается как расстояние между внутренними гранями стенок или между стенкой и внутренней гранью ребра элемента жесткости. Для профилей, полученных методами гнутья или профилирования из листов и лент b_p назначается в соответствии с рисунком 8.1.

8.1.6 В расчетах стальных гнутых профилей следует принимать обозначения осей в сечении элементов профиля, как это показано в СП 260.1325800. В расчетах алюминиевых прессованных и гнутых профилей следует принимать обозначения осей в сечении элементов профиля, как это показано в СТО 22594804-001-2021 или как обозначение осей для алюминиевых профилей, приведенное на рисунке 8.2.



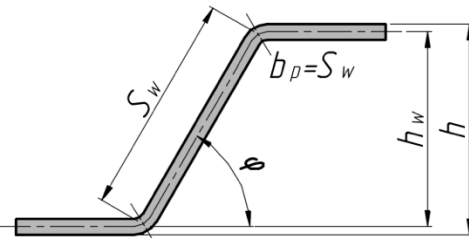
(1) средняя точка угла или изгиба

X — пересечение средних линий;

P — средняя точка угла;

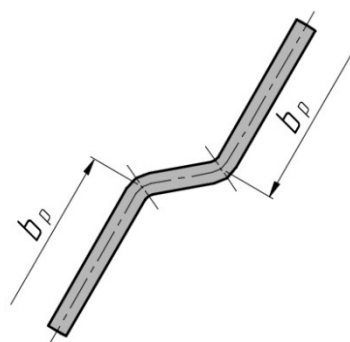
$$r_m = r + t/2;$$

$$g_r = r_m \cdot \left[\operatorname{tg} \left(\frac{\varphi}{2} \right) - \sin \left(\frac{\varphi}{2} \right) \right]$$



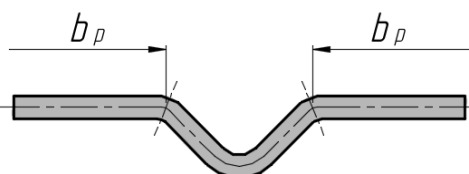
(2) расчётная ширина b_p для стенки

(b_p = длине образующей S_w);



(3) расчётная ширина b_p плоских частей,

примыкающих к ребрам жесткости стенки;



(4) расчётная ширина b_p прямых частей,

примыкающих к ребру жесткости полки

Рисунок 8.1 — Условные величины ширины b_p плоских частей поперечного сечения с учетом радиусов закругления.

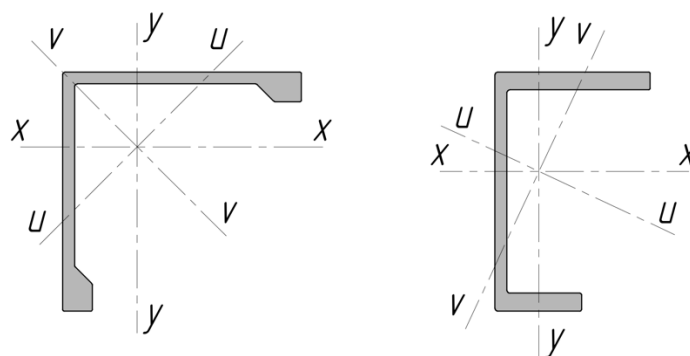
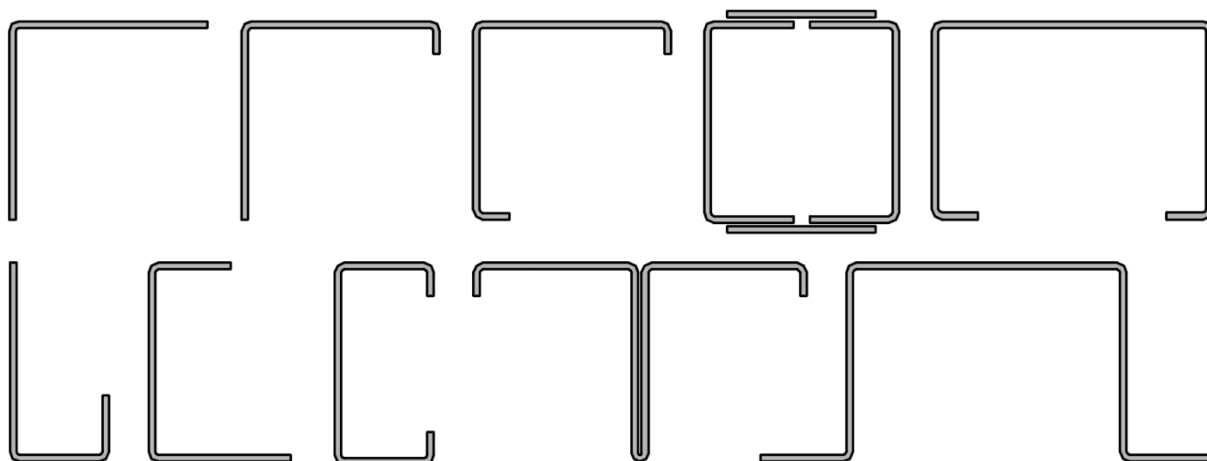
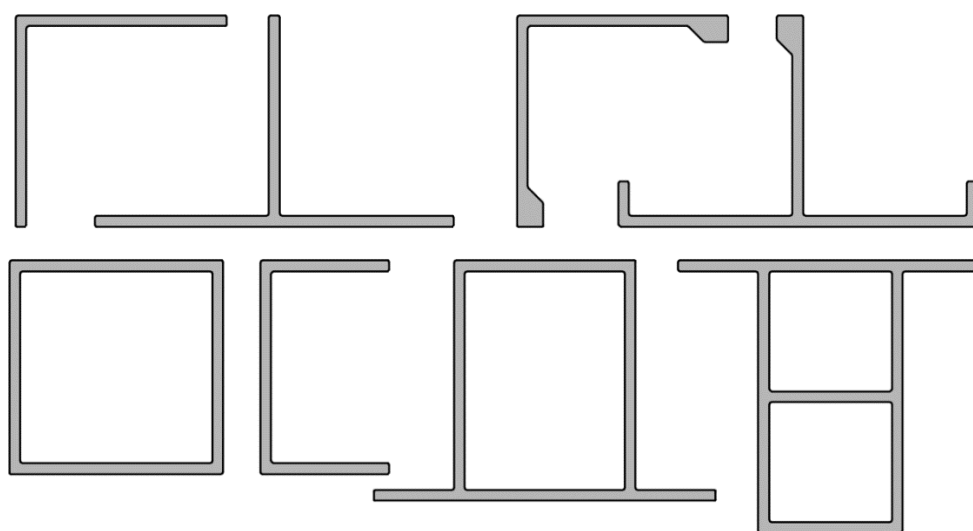


Рисунок 8.2 – Обозначения осей для сечений алюминиевых профилей.

8.1.7 Формы сечений тонкостенных гнутых стальных профилей и прессованных алюминиевых профилей зависят от требований, предъявляемых проектировщиками. Наибольшее распространение получили профили, показанные на рисунке 8.3.



а) сечения холодногнутых профилей из оцинкованной и коррозионностойкой стали;



б) сечения профилей из алюминиевых сплавов.

Рисунок 8.3 – Распространенные формы поперечных сечений несущих профилей НФС.

8.1.8 Гибкие пластинчатые элементы гнутых профилей должны быть укреплены продольными элементами жесткости. Краевые и промежуточные элементы жесткости для холодногнутых профилей из листовой стали показаны на рисунке 8.4.

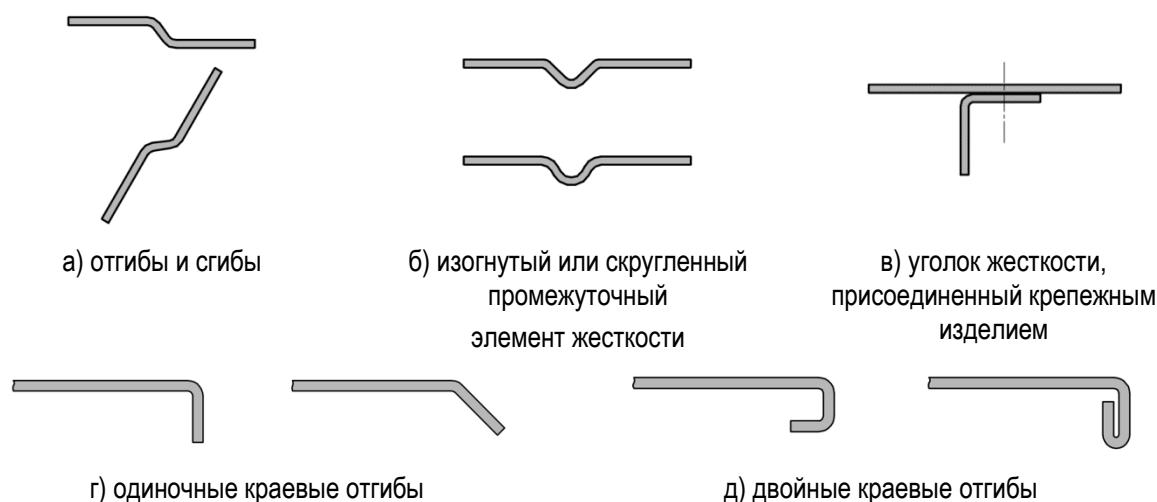


Рисунок 8.4 – Типичные формы элементов жесткости стальных гнутых профилей.

8.1.9 Типичные формы продольных элементов жесткости для прессованных профилей из алюминиевых сплавов приведены на рисунке 8.5. Если элементы профиля имеют поверхностное рифление, то толщину элемента определяют как сумму половину высоты рифления и толщины сплошной части.



Рисунок 8.5 - Типичные формы элементов жесткости экструдированных алюминиевых профилей.

8.1.10 Местные изгибные отклонения линейных элементов, возникающие в процессе изготовления, учтены в формулах определения несущей способности элементов по устойчивости. Относительные начальные местные изгибные несовершенства элементов e_0/L (e_0 – величина начального местного несовершенства профиля длиной L), при плоской форме потери устойчивости для стержней, изготовленных из оцинкованной и коррозионностойкой стали приведены в таблице 8.3.

Таблица 8.3 – Расчетные значения начального местного изгибного несовершенства e_0/L

Элементы из оцинкованной и коррозионностойкой стали. Для кривых ψ потери устойчивости по СП 16.13330 при упругом расчете для кривых		
a	b	c
1/300	1/250	1/200
Элементы из алюминиевых сплавов. Для кривых ψ потери устойчивости по СП 128.13330 при упругом расчёте для кривых		
Сечения тип. 1 Таблица Г2	Сечения тип. 2 Таблица Г3	Связи и распорки
1/300	1/250	1/250

8.1.11 Стальные конструкции каркасов из толстостенных горячекатаных профилей и элементов, изготовленных из листовой стали толщиной более 4мм, которые по НДС можно отнести к трем первым классам поперечных сечений, следует проектировать по СП 16.13330 и положениям настоящего СТО.

8.1.12 Стальные конструкции каркасов из тонкостенных гнутых профилей из оцинкованной углеродистой или коррозионностойкой стали толщиной менее 4 мм, которые по НДС можно отнести к четвёртому классу поперечных сечений, следует проектировать по СП 260.1325800. Эти конструкции следует проектировать в соответствии с изложенными в СП основными расчётными требованиями с учётом назначения и условий работы конструкций и дополнительными требованиями, изложенными в настоящем СТО.

8.1.13 Расчет или подбор поперечных сечений прессованных и гнутых профилей из алюминиевых сплавов, когда сечения отвечают параметрам обеспечения устойчивости (по отношению ширины пластинки или размера краевого элемента жесткости к толщине пластинки), следует вести в соответствии с требованиями СП 128.13330 и требованиями настоящего СТО.

8.1.14 Если потеря устойчивости прессованных и гнутых профилей из алюминиевых сплавов может наступить до достижения расчетных напряжений в сжатых частях поперечных сечений, то расчёт следует вести в соответствии с СТО 22594804-001-2021 и требованиями настоящего СТО.

8.2 Учет потери местной устойчивости сжатых плоских частей элементов поперечного сечения

8.2.1 В тех случаях, когда сжатые плоские части сечений теряют местную устойчивость до достижения элементом расчётного сопротивления, расчёт следует вести с учётом редуционных коэффициентов, как это изложено в пунктах настоящего раздела, а также в СТО 22594804-001-2021.

8.2.2 Потерю местной устойчивости сжатой или частично сжатой части поперечного сечения профиля следует учитывать, используя эффективную площадь сечения A_{ef} . Эффективную площадь сечения возможно получить, основываясь либо на эффективной ширине b_{ef} , либо на эффективной толщине сжатых частей сечения t_{ef} . Эти параметры сечения находят для эффективной ширины как $b_{ef} = \rho b_p$, и для эффективной толщины сечения как $t_{ef} = \rho t$, где ρ - понижающий коэффициент, учитывающий местную потерю устойчивости сжатой части сечения.

Условную прямую ширину плоской части поперечного сечения следует определять, как b_p . В случае расчёта плоских частей поперечного сечения в наклонной стенке следует использовать соответствующую длину образующей.

8.2.3 Понижающий коэффициент ρ для определения b_{ef} и t_{ef} должен быть основан на наибольшем, расчетном значении сжимающего напряжения σ_{com} в соответствующей части поперечного сечения (вычисленном для сжатых полок на основании расчёта полного поперечного сечения, для сжатых стенок - на

основании эффективного поперечного сечения), когда достигнуто равновесное состояние между сопротивлением поперечного сечения и внешними воздействиями.

8.2.4 Для пластинок, защемленных по двум продольным сторонам, если $\sigma_{com} = R_y(R)$, понижающий коэффициент ρ находят из следующих выражений:

$$\rho = 1,0; \quad \text{если} \quad \bar{\lambda}_p \leq \bar{\lambda}_{lim}; \quad (8.3)$$

$$\rho = \alpha \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2}; \quad \text{если} \quad \bar{\lambda}_p > \bar{\lambda}_{lim}; \quad (8.4)$$

где: $\bar{\lambda}_p$ – гибкость пластины;

для углеродистой и коррозионностойкой стали с расчётным сопротивлением $R_y = 235 \text{ МПа}$ и $E = 210000 \text{ МПа}$:

$$\bar{\lambda}_p = \frac{b_p}{t} \sqrt{\frac{12 \cdot 1(1 - \nu^2) \cdot R}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} = \frac{b_p}{28,4 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} \quad \text{при этом} \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{R_y}}; \quad (8.5)$$

для алюминиевых сплавов с расчётным сопротивлением $R = 100 \text{ МПа}$:

$$\bar{\lambda}_p = \frac{b_p}{25,14 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}}; \quad \text{при этом} \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{100}{R}}; \quad (8.6)$$

ψ – отношение напряжений по продольным кромкам пластинок (меньшего напряжения к большему, с учетом знака, сжатие считают положительным) по таблицам 8.7- 8.10;

k_σ – соответствующий коэффициент распределения напряжений в сжатой пластинке при потере устойчивости из таблиц 8.7- 8.10;

t – толщина пластинки, мм;

b_p – расчетная ширина пластинки, мм;

$\bar{\lambda}_{lim}$ и α – параметры со значениями из таблицы 8.3.

Таблица 8.3 – Параметры $\bar{\lambda}_{lim}$ и α для расчета пластинок, защемленных по двум продольным сторонам.

Вид металла	$\bar{\lambda}_{lim}$	α
Углеродистая и коррозионностойкая сталь	0,673	1,0
Алюминиевый сплав	0,517	0,90

8.2.5 Для пластинок, защемленных по одной продольной стороне, если $\sigma_{com} = R_y(R)$, понижающий коэффициент ρ находят из следующих выражений:

$$\rho = 1,0; \quad \text{если} \quad \bar{\lambda}_p \leq \bar{\lambda}_{lim};$$

$$\rho = \alpha \cdot \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2}; \quad \text{если} \quad \bar{\lambda}_p > \bar{\lambda}_{lim}; \quad (8.7)$$

где: $\bar{\lambda}_p$ – гибкость пластины, находят из выражений 8.5 и 8.6;
 k_σ – соответствующий коэффициент распределения напряжений в сжатой пластинке при потере устойчивости из таблиц 8.8 - 8.10;
 $\bar{\lambda}_{lim}$ и α – параметры со значениями из таблицы 8.4.

Таблица 8.4 – Параметры $\bar{\lambda}_{lim}$ и α для расчета пластинок, защемленных по одной продольной стороне.

Вид металла	$\bar{\lambda}_{lim}$	α
Углеродистая и коррозионностойкая сталь	0,748	1,0
Алюминиевый сплав	0,632	0,90

8.2.6 Если в сжатой части элемента поперечного сечения значения сжимающего напряжения $\sigma_{com} < R_y(R)$, понижающий коэффициент ρ можно определить следующим образом:

- используют выражения (8.4 и 8.5 или 8.6) или (8.7 и 8.5 или 8.6) с заменой гибкости пластинки $\bar{\lambda}_p$ на пониженную гибкость пластинки $\bar{\lambda}_{p,red}$;
- пониженную гибкость пластины вычисляют по формуле:

$$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\frac{\sigma_{com}}{R_y(R)}}; \quad (8.8)$$

8.2.7 Максимальные отношения ширины пластинки к ее толщине, при которых исключается местная потеря устойчивости, для максимальных значений сжимающего напряжения $\sigma_{com} \leq R_y(R)$, для углеродистой и коррозионностойкой стали приведены в таблице 8.5; для алюминиевых сплавов - в таблице 8.6.

8.2.8 В тех случаях, когда отношение ширины пластинки к ее толщине превышает указанное в таблицах 8.5 и 8.6, значение коэффициента ρ следует рассчитывать в соответствии с указаниями настоящего стандарта, СП 260.1325800 и СТО 22594804-001-2021.

Таблица 8.5 - Максимальные отношения ширины неподкрепленной стальной пластинки к её толщине, при которых исключается местная потеря устойчивости.

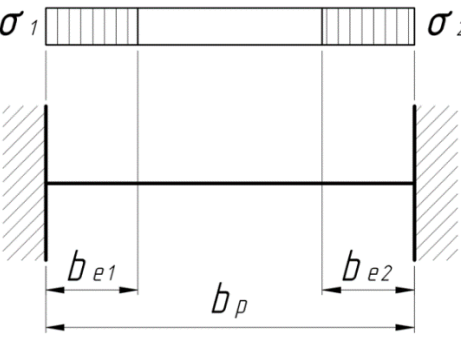
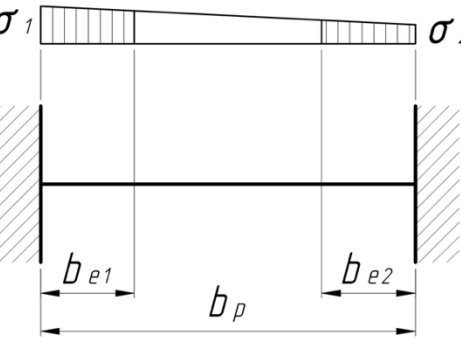
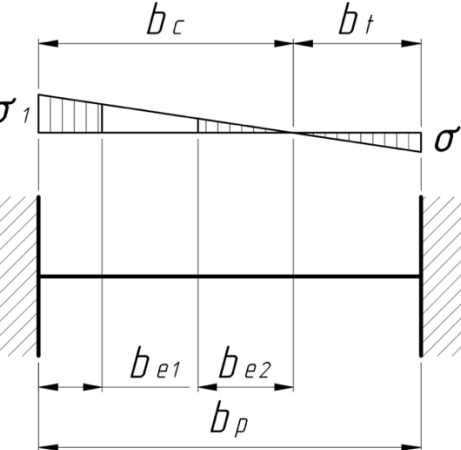
Тип заземления пластинки по продольным сторонам и распределение сжимающих напряжений	Значения расчетного сопротивления R_y					
	≤ 235	245	255	285	345	370
	Максимальные значения b_p/t					
Равномерно сжатые полки						
По двум сторонам пластинки $(k_\sigma = 4,0)$	50	46	42	40	37	35
По одной стороне пластинки $(k_\sigma = 0,43)$	16	15	14	13	12	11,5

Тип заземления пластинки по продольным сторонам и распределение сжимающих напряжений	Значения расчетного сопротивления R_y					
	≤ 235	245	255	285	345	370
	Максимальные значения b_p/t					
Изгибаемые стенки, заземленные по двум кромкам						
$\psi = -1,0$	63	58	53	50	47	44
$\psi = -1,5$	78	71	66	62	58	55
$\psi = -2,0$	95	87	80	75	71	67
Изгибаемые стенки, заземленные по одной кромке						
$\psi = -1,5$	44,0	43,5	43,3	43,2	43,0	42,8
$\psi = -2,0$	39,0	38,6	38,3	38,1	37,8	37,5
$\psi = -3,0$	35,6	35,0	34,3	33,7	33,0	32,3

Таблица 8.6 - Максимальные отношения ширины неподкрепленной пластинки из алюминиевого сплава к её толщине, при которых исключается местная потеря устойчивости.

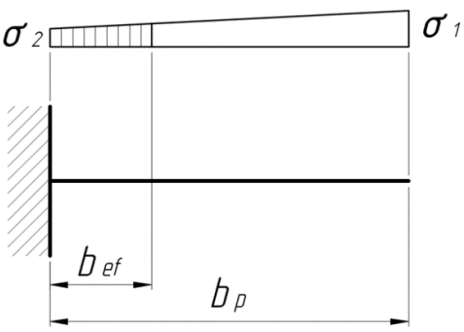
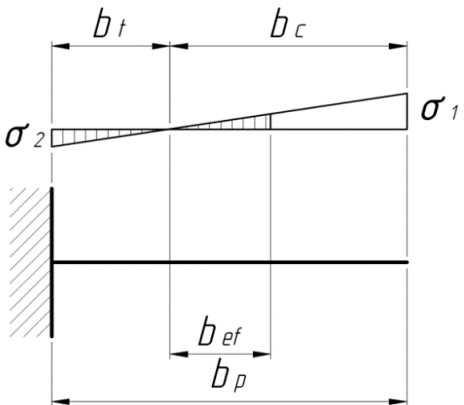
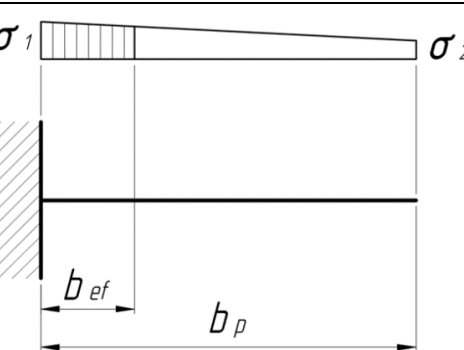
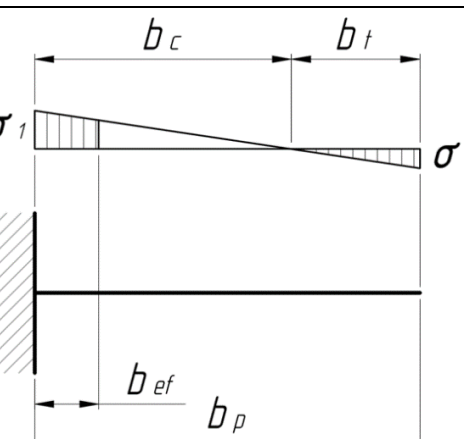
Тип заземления пластинки по продольным сторонам и распределение сжимающих напряжений	Значения расчетного сопротивления R						
	≤ 100	120	140	160	180	200	220
	Максимальные значения b_p/t						
Равномерно сжатые полки							
По двум сторонам пластинки ($k_\sigma = 4,0$)	50	46	42	40	37	35	34
По одной стороне пластинки ($k_\sigma = 0,43$)	16	15	14	13	12	11,5	11
Изгибаемые стенки, заземлённые по двум кромкам							
$\psi = -1,0$	63	58	53	50	47	44	42
$\psi = -1,5$	78	71	66	62	58	55	53
$\psi = -2,0$	95	87	80	75	71	67	64
Изгибаемые стенки, заземлённые по одной кромке							
$\psi = -1,5$	44,0	43,5	43,3	43,2	43,0	42,8	42,5
$\psi = -2,0$	39,0	38,6	38,3	38,1	37,8	37,5	37,2
$\psi = -3,0$	35,6	35,0	34,3	33,7	33,0	32,3	31,7

Таблица 8.7 – Редуцирование шириной сжатых пластинок. Защемление пластинок по двум продольным сторонам. Коэффициент распределения напряжений в пластинке k_σ .

Часть поперечного сжатого сечения, сжатие – положительно (+)	$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	Коэффициент распределения напряжений k_σ^*
		Эффективная ширина b_{ef}
	$\psi = +1$	$k_\sigma = 4,0$
		$b_{ef} = \rho \cdot b_p$ $b_{e1} = 0,5b_{ef}; b_{e2} = 0,5b_{ef}$
	$0 \leq \psi < +1$	$k_\sigma = \frac{8,2}{1,05 + \psi}$ При $\psi = 0$ $k_\sigma = 7,81$
		$b_{ef} = \rho \cdot b_p$ $b_{e1} = \frac{2}{5 - \psi} b_{ef};$ $b_{e2} = b_{ef} - b_{e1}$
	$-1 \leq \psi < 0$	$k_\sigma = 7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2;$ При $\psi = -1$ $k_\sigma = 23,9$
	$-3 < \psi < -1$	$k_\sigma = 5,98(1 - \psi)^2;$
	$\psi < 0$	$b_{ef} = \rho \cdot b_c = \rho \cdot b_p / (1 - \psi);$ $b_{e1} = 0,4 \cdot b_{ef} \quad b_{e2} = 0,6 \cdot b_{ef}$

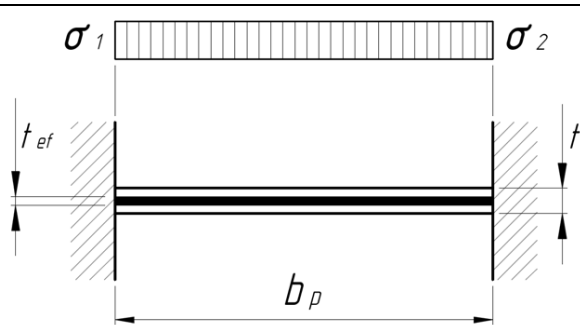
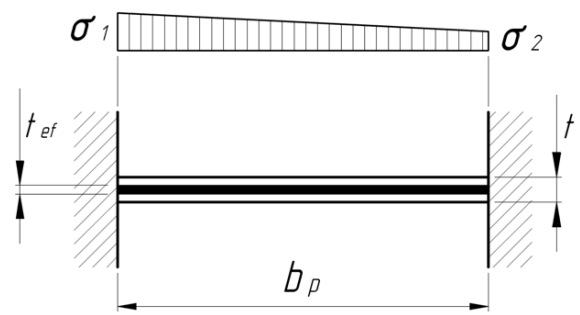
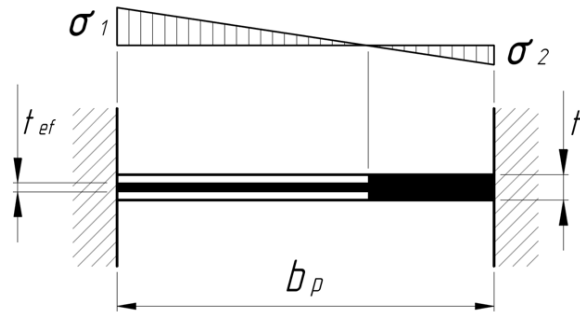
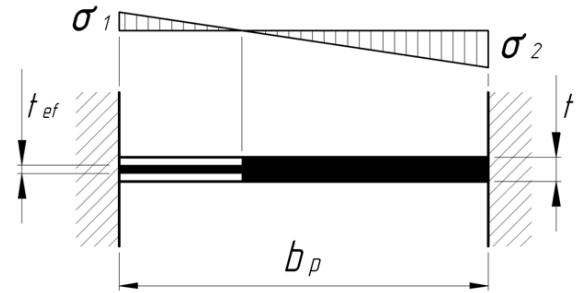
* Коэффициент k_σ рассчитывают с учетом знака коэффициента ψ .

Таблица 8.8 – Редуцирование шириной сжатых пластинок. Защемление пластинок по одной продольной стороне. Коэффициент распределения напряжений в пластинке k_σ .

Часть поперечного сжатого сечения, сжатие – положительно (+)	$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	Коэффициент распределения напряжений k_σ^*
		Эффективная ширина b_{ef}
	$0 \leq \psi \leq +1$	$k_\sigma = 0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$ При $\psi = 1$ $k_\sigma = 0,43$ При $\psi = 0$ $k_\sigma = 0,57$
		$b_{ef} = \rho \cdot b_p$
	$-3 \leq \psi < 0$	$k_\sigma = 0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$ При $\psi = -1$ $k_\sigma = 0,85$
		$b_{ef} = \rho \cdot b_c = \rho \cdot b_p / (1 - \psi);$
	$0 < \psi \leq +1$	$k_\sigma = \frac{0,58}{0,34 + \psi};$ При $\psi = +1$ $k_\sigma = 0,43$
		$b_{ef} = \rho \cdot b_p$
	$-1 \leq \psi \leq 0$	$k_\sigma = 1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$ При $\psi = 0$ $k_\sigma = 1,7$ При $\psi = -1$ $k_\sigma = 23,8$
		$b_{ef} = \rho \cdot b_c = \rho \cdot b_p / (1 - \psi);$

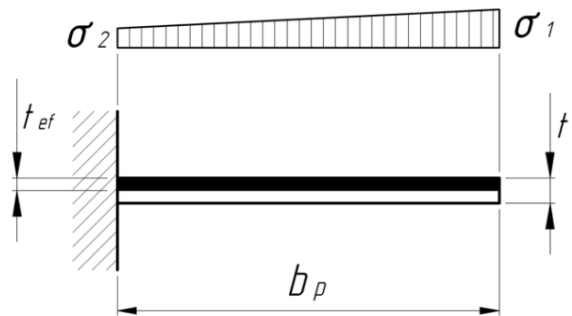
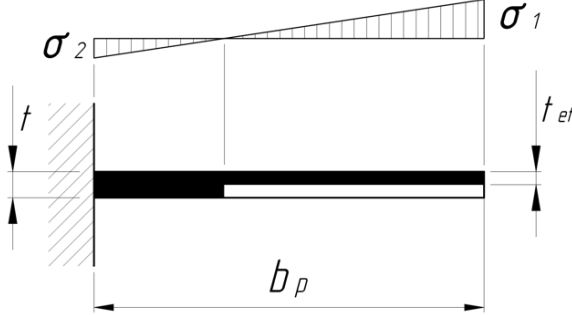
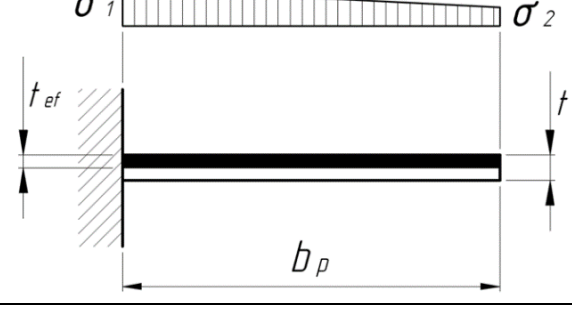
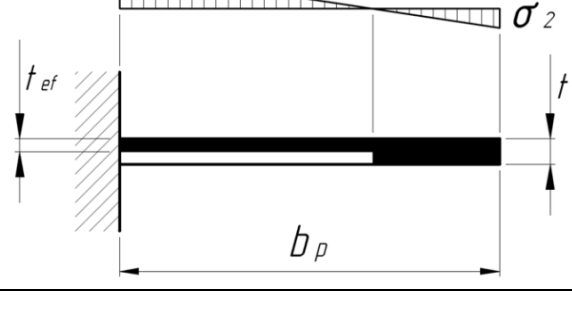
* Коэффициент k_σ рассчитывают с учетом знака коэффициента ψ .

Таблица 8.9 – Редуцирование толщиной сжатых пластинок. Защемление пластинок по двум продольным сторонам. Коэффициент распределения напряжений в пластинке k_σ .

Часть поперечного сжатого сечения (сжатие – положительно (+))	$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	Коэффициент распределения напряжений k_σ^*
	$\psi = +1$	$k_\sigma = 4,0$
	$0 \leq \psi < +1$	$k_\sigma = \frac{8,2}{1,05 + \psi}$ При $\psi = 0$ $k_\sigma = 7,81$
	$-1 \leq \psi < 0$	$k_\sigma = 7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2;$ При $\psi = -1$ $k_\sigma = 23,9$
	$-3 < \psi < -1$	$k_\sigma = 5,98(1 - \psi)^2;$

* Коэффициент k_σ рассчитывают с учетом знака коэффициента ψ .

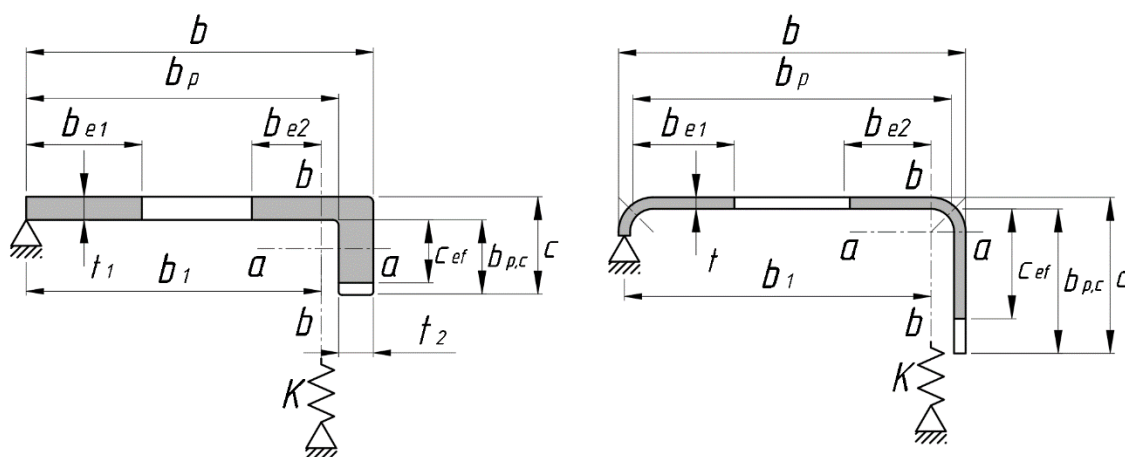
Таблица 8.10 – Редуцирование толщиной сжатых пластинок. Защемление пластинок по одной продольной стороне. Коэффициент распределения напряжений в пластинке k_σ .

Часть поперечного сжатого сечения сжатие – положительно (+)	$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	Коэффициент распределения напряжений k_σ^*
	$0 \leq \psi \leq +1$	$k_\sigma = 0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$ При $\psi = +1$ $k_\sigma = 0,43$ При $\psi = 0$ $k_\sigma = 0,57$
	$-3 \leq \psi < 0$	$k_\sigma = 0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$ При $\psi = -1$ $k_\sigma = 0,85$
	$0 < \psi \leq +1$	$k_\sigma = \frac{0,58}{0,34 + \psi}$ При $\psi = +1$ $k_\sigma = 0,43$
	$-1 \leq \psi \leq 0$	$k_\sigma = 1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$ При $\psi = 0$ $k_\sigma = 1,7$ При $\psi = -1$ $k_\sigma = 23,8$

* Коэффициент k_σ рассчитывают с учетом знака коэффициента ψ .

8.3 Плоские части поперечного сечения, усиленные продольными элементами жесткости

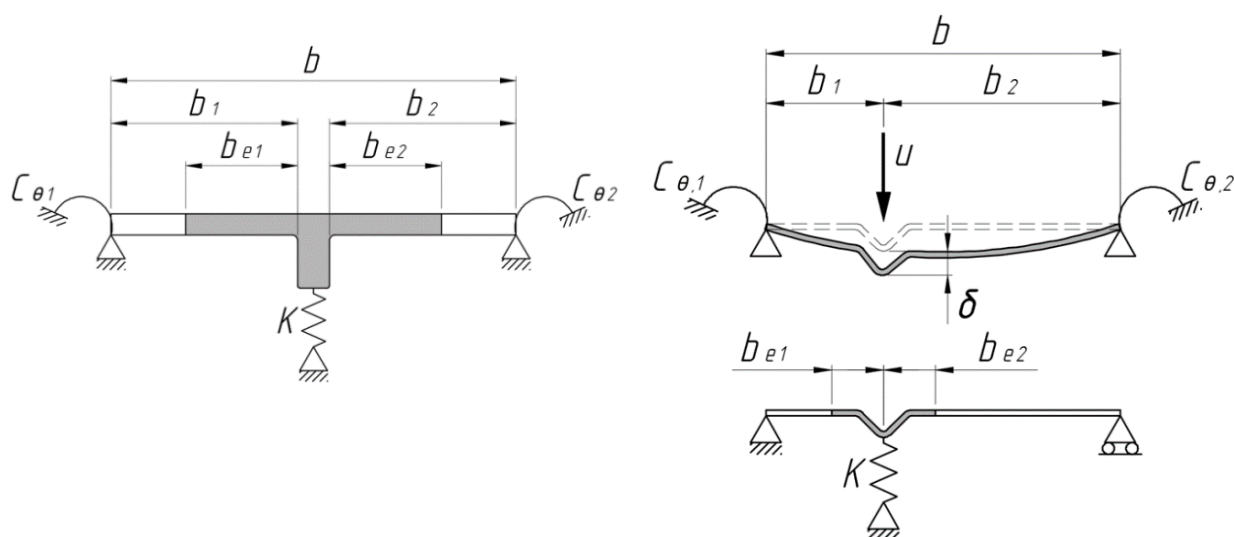
8.3.1 Для повышения жесткости и несущей способности пластин, составляющих поперечное сечение профилей, они усиливаются краевыми (рисунок 8.6) и промежуточными (рисунок 8.7) элементами жесткости. Проектирование сжатых частей поперечного сечения с краевыми и промежуточными ребрами жесткости должно быть основано на предположении о том, что ребро жесткости ведет себя как сжатый элемент с непрерывным частичным защемлением и с жесткостью, зависящей от граничных условий и изгибной жесткости соседних частей поперечного сечения, влияние которых имитируется жесткостью условной пружины.



а) краевое ребро жёсткости
прессованных профилей.

б) краевое ребро жёсткости
гнутых профилей.

Рисунок 8.6 – Виды усиления плоских пластин краевыми ребрами жёсткости.



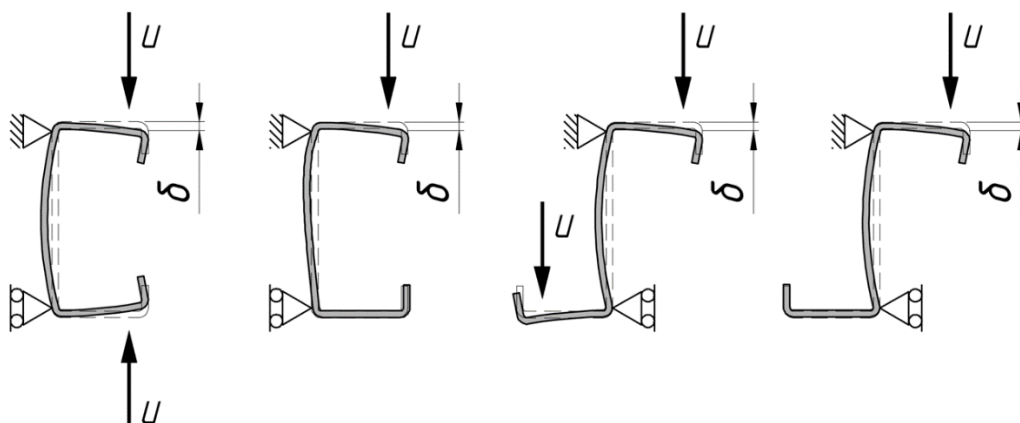


Рисунок 8.7 – Виды усиления плоских пластин промежуточными ребрами жесткости.
Схемы к определению жесткости связей ребер жесткости.

8.3.2 Жесткость упругоподатливых связей ребра должна определяться посредством приложения удельной нагрузки u на единицу его длины, как показано на рисунке 8.7. Жесткость пружины K на единицу длины можно определить по формуле:

$$K = u/\delta; \quad (8.9)$$

где: δ — прогиб полосы поперечной пластины от удельной нагрузки u , действующей в центре (b_1) эффективной части ребра жесткости.

8.3.3 Для краевого элемента жесткости перемещение δ определяется по формуле:

$$\delta = \theta b_p + \frac{u b_p^3}{3} \cdot \frac{12(1 - \nu^2)}{E t^3}; \quad (8.10)$$

Для промежуточного элемента жесткости перемещение δ следует определять по формуле:

$$\delta = \frac{u \cdot b_1^2 \cdot b_2^2}{3 \cdot (b_1 + b_2)} \cdot \frac{12(1 - \nu^2)}{E \cdot t^3}; \quad (8.11)$$

где: θ — угол наклона краевого ребра;
 ν — коэффициент Пуассона (для металла 0,3);
 E — модуль упругости металла.

8.3.4 Начальное эффективное сечение сжатой полки определяется в предположении, что жесткость, накладываемая краевым отгибом на полку $K_1 = \infty$ и напряжение равно R_y .

8.3.5 Начальные значения эффективной ширины b_{e1} и b_{e2} , приведенные на рисунке 8.6, определяются по п.8.2 с допущением, что плоский элемент (b_p) оперт по двум сторонам.

8.3.6 Критическое напряжение потери устойчивости $\sigma_{cr,s}$ для промежуточного ребра жесткости находят по формуле:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{2 \cdot \sqrt{K_1 \cdot E \cdot I_S}}{A_S}; \quad (8.12)$$

где: I_S — момент инерции эффективного сечения отгиба, определенный по эффективной площади A_S относительно центральной оси а–а эффективного поперечного сечения;
 K_1 — жесткости связи как условная жесткость пружины на единицу длины.

8.3.7 Для краевых элементов выражение жесткости связи K_1 для сжатой полки определяется как:

$$K_1 = \frac{E \cdot t^3}{4 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{1}{b_1^2 \cdot h_w + b_1^3 + 0,5 \cdot h_w \cdot k_f \cdot b_1 \cdot b_2}; \quad (8.13)$$

где: b_1 — расстояние от пересечения стенки и полки до центра тяжести эффективной площади краевого отгиба (включая эффективную часть b_2 полки) на сжатой полке (см. рисунок 8.6);
 b_2 — расстояние от пересечения стенки и полки до центра тяжести эффективной площади краевого отгиба (включая эффективную часть полки) на сжатой полке 1;
 h_w — высота стенки;
 $k_f = 0$ — если нижняя полка растянута (т.е. для балки, изгибаемой относительно оси x–x);
 $k_f = 1$ — для сжатого симметричного сечения.

8.3.8 Для промежуточного элемента жесткости перемещение следует определять в качестве приближенного решения, значения изгибной жесткости пружин $C_{\theta,1}$ и $C_{\theta,2}$ можно принять равными нулю, а прогиб δ можно получить по формуле:

$$\delta = \frac{12(1 - \nu^2)}{Et^3} \cdot \frac{ub_1^2b_2^2}{3(b_1 + b_2)}; \quad (8.14)$$

8.3.9 Для промежуточного элемента жесткости значения коэффициента жесткости K можно определить по формуле:

$$K = \frac{(b_1 + b_2)Et^3}{4b_1^2b_2^2(1 - \nu^2)}; \quad (8.15)$$

8.3.10 Понижающий коэффициент χ_d деформационной потери устойчивости промежуточного ребра жесткости находят из таблиц 8.11 и 8.12.

8.3.11 Для алюминиевых профилей коэффициент χ_d снижения несущей способности ребра, вследствие плоской формы потери устойчивости элемента жесткости, должен определяться с учетом относительной гибкости $\bar{\lambda}_S$ по таблице 8.11.

$$\bar{\lambda}_S = \sqrt{\frac{R}{\sigma_{cr,s}}}; \quad (8.16)$$

где: $\sigma_{cr,s}$ — упругое критическое напряжение для ребра жесткости.

Таблица 8.11 — Понижающий коэффициент χ_d для деформационной потери местной устойчивости ребер жесткости из алюминиевого сплава.

$\bar{\lambda}_s$	χ_d
$\bar{\lambda}_s \leq 0,25$	1,00
$0,25 < \bar{\lambda}_s < 1,04$	$1,155 - 0,62\bar{\lambda}_s$
$1,04 \leq \bar{\lambda}_s$	$0,53/\bar{\lambda}_s$

8.3.12 Для стальных профилей коэффициент снижения несущей способности ребра вследствие плоской формы потери устойчивости элемента жесткости χ_d следует определять с учетом относительной гибкости $\bar{\lambda}_d$ по таблице 8.12.

$$\bar{\lambda}_d = \sqrt{\frac{R_y}{\sigma_{cr,s}}}; \quad (8.17)$$

где: $\sigma_{cr,s}$ — критическое напряжение потери устойчивости в упругой стадии для элементов жесткости, определяемое по формуле (8.12).

Таблица 8.12 — Понижающий коэффициент χ_d для деформационной потери местной устойчивости ребер жесткости из стали.

$\bar{\lambda}_d$	χ_d
$\bar{\lambda}_d \leq 0,65$	1,00
$0,65 < \bar{\lambda}_d < 1,38$	$1,470 - 0,723\bar{\lambda}_d$
$1,38 \leq \bar{\lambda}_d$	$0,66/\bar{\lambda}_d$

8.3.13 Как вариант, критическое напряжение $\sigma_{cr,s}$ потери устойчивости в упругой стадии, можно определить с использованием численных методов расчета на устойчивость по теории первого порядка в пределах упругости.

8.3.14 Коэффициент χ_d снижения несущей способности вследствие потери устойчивости формы сечения (плоская форма потери устойчивости промежуточного элемента жесткости) определяется в зависимости от значения $\sigma_{cr,s}$ с использованием метода, приведенного в таблицах 8.5 и 8.6.

$$A_{s,red} = \chi_d A_s \frac{R}{\sigma_{com}}; \quad (8.18)$$

где: σ_{com} — сжимающее напряжение вдоль центральной оси элемента жесткости, рассчитанное для эффективного поперечного сечения.

8.3.15 При определении геометрических характеристик эффективного поперечного сечения уменьшенная эффективная площадь $A_{s,red}$ должна быть определена с учетом уменьшенной толщины для всех элементов, включенных в A_s :

$$t_{red} = t \cdot \frac{A_{s,red}}{A_s}; \quad (8.19)$$

8.4 Расчет поперечных сечений элементов каркаса по прочности

Расчет элементов каркаса НФС на внутренние силы, возникающие в поперечных сечениях от эксплуатационных нагрузок для тонкостенных элементов с сечениями 4-ого типа, рассчитываются в соответствии с приведёнными ниже рекомендациями вне зависимости от вида металла.

8.4.1 Действие центрального растяжения и сжатия

8.4.1.1 Расчетную несущую способность поперечного сечения по прочности при осевом растяжении N следует определять по формуле:

$$\frac{N \cdot \gamma_n}{A_{gn} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1; \quad (8.20)$$

где: A_{gn} — площадь сечения нетто с учетом ослаблений;

8.4.1.2 Расчет на прочность при центральном сжатии стержней выполняется по ниже приведенной формуле, если эффективная площадь поперечного сечения профиля нетто $A_{ef,n}$ меньше, чем полная площадь поперечного сечения нетто A_{gn} :

$$\frac{N \cdot \gamma_n}{A_{ef,n} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1; \quad (8.21)$$

8.4.1.3 Если центр тяжести эффективного поперечного сечения не совпадает с центром тяжести полного сечения, то следует учитывать изгибающий момент от смещения центральных осей $x-x$ и $y-y$ относительно положения оси действия силы (см. рисунок 8.8).

Дополнительные изгибающие моменты ΔM_x и ΔM_y от смещения центральных осей определяют следующим образом:

$$\Delta M_x = N e_{Nx}; \quad (8.22)$$

$$\Delta M_y = N e_{Ny}; \quad (8.23)$$

где: e_{Nx} и e_{Ny} — смещение центральных осей $x-x$ и $y-y$ относительно осевых усилий.
Допускается не учитывать эксцентриситет в следующих случаях:

- если эксцентриситет меньше 1,5 % размера сечения в направлении эксцентриситета;
- если учет эксцентриситета приводит к более благоприятному результату при определении напряжений.

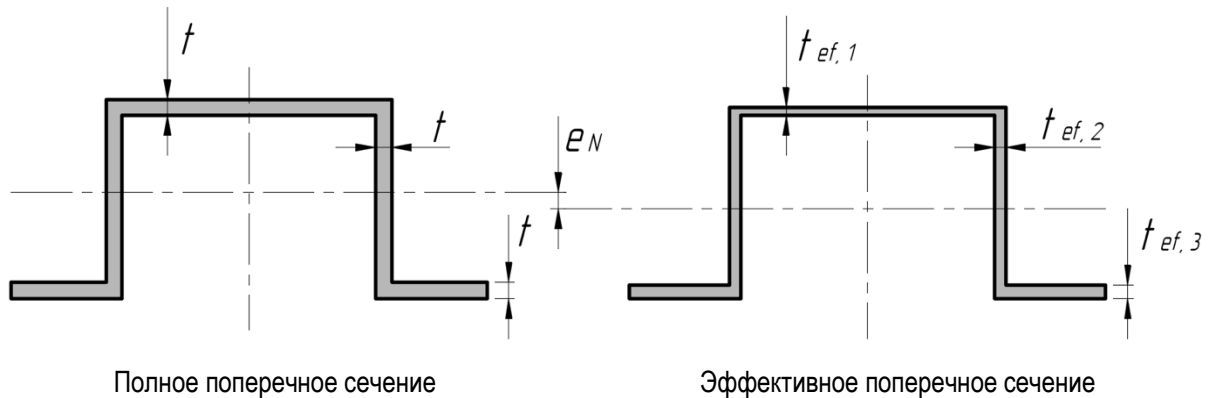


Рисунок 8.8 – Смещение центра тяжести эффективного поперечного сечения при сжатии.

8.4.2 Действие изгиба

8.4.2.1 Расчетная несущая способность поперечного сечения по изгибающему моменту M_x относительно одной из главных осей определяется следующим образом:

- если момент сопротивления эффективного сечения $W_{x,ef}$ меньше, чем момент сопротивления полного упругого сечения W_x ,

$$\frac{M_x \cdot \gamma_n}{W_{x,ef} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1; \quad (8.24)$$

- если момент сопротивления эффективного сечения $W_{x,ef}$ равен моменту сопротивления полного упругого сечения W_x ,

$$\frac{M_x \cdot \gamma_n}{W_x \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1; \quad (8.25)$$

При изгибе в двух главных плоскостях:

$$\frac{M_x \cdot \gamma_n}{W_x \cdot R_y \cdot \gamma_c} + \frac{M_y \cdot \gamma_n}{W_y \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1; \quad (8.26)$$

8.4.2.2 При изгибе линейного элемента в двух плоскостях формула 8.26 применима при соблюдении следующих условий:

а) редукция определяется каждый раз независимо только для одного из изгибающих моментов, действующего относительно одной из главных осей поперечного сечения;

б) конструктивный элемент за счёт связей и раскрепления облицовкой не должен быть подвержен кручению или крутильной, изгибно-крутильной формам потери устойчивости, или плоской форме потери устойчивости при изгибе.

Угол θ между наклонной стенкой и линией продолжения полки гнутого «шляпного» профиля из тонколистовой стали, из условий удобства укладки, должен быть не более 80° , но не менее 60° .

8.4.2.3 Расчетный момент сопротивления из условия прочности поперечного сечения при изгибе M_c следует определять исходя из следующих положений:

- если момент сопротивления эффективного сечения W_{ef} меньше упругого момента сопротивления сечения брутто W_{el} ,

$$M_c = \frac{R_y \cdot W_{ef} \cdot \gamma_c}{\gamma_n}; \quad (8.27)$$

- если момент сопротивления эффективного сечения W_{ef} равен упругому моменту сопротивления сечения брутто W_{el} ,

$$M_c = \frac{R_y \cdot W_{el} \cdot \gamma_c}{\gamma_n}; \quad (8.28)$$

где: $M_c = M + N \cdot e_N$

8.4.2.4 Момент сопротивления эффективного сечения W_{ef} должен быть рассчитан для эффективного поперечного сечения, испытывающего изгиб только относительно той главной оси, относительно которой происходит изгиб линейного элемента при максимальном значении сжимающего напряжения, равном $\sigma_{max} = R_y(R)$ или $\sigma_{max} = \sigma_{com}$ с учетом эффектов местной потери устойчивости, как указано в разделе 8.2.

Для определения эффективных участков полки, отношение напряжений $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ следует определять, используя полную площадь поперечного сечения.

Для определения эффективных участков стенки, отношение напряжений $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ следует определять, используя эффективную площадь сжатой полки совместно с площадью стенки – брутто.

8.4.2.5 Если текучесть наступает вначале у сжатого края поперечного сечения, то значение W_{ef} должно быть основано на линейном распределении напряжения по поперечному сечению (см. рисунок 8.9).

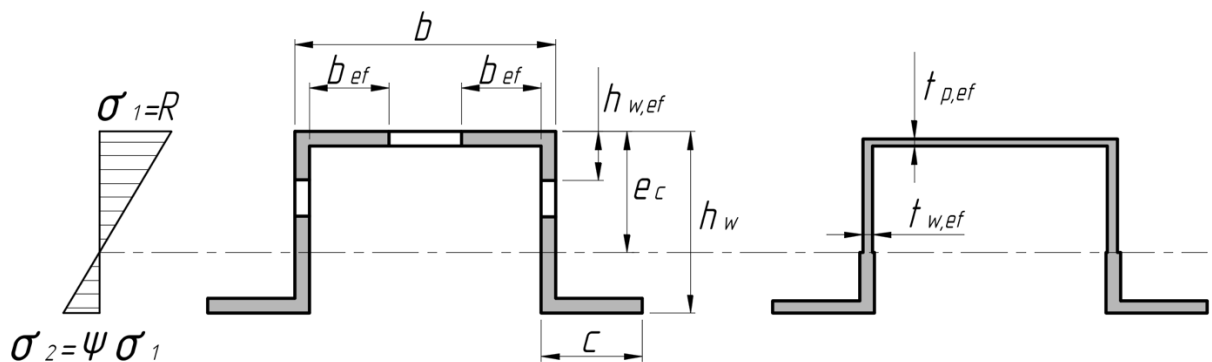


Рисунок 8.9 – Эффективное поперечное сечение при действии изгибающего момента (сжата полка).

8.4.2.6 Если текучесть возникает вначале у растянутого края сечения, допускается использовать резервы пластичности в зоне растяжения до тех пор, пока сжимающее напряжение σ_{max} не достигнет своего максимального значения $R_y(R)$.

В этом случае момент сопротивления эффективного, частично пластичного сечения $W_{\rho,ef}$ должен быть основан на распределении напряжений, которое является постоянным, равным $R_y(R)$ в зоне растяжения, с упругой частью в зоне сжатия (см. рисунок 8.10).

В отсутствие подробного расчета, эффективную толщину стенок можно найти с использованием положений раздела 8.2, при e_c , основанном на распределении напряжений по рисунку 8.10, полагая $\psi = 1$.

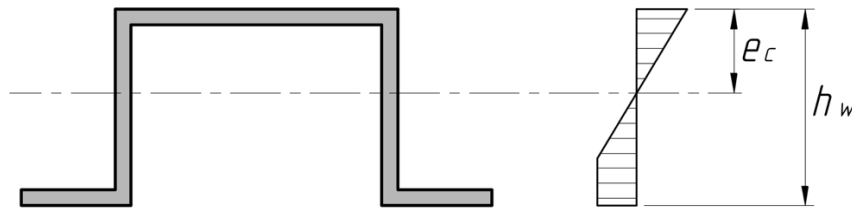


Рисунок 8.10 — Значение e_c для определения эффективной толщины стенки.

8.4.3 Совместное действие изгиба и продольной силы

8.4.3.1 При совместном действии изгибающих моментов и продольной сжимающей силы в отсутствии поперечной силы, должно выполняться следующее условие:

$$\frac{N \cdot \gamma_n}{A_{ef} \cdot R_y \cdot \gamma_c} + \frac{(M_x + N \cdot e_{Nx}) \cdot \gamma_n}{W_{ef,x} \cdot R_y \cdot \gamma_c} + \frac{(M_y + N \cdot e_{Ny}) \cdot \gamma_n}{W_{ef,y} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1; \quad (8.29)$$

- где:
- A_{ef} — эффективная площадь поперечного сечения при действии равномерного сжатия;
 - $W_{ef,x(y)}$ — минимальный момент сопротивления (соответствующий волокнам с максимальными упругими напряжениями) эффективного поперечного сечения относительно соответствующей оси;
 - $e_{Nx(y)}$ — смещение центральных осей $x-x$ и $y-y$ относительно положения оси действия силы (см. 8.4.1.3).

Примечание — Знаки N , M_x , M_y , $\Delta M_i = N \cdot e_{Ny}$ принимаются в зависимости от сочетания соответствующих нормальных напряжений при воздействии внешней нагрузки.

8.4.3.2 Для сочетания осевой нагрузки и изгиба следует применять схему рисунка 8.11.

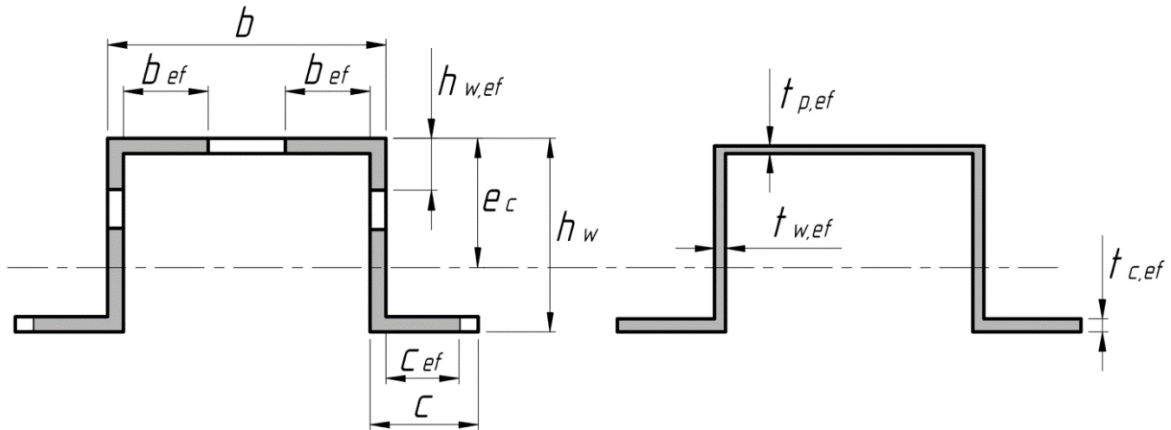


Рисунок 8.11 – Эффективное поперечное сечение при действии равномерного сжатия.

8.4.4 Совместное действие изгиба, продольной и поперечной сил

8.4.4.1 Для поперечных сечений при совместном действии осевой силы N , изгибающего момента M и поперечной силы Q , влияние последней силы не учитывается, если $Q \leq 0,5Q_w$, где Q_w - несущая способность стенки. При значении поперечной силы более половины предельного значения, при совместном действии момента и поперечной силы, значение расчётного сопротивления материала следует принимать по уменьшенному значению:

$$(1 - \rho_Q) \cdot R_y(R); \quad (8.30)$$

где:

$$\rho_Q = \left(\frac{2Q}{Q_w} - 1 \right)^2.$$

8.4.5 Действие поперечной силы

8.4.5.1 Расчет неразрезных балочных конструкций на поперечную силу ведется в зонах у крайних опор и в зонах над промежуточными опорами, где поперечные силы оказывают существенное влияние на несущую способность стенок балок, где максимальная поперечная сила сочетается со значительным изгибающим моментом и, в отдельных случаях, с продольной силой.

Несущая способность поперечного сечения от действия поперечной силы $Q_{w,p}$ определяется по формуле:

$$Q_{w,p} = \frac{h_w \cdot t \cdot R_S \cdot \gamma_c}{\sin \theta}; \quad (8.31)$$

где: R_S – расчетное напряжение при сдвиге, учитывающее потерю устойчивости стенки, приведенное в таблице 8.13;
 h_w – высота стенки между внутренними плоскостями полок;
 θ – угол наклона стенки относительно полок.

Таблица 8.13 – Расчетные напряжения R_S при сдвиге.

Условная гибкость стенки	Стенка без элемента жесткости на опоре	Стенка с элементом жесткости на опоре*
Стальные конструкции		
$\bar{\lambda}_w \leq 0,83$	$0,58R_y$	$0,58R_y$
$0,83 < \bar{\lambda}_w < 1,40$	$0,48R_y/\bar{\lambda}_w$	$0,48R_y/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,40$	$0,67R_y/\bar{\lambda}_w^2$	$0,48R_y/\bar{\lambda}_w$
Алюминиевые конструкции		
$\bar{\lambda}_w \leq 0,83$	$0,60R$	$0,60R$
$0,83 < \bar{\lambda}_w < 1,40$	$0,50R/\bar{\lambda}_w$	$0,50R/\bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,40$	$0,67R/\bar{\lambda}_w$	$0,50R/\bar{\lambda}_w$
* Элементы жесткости на опоре, такие как ребра жесткости, установленные для предотвращения искривлений стенки и рассчитанные на восприятие опорной реакции.		

8.4.5.2 Условная гибкость стенки без продольных элементов жесткости определяется следующим образом:

$$\bar{\lambda}_w = 0,346 \frac{s_w}{t} \sqrt{\frac{R_y}{E}}; \quad (8.32)$$

где: s_w — наклонная высота стенки;
 t — толщина стенки;
 R_y — расчётное сопротивление стали, для алюминиевых сплавов - R .
 E — модуль упругости.

8.4.5.3 При определении M_{cr} принимают геометрические характеристики поперечного сечения брутто и учитываются условия загрузки, действительное распределение момента и раскрепления сжатого пояса из плоскости действия изгибающего момента.

8.4.6 Потеря устойчивости стенки от местной нагрузки

8.4.6.1 Расчет на смятие и потерю устойчивости стенки профиля, при действии опорной реакции или другой местной поперечной силы, приложенной к полке, должен проводиться, исходя из несущей способности стенки от поперечной силы $Q_{w,p}$, которая должна удовлетворять условию:

$$Q_r \cdot \gamma_n \leq Q_{w,p}; \quad (8.33)$$

где: $Q_{w,p}$ — несущая способность стенки при местном поперечном воздействии;
 Q_r — расчётное значение поперечной силы в стенке профиля.

8.4.6.2 Поперечное сечение с одной стенкой без элементов жесткости (см. рисунок 8.12) должно отвечать следующим критериям:

$$h_w / t \leq 200; \quad r / t \leq 6; \quad 45^\circ \leq \theta \leq 90^\circ;$$

где: h_w — высота стенки между внутренними плоскостями полок;
 r — внутренний радиус углов;
 θ — угол наклона стенки относительно полок (в градусах).

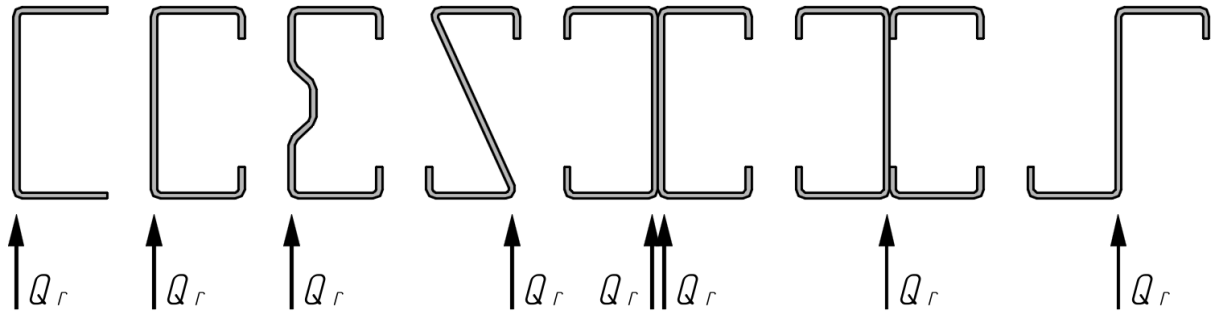


Рисунок 8.12 – Примеры сечений профилей с одной стенкой.

8.4.6.3 Несущую способность одной стенки $Q_{w,p}$ при местном поперечном воздействии в виде опорной реакции или местной нагрузки Q_r следует определять по формуле:

$$Q_{w,p} = \gamma_c C t^2 R_y \sin \varphi \left(1 - C_r \sqrt{\frac{r}{t}} \right) \left(1 + C_b \sqrt{\frac{b}{t}} \right) \left(1 - C_h \sqrt{\frac{h}{t}} \right); \quad (8.34)$$

где: $Q_{w,p}$ — несущая способность стенки при местном поперечном воздействии;
 C — коэффициент из таблиц 8.14, 8.15, 8.16;
 t — толщина стенки;
 φ — угол наклона стенки относительно полок (в градусах);
 r — внутренний радиус изгиба;
 C_r — коэффициент из таблиц 8.14, 8.15, 8.16, учитывающий гибкость стенки;
 b — длина опорной части или местной распределённой нагрузки;
 C_b — коэффициент из таблиц 8.14, 8.15, 8.16, учитывающий длину приложения локальной нагрузки на опоре или в пролёте;
 h — высота плоской части стенки профиля;
 C_h — коэффициент, из таблиц 8.14, 8.15, 8.16, учитывающий высоту стенки.

Примечания:

1. Для конструктивных элементов, состоящих из двух и более стенок значение $Q_{w,p}$ рассчитывается для каждой стенки профиля и суммируется;
2. Концевое приложение опорной реакции или местной нагрузки от свободного края элемента, должно быть меньше или равно $1,5h_w$;
3. Расстояние между двумя местными, противоположно направленными нагрузками, приложенными к двум полкам элемента, должно быть равно или меньше $1,5h_w$;
4. Расстояние между двумя местными, противоположно направленными нагрузками, приложенными к одной полке элемента, должно быть равно или больше $1,5h_w$;

Таблица 8.14 – Коэффициенты «С» для составных стержней из двух швеллеров или С-образных профилей, соединённых стенками непосредственно или через прокладки.

Конструкция опоры и полок		Опорная реакция или локальная нагрузка		C	C_r	C_b	C_h	Ограничения
Закрепленная на опоре	Полка окаймлена	На одну полку	Концевая	10	0,14	0,28	0,001	$r / t \leq 5$
			Промежуточная	20	0,15	0,05	0,003	$r / t \leq 5$
Не закреп- лённая на опоре	Полка окаймлена	На одну полку	Концевая	10	0,14	0,28	0,001	$r / t \leq 5$
			Промежуточная	20,5	0,17	0,11	0,001	$r / t \leq 3$
		На две полки	Концевая	15,5	0,09	0,08	0,04	$r / t \leq 3$
			Промежуточная	36	0,14	0,08	0,04	
	Не окайм- лённая полка	На одну полку	Концевая	10	0,14	0,28	0,001	$r / t \leq 5$
			Промежуточная	20,5	0,17	0,11	0,001	$r / t \leq 3$
Примечания								
1) Значения коэффициентов, приведенных в таблице 8.14, действительны для отношений: $b / t \leq 210$; $b / h \leq 1,0$.								
2) В таблице приведены коэффициенты C для составных двутавров, полученных от соединения стенок непосредственно друг к другу либо через сухари, последнее решение предпочтительно, так как позволяет контролировать появление щелевой коррозии и увеличивает момент инерции сечения из плоскости;								
3) Расстояние между осями креплений сухарей изгибаемых элементов должны быть не более $30i_{ef}$.								

Таблица 8.15 – Коэффициенты «С» для одиночных швеллеров и С-образных профилей.

Конструкция опоры и полок		Опорная реакция или локальная нагрузка		C	C_r	C_b	C_h	Ограничения
Закреплённая на опоре	Полка с отгибом	На одну полку	Концевая	4	0,14	0,35	0,02	$r / t \leq 9$
			Промежуточная	13	0,23	0,14	0,01	$r / t \leq 5$
		На две полки	Концевая	7,5	0,08	0,12	0,048	$r / t \leq 12$
			Промежуточная	20	0,10	0,08	0,031	$r / t \leq 12$
Не закреплённая на опоре	Полка с отгибом	На одну полку	Концевая	4	0,14	0,35	0,02	$r / t \leq 5$
			Промежуточная	13	0,23	0,14	0,01	
		На две полки	Концевая	13	0,32	0,05	0,04	$r / t \leq 3$
			Промежуточная	24	0,52	0,15	0,001	
	Полка без отгиба	На одну полку	Концевая	4	0,40	0,60	0,03	$r / t \leq 2$
			Промежуточная	13	0,32	0,10	0,01	$r / t \leq 1$
		На две полки	Концевая	2	0,11	0,37	0,01	$r / t \leq 1$
			Промежуточная	13	0,47	0,25	0,04	
Примечание								
Значения коэффициентов, приведённых в таблице 8.15 действительны для отношений: $b / t \leq 210$; $b / h \leq 2,0$.								

8.4.6.4 В поперечных сечениях с двумя и более стенками, включая гофрированные листы (рисунок 8.13), несущая способность стенки без элементов жесткости при местном поперечном воздействии должна определяться при соблюдении следующих условий:

- расстояние с от нагруженного участка до свободного края должно быть не менее 40 мм;
- поперечное сечение удовлетворяет следующим критериям:

$$r/t \leq 10; \quad h_w/t \leq 200; \quad 45^\circ \leq \theta \leq 90^\circ;$$

где: h_w — высота стенки между внутренними плоскостями полок;
 r — внутренний радиус углов;
 θ — угол наклона стенки относительно полок (в градусах).

8.4.6.5 Несущую способность одной стенки гофрированных листов, кассетных и шляпных профилей $Q_{w,p}$, при местном поперечном воздействии Q_r в виде опорной реакции или местной нагрузки, следует определять по формуле (8.34). Значения коэффициентов C , C_r , C_b , C_h для одиночных кассетных и шляпных профилей приведены в таблице 8.16.

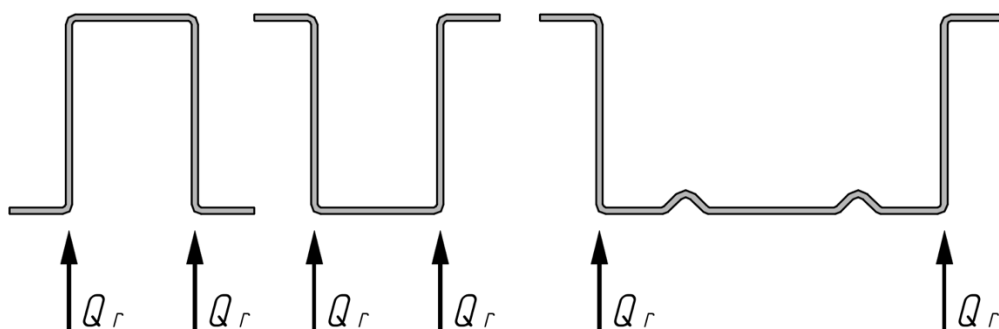


Рисунок 8.13 — Примеры профилей с двумя стенками.

Таблица 8.16 — Коэффициенты «С» для одиночных кассетных и шляпных профилей.

Конструкция опоры и полок		Опорная реакция или локальная нагрузка		C	C_r	C_b	C_h	Ограничения
Закрепленная на опоре	Полка с отгибом	На одну полку	Концевая	4	0,25	0,68	0,04	$r/t \leq 5$
			Промежуточная	17	0,13	0,13	0,04	$r/t \leq 10$
		На две полки	Концевая	9	0,10	0,07	0,03	$r/t \leq 10$
			Промежуточная	10	0,14	0,22	0,02	$r/t \leq 4$
Не закрепленная на опоре	Полка с отгибом	На одну полку	Концевая	4	0,25	0,68	0,04	$r/t \leq 4$
			Промежуточная	17	0,13	0,134	0,04	

9 Расчет линейных элементов каркаса (направляющие и ригели)

9.1 Расчет направляющих каркаса с креплением в стены

9.1.1 Направляющие каркасов, закрепляемые на стенах зданий, рассчитывают, как многопролетные балки, опорами которых являются кронштейны или соединения с другими направляющими. Схемы многопролётных балок с равными пролётами с расчётными значениями моментов, поперечных сил и максимальных прогибов от равномерно распределённой нагрузки приведены в Приложении А.

Допускается вести расчёт с помощью приведённой нагрузки в соответствии с таблицей А6 Приложения А.

9.1.2 При неравных пролётах и загрузении направляющих сосредоточенными силами в точках крепления элементов, расчёт направляющих следует вести с помощью программных комплексов. Расчет с помощью справочников и таблиц следует применять при загрузении направляющих равномерно распределенными нагрузками.

9.1.3 Равномерно распределенная нагрузка на направляющую p от действия ветровой нагрузки на облицовку:

$$p = w_{+(-)} \cdot H \cdot K_f; \quad (9.1)$$

где: $w_{+(-)}$ — расчетное значение пиковой ветровой нагрузки;

H — горизонтальный шаг вертикальных направляющих;

K_f — коэффициент, учитывающий схему крепления облицовки к направляющей (см. таблицу 9.1).

В вертикальном направлении действует нагрузка от собственного веса облицовки и самой направляющей.

Таблица 9.1 – Значение коэффициента K_f в зависимости от схемы крепления.

Коэффициент неразрезности	Количество опор при контакте поверхности облицовки с направляющими				
	2	3	4	5	6
K_f	1,0	1,25	1,1	1,143	1,132

9.1.4 Для уменьшения погрешности расчетов направляющих с использованием справочных данных, при определении опорных и пролетных моментов от действия эквивалентной равномерно распределенной нагрузки, следует использовать поправочные коэффициенты, приведенные в Приложении Б. Коэффициенты учитывают геометрические параметры крепления элементов облицовки к направляющей и наличие консолей.

9.1.5 Усилия в соединениях направляющих каркаса от действия ветровой нагрузки рассчитывают, как реакции в опорах многопролетных балок от действия сосредоточенных сил или эквивалентной равномерно распределенной нагрузки. Для каркасов, состоящих только из вертикальных или горизонтальных направляющих, допускается определять как максимальные, так и минимальные значения усилий. Для

перекрестных конструкций каркасов определяют усилия только максимальных значений. При определении опорных реакций от действия эквивалентной равномерно распределенной нагрузки, следует использовать поправочные коэффициенты, приведенные в Приложении В. Коэффициенты учитывают геометрические параметры крепления элементов облицовки к направляющей.

9.1.6 Усилия в соединениях вертикальной направляющей с кронштейнами от веса облицовки и гололеда, при использовании кронштейнов с различной несущей способностью, распределяются пропорционально жесткости кронштейнов. Жесткость кронштейна принимается по наименьшей жесткости его элементов (консоли и пятки).

9.2 Расчет направляющих каркаса с креплением в плиты перекрытий

9.2.1 В практике строительства допускается применение нескольких расчётных схем вертикальных направляющих, закрепляемых на перекрытиях зданий:

а) простейшая схема в виде однопролётных балок, схема проста конструктивно, но наиболее деформативна и металлоёмка.

б) шарнирно-консольная схема с размещением стыков направляющих в точках, соответствующих положению нулевых моментов в неразрезной многопролётной балке, схема обладает повышенной жёсткостью и прочностью;

в) шарнирно-консольная схема со смещением стыков направляющих в точки, обеспечивающие равенство пролётных и опорных моментов, схема обладает повышенной жёсткостью и прочностью;

9.2.2 Стыки расчетной схемы «б» должны быть образованы с помощью линейных вставок, конструктивно оформленных таким образом, чтобы они воспринимали изгибающие моменты и поперечные (горизонтальные) силы и не воспринимали продольные силы.

9.2.3 Стыки расчетной схемы «в» должны воспринимать и передавать только поперечные силы и не воспринимать изгибающие моменты и продольные силы.

9.2.4 Схемы балок с расчётными значениями моментов и поперечных сил приведены в Приложении Г.

10 Расчет кронштейнов

10.1 Общие положения

10.1.1 В каркасах НФС применяются две основные группы кронштейнов для крепления к конструкциям здания по своему назначению. Наиболее распространённая группа кронштейнов предназначена для крепления каркасов к стенам здания. Другая группа кронштейнов, всё шире применяемая на практике, это кронштейны для крепления каркасов в плиты перекрытий и несущие конструкции зданий.

10.1.2 Конструктивное исполнение кронштейнов для крепления в стены зданий и в плиты перекрытий характеризуется большим набором вариантов. Предлагаемые расчётные схемы относятся к наиболее массовым типам конструктивных решений: П-образным и L-образным кронштейнам.

10.1.3 Кронштейны каркасов, изготовленных из алюминиевых сплавов, разделяют по их функциональному назначению на несущие и опорные. Несущие кронштейны воспринимают от каркаса как горизонтальные, так и вертикальные усилия. Опорные кронштейны должны воспринимать только горизонтальные усилия от ветрового воздействия. Допускается разделять по функциональному назначению и кронштейны стальных каркасов.

10.1.4 Все кронштейны каркасов с креплением в плиты перекрытий или несущие конструкции зданий, несущие (стыковочные) кронштейны из алюминиевых сплавов и стальные несущие (стыковочные) кронштейны каркасов с разделением кронштейнов на несущие и опорные следует крепить не менее чем двумя анкерами. Стальные кронштейны каркасов без разделения по их функциональному назначению и опорные кронштейны из алюминиевых сплавов допускается крепить одним анкером.

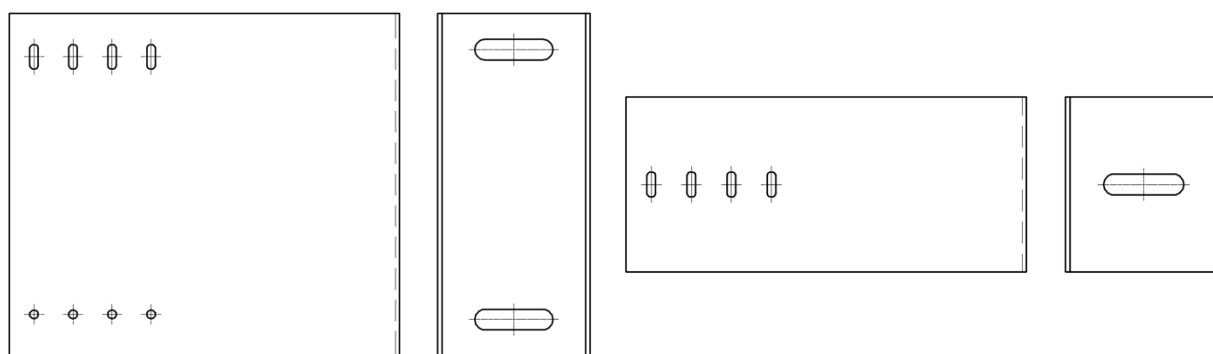
10.1.5 Установлено, что расчет пяток кронштейнов любой конфигурации, закрепляемых одним или несколькими анкерами, дает завышенные результаты несущей способности. Для получения достоверных сведений о прочностных характеристиках пяток кронштейнов целесообразнее использовать данные, полученные опытным путем.

10.2 П-образные кронштейны

10.2.1 П-образные кронштейны изготавливают из оцинкованной, коррозионностойкой стали и алюминиевых сплавов. Принципиальные конструктивные решения П-образных кронштейнов приведены на рисунках 10.1 и 10.2. Наиболее напряжённым элементом подавляющего большинства кронштейнов является опорная плоскость (пятка) в зоне крепления кронштейна к стене. Для увеличения несущей способности кронштейна допускается усиливать пятку кронштейна силовой шайбой (для стальных кронштейнов рекомендуемая толщина - 1,5 толщины пятки). Целесообразно применять шайбы прямоугольной формы, размеры которой обеспечивают смещение анкерного крепежа на монтаже. Эти смещения следует учитывать при расчёте конструкции кронштейна.

10.2.2 Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений в элементах П-образного стыковочного кронштейна приведены на рисунке 10.3. В таблице 10.1 даны расчётные формулы для наиболее напряжённых сечений кронштейна. На одну ветвь кронштейна действуют нагрузки от собственного веса каркаса и облицовки (в рядовых зонах фасада в зиму – гололеда) - $P/2$ и ветровые нагрузки - $N_W/2$.

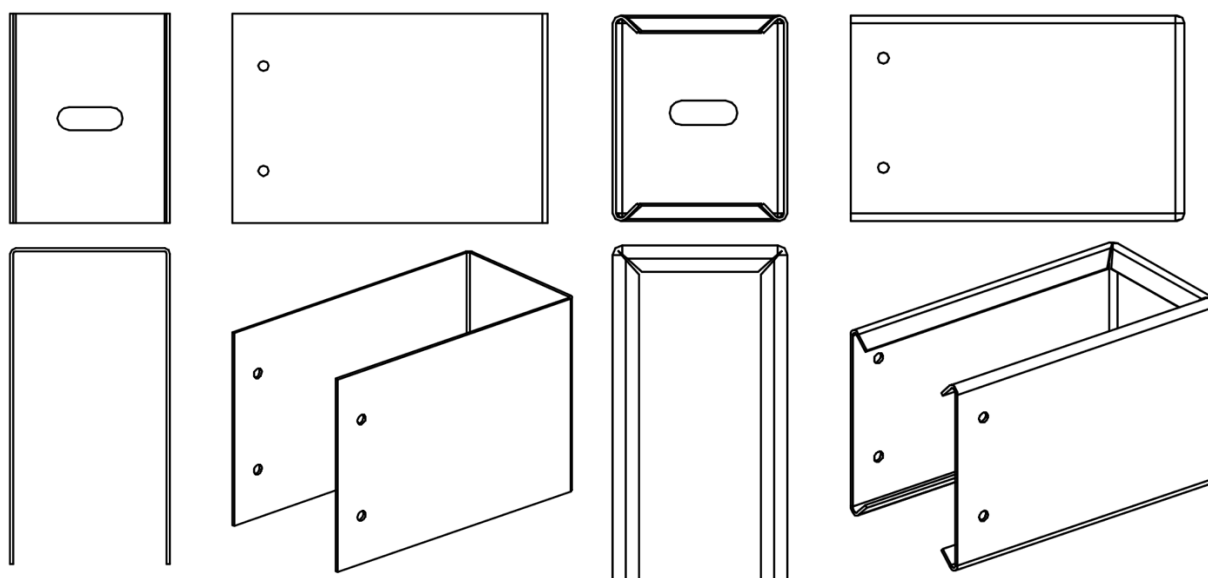
10.2.3 Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений в элементах П-образного опорного кронштейна приведены на рисунке 10.4. На рисунке определены наиболее напряжённые сечения кронштейна. В таблице 10.2 приведены расчётные формулы для наиболее напряжённых сечений кронштейна. На одну ветвь кронштейна должны действовать только ветровые нагрузки $N_W/2$.



а) Несущий (стыковочный) кронштейн;

б) Опорный кронштейн.

Рисунок 10.1 – Пример П-образного кронштейна из алюминиевого сплава.



а) Стандартное решение несущего кронштейна;

б) Решение несущего кронштейна с окаймленными кромками

Рисунок 10.2 – Пример П-образного кронштейна из стали.

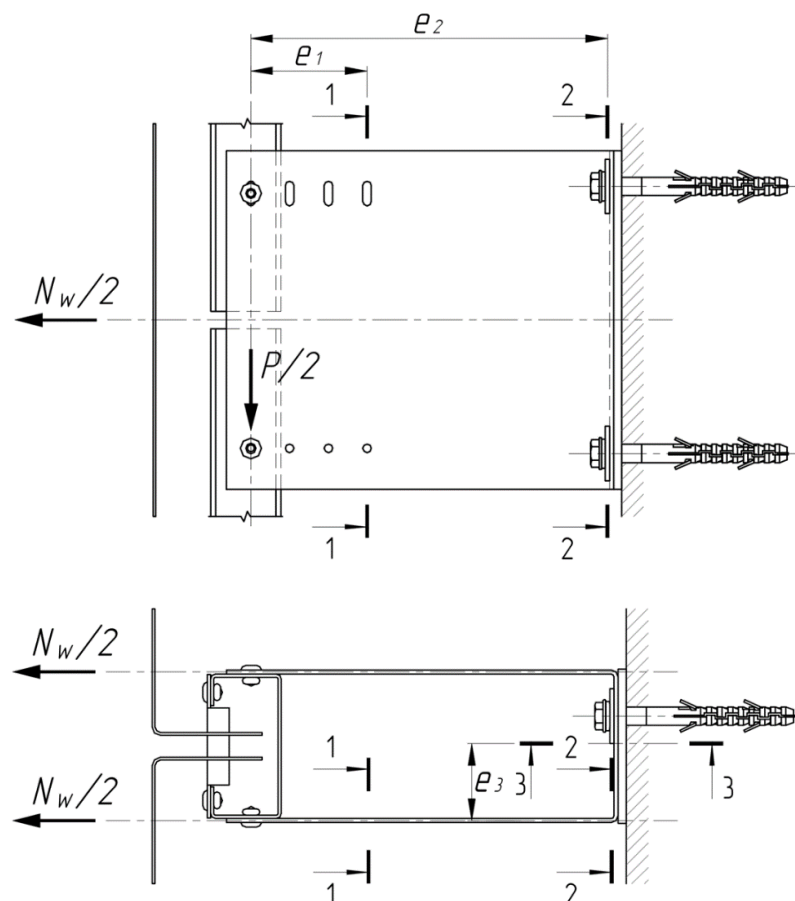


Рисунок 10.3 – Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений в элементах П-образного стыковочного кронштейна.

Таблица 10.1 - Определение напряжений и усилий в стыковочном П-образном кронштейне.

Конструктивный элемент кронштейна по рисунку 10.3	Формула для расчёта	Дополнение
Сечение 1-1	$\sigma_1 = \frac{N_W}{2A_1} + \frac{M_{x,1}}{W_{x,1}} \leq R(R_y)$	$M_{x,1} = \frac{P}{2} e_1$
Сечение 2-2	$\sigma_2 = \frac{N_W}{2A_2} + \frac{M_{x,2}}{W_{x,2}} \leq R(R_y)$	$M_{x,2} = \frac{P}{2} e_2$
Сечение 3-3	$\sigma_3 = \frac{M_{y,3}}{W_{y,3}} \leq R(R_y)$	$M_{y,3} = \frac{N_W}{2} e_3; N_W = N_B + N_H$
Анкерное крепление кронштейна к стене	$N_{ан} = \frac{N_W}{2} + \frac{P \cdot (e_2 + t_p)}{b} \leq N_{доп}$	-
N_B - усилие от ветровой нагрузки с нижней опоры верхней направляющей на стыковочный кронштейн; N_H - усилие от ветровой нагрузки с верхней опоры нижней направляющей на стыковочный кронштейн; N_W - усилие от ветровой нагрузки с опор направляющих на стыковочный кронштейн; $N_{ан}$ - наибольшее вытягивающее усилие на анкер от внешних воздействий; $N_{доп}$ - допускаемое вытягивающее усилие на анкер; $A_{1(2)}$ – площадь поперечного сечения консоли;		

P - вес нижней направляющей и закреплённой на ней облицовки;

e_1 - расстояние от оси приложения силы $P/2$ до сечения 1-1;

e_2 - расстояние от оси приложения силы $P/2$ до сечения 2-2;

e_3 - расстояние от оси приложения силы $N_W/2$ до сечения 3-3;

t_P - толщина пятки кронштейна;

b - расстояние от оси верхнего анкера до нижней кромки пятки кронштейна по вертикали.

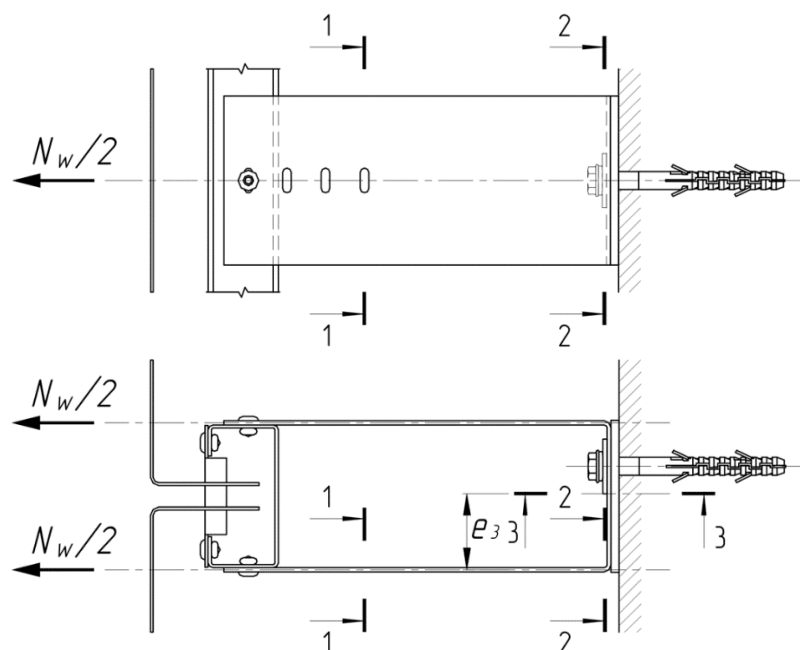


Рисунок 10.4 – Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений в элементах П-образного опорного кронштейна.

Таблица 10.2 - Определение напряжений и усилий в элементах П-образного опорного кронштейна.

Конструктивный элемент кронштейна по рисунку 10.4	Формула для расчета	Дополнение
Сечение 1-1	$\sigma_1 = \frac{N_W}{2A_1} \leq R(R_y)$	-
Сечение 2-2	$\sigma_2 = \frac{N_W}{2A_2} \leq R(R_y)$	-
Сечение 3-3	$\sigma_3 = \frac{M_{y,3}}{W_{y,3}} \leq R(R_y)$	$M_{y,3} = \frac{N_W}{2} e_3$
Анкерное крепление кронштейна к стене	$N_{ан} = N_W \leq N_{доп}$	-

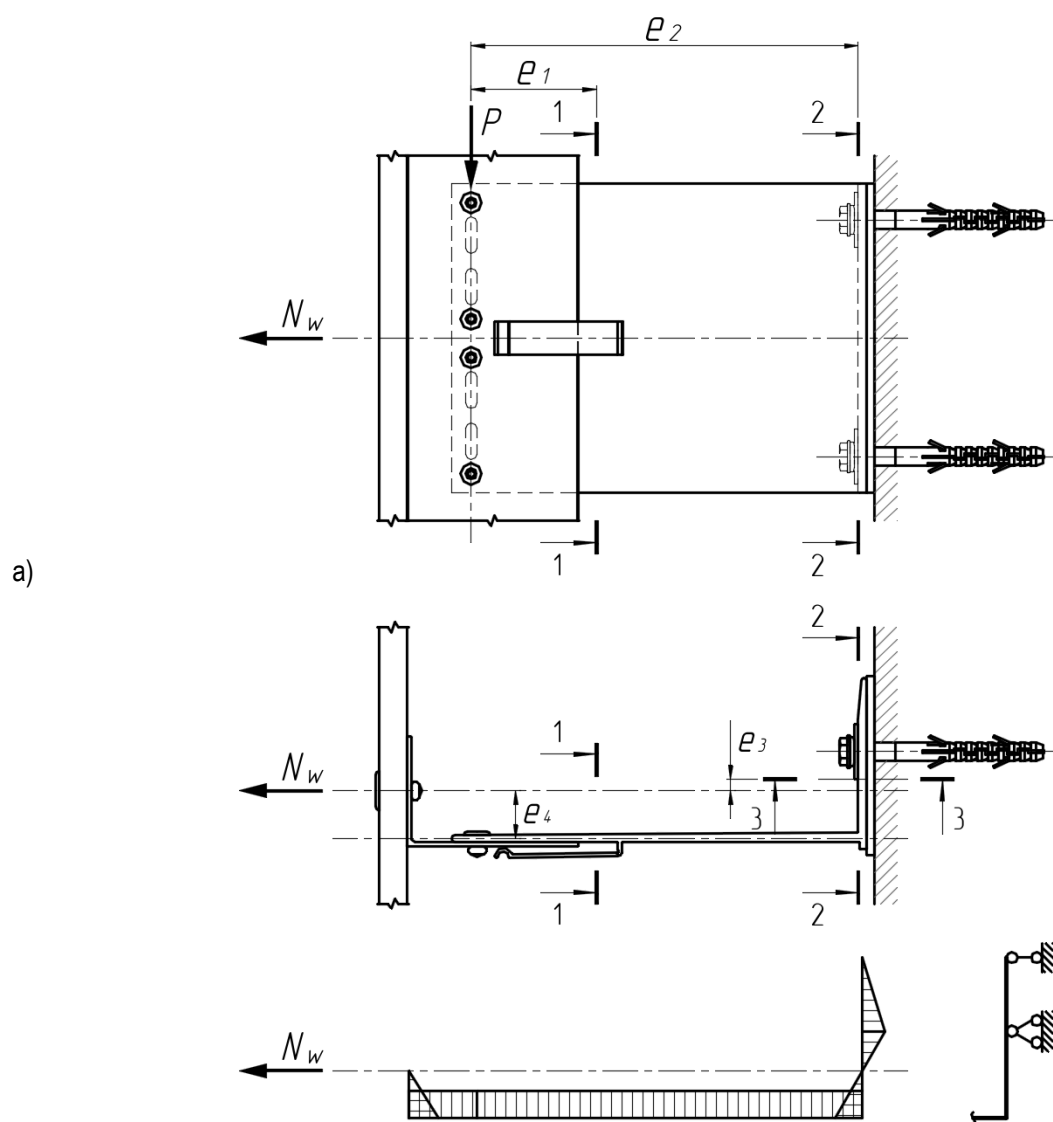
N_W - усилие от ветровой нагрузки с промежуточной опоры направляющей;
 $N_{ан}$ - наибольшее вытягивающее усилие на анкер от внешних воздействий;
 $N_{доп}$ - допускаемое вытягивающее усилие на анкер;
 e_3 - расстояние от оси приложения силы $N_W/2$ до сечения 3-3.
 $A_{1(2)}$ – площадь поперечного сечения консоли.

10.3 L - образные кронштейны

10.3.1 L-образные кронштейны изготавливают из оцинкованной, коррозионностойкой стали и алюминиевых сплавов. Наиболее напряжённым элементом этих кронштейнов преимущественно является опорная плоскость (пятка) в зоне крепления кронштейна к стене. Для увеличения несущей способности кронштейна допускается усиливать пятку кронштейна силовой шайбой (для стальных кронштейнов рекомендуемая толщина - 1,5 толщины пятки).

Целесообразно применять шайбы прямоугольной формы, размеры которой обеспечивают смещение анкерного крепежа на монтаже. Эти смещения следует учитывать при расчёте конструкции кронштейна.

10.3.2 Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений в элементах L-образного несущего кронштейна из алюминиевого сплава приведены на рисунке 10.5а. Расчётная схема для определения вырывающего усилия в наиболее нагруженном анкере L-образного несущего кронштейна приведена на рисунке 10.5б. В таблице 10.3 приведены расчётные формулы для наиболее напряжённых сечений кронштейна.



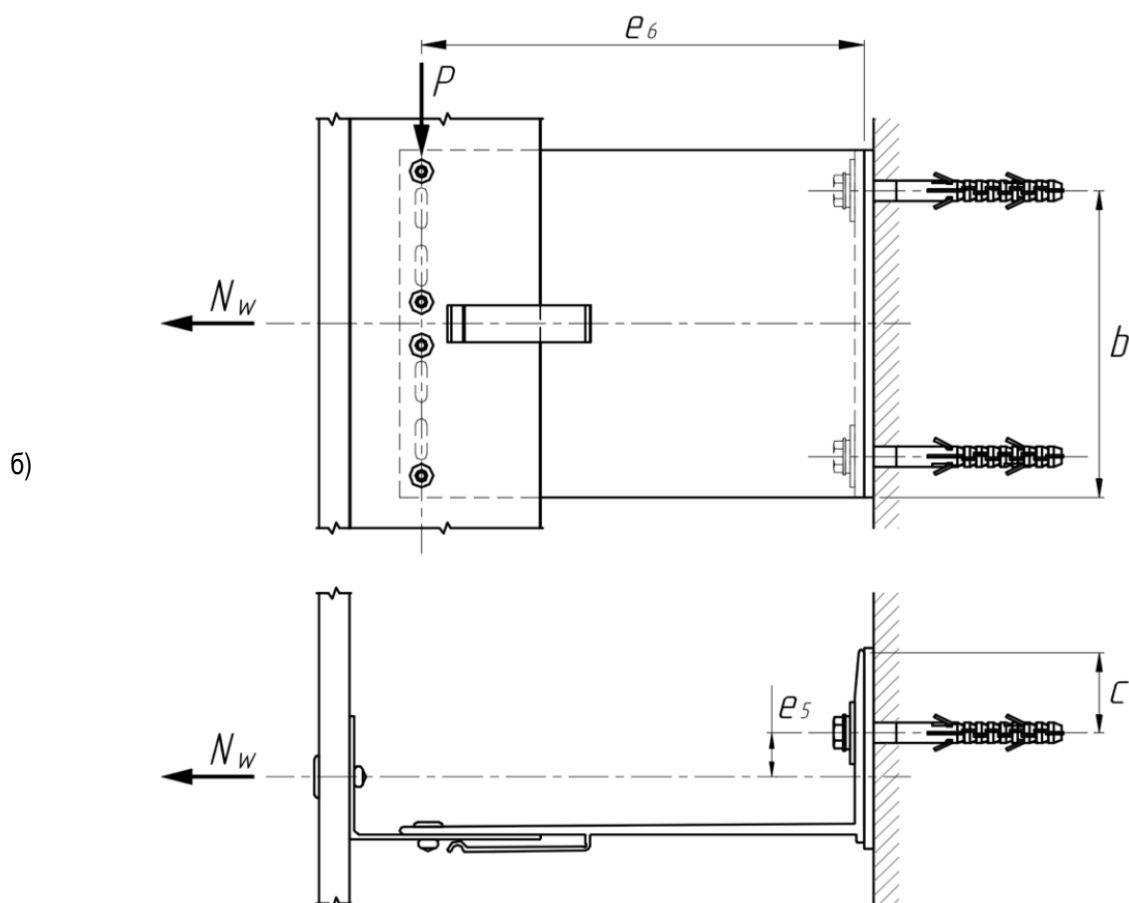


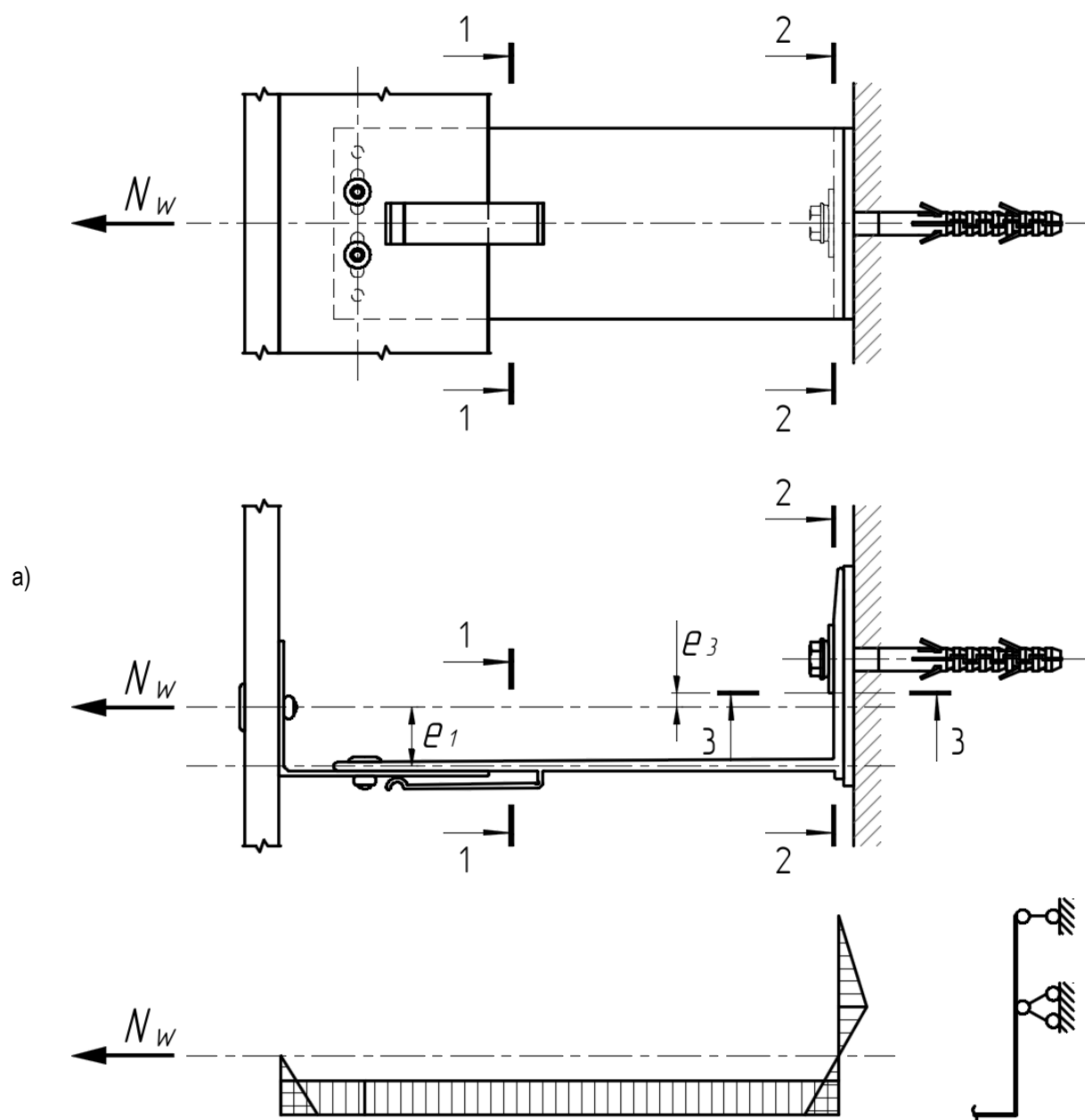
Рисунок 10.5 – Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений в элементах L-образного несущего кронштейна из алюминиевого сплава.

Таблица 10.3 - Определение напряжений и усилий в элементах L-образного несущего кронштейна из алюминиевого сплава.

Конструктивный элемент кронштейна по рис. 10.5	Формула для расчёта	Дополнение
Сечение 1-1	$\sigma_1 = \frac{N_W}{A_1} + \frac{M_{x,1}}{W_{x,1}} + \frac{M_{y,1}}{W_{y,1}} \leq R$	$M_{x,1} = P \cdot e_1; M_{y,1} = N_W \cdot e_4$
Сечение 2-2	$\sigma_2 = \frac{N_W}{A_2} + \frac{M_{x,2}}{W_{x,2}} + \frac{M_{y,2}}{W_{y,2}} \leq R$	$M_{x,2} = P \cdot e_2; M_{y,2} = N_W \cdot e_4$
Сечение 3-3	$\sigma_3 = \frac{M_{y,3}}{W_{y,3}} \leq R$	$M_{y,3} = N_W \cdot e_3$
Анкерное крепление кронштейна к стене	$N_{ан} = \frac{N_W \cdot (e_5 + c)}{2 \cdot c} + \frac{P \cdot e_6}{b} \leq N_{доп}$	-
N_W - усилие от ветровой нагрузки с опоры направляющей; $N_{ан}$ - наибольшее вытягивающее усилие на анкер от внешних воздействий; $N_{доп}$ - допускаемое вытягивающее усилие на анкер; $A_{1(2)}$ – площадь поперечного сечения консоли; P - вес направляющей и закреплённой на ней облицовки; e_1 - расстояние от оси приложения силы P до сечения 1-1;		

e_2 - расстояние от оси приложения силы P до сечения 2-2;
 e_3 - расстояние от оси приложения силы N_W до сечения 3-3;
 e_4 - расстояние от оси приложения силы N_W до нейтральной оси стенки консоли;
 e_5 - расстояние от оси приложения силы N_W до оси анкера;
 c - расстояние от оси анкера до боковой кромки пятки кронштейна;
 b - расстояние от оси верхнего анкера до нижней кромки пятки кронштейна.

10.3.3 Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений в элементах L-образного опорного кронштейна из алюминиевого сплава приведены на рисунке 10.6а. На рисунке 10.6б приведена расчётная схема для определения вырывающего усилия в анкере крепления опорного кронштейна к стене здания. В таблице 10.4 даны расчётные формулы для наиболее напряжённых сечений кронштейна.



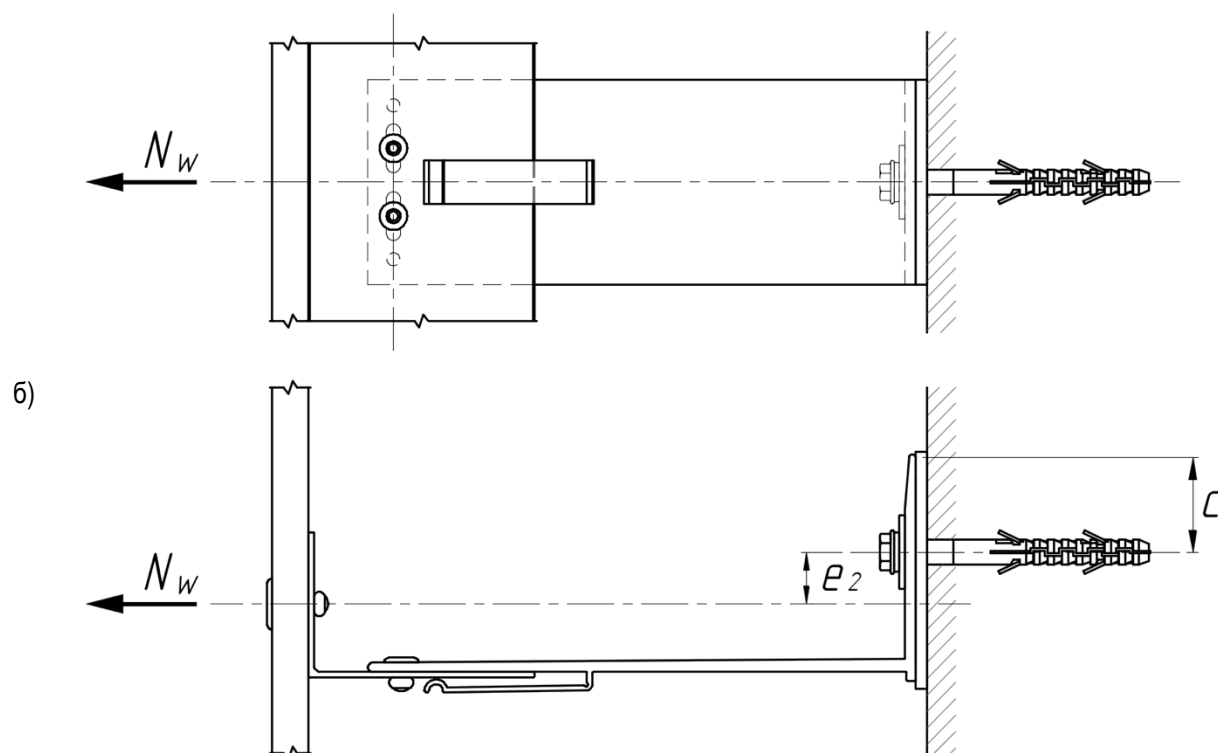


Рисунок 10.6 – Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений в элементах L-образного опорного кронштейна из алюминиевого сплава.

Таблица 10.4 - Определение напряжений и усилий в сечениях L-образного опорного кронштейна из алюминиевого сплава.

Конструктивный элемент кронштейна по рис. 10.6	Формула для расчёта	Дополнение
Сечение 1-1	$\sigma_1 = \frac{N_W}{A_1} + \frac{M_{y,1}}{W_{y,1}} \leq R$	$M_{y,1} = N_W \cdot e_1$
Сечение 2-2	$\sigma_2 = \frac{N_W}{A_2} + \frac{M_{y,2}}{W_{y,2}} \leq R$	$M_{y,2} = N_W \cdot e_1$
Сечение 3-3	$\sigma_3 = \frac{M_{y,3}}{W_{y,3}} \leq R$	$M_{y,3} = N_W \cdot e_3$
Анкерное крепление кронштейна к стене	$N_{ан} = \frac{N_W \cdot (e_2 + c)}{c} \leq N_{доп}$	-

N_W - усилие от ветровой нагрузки с опор направляющей;
 $N_{ан}$ - наибольшее вытягивающее усилие на анкер от внешних воздействий;
 $N_{доп}$ - допускаемое вытягивающее усилие на анкер;
 $A_{1(2)}$ – площадь поперечного сечения консоли;
 e_1 - расстояние от оси приложения силы N_W до нейтральной оси стенки консоли;
 e_2 - расстояние от оси приложения силы N_W до оси анкера;
 e_3 - расстояние от оси приложения силы N_W до сечения 3-3;
 c - расстояние от оси анкера до боковой кромки пятки кронштейна.

10.3.4 Штампованные L-образные кронштейны из стального листа применяют в каркасах НФС как кронштейны с горизонтальным и вертикальным положением консольной плоскости, имеющие, преимущественно, одинаковое назначение по восприятию эксплуатационных нагрузок. Каждый такой кронштейн должен воспринимать как горизонтальные, так и вертикальные усилия. Стандартное конструктивное решение L-образного кронштейна показано на рисунке 10.7.

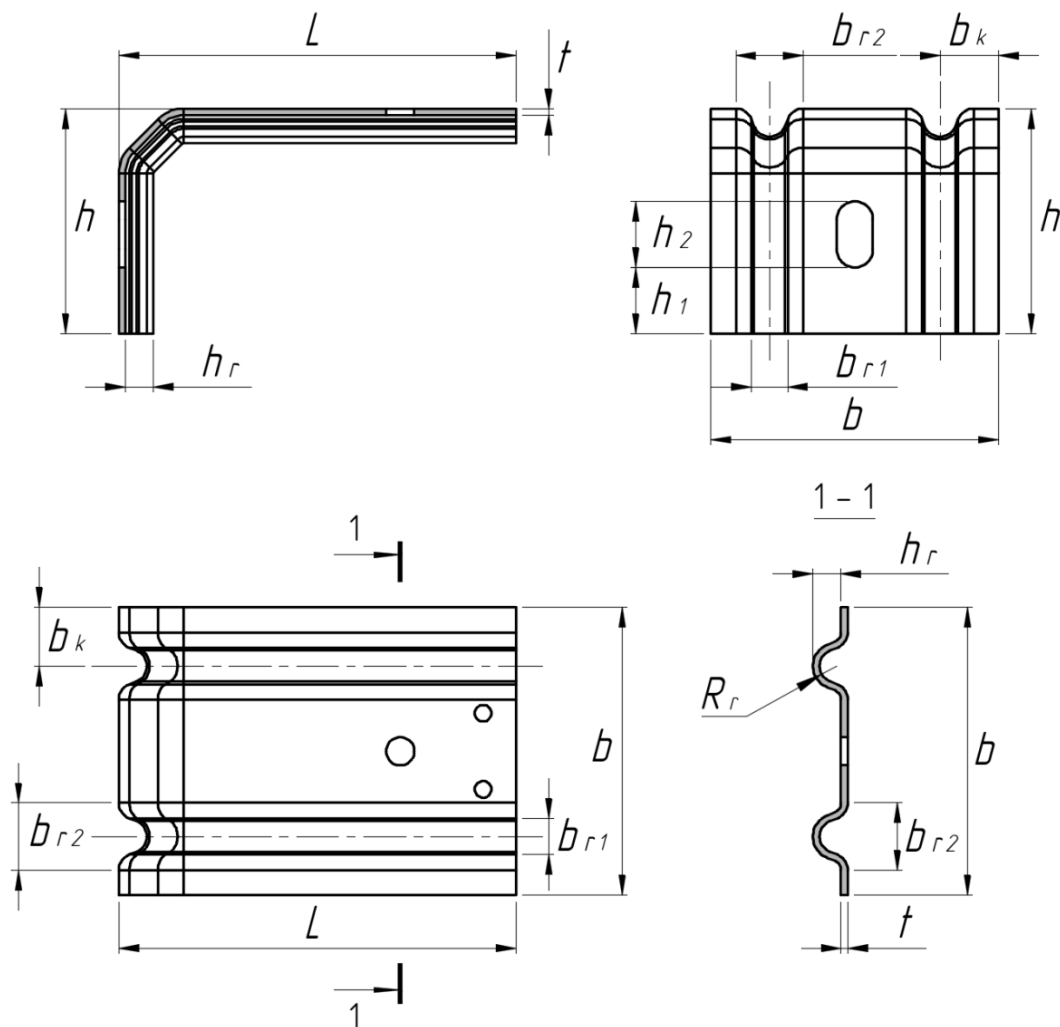


Рисунок 10.7 – Пример штампованного L-образного кронштейна из стального листа.

10.3.5 В стальных кронштейнах с горизонтальным положением консольной плоскости следует проверять наиболее напряжённые сечения на консоли и сечения на опорной пятке по краю шайбы анкера. Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений показано на рис. 10.8а. Определение вытягивающей нагрузки, действующей на анкер, следует проводить в соответствии с расчётной схемой на рисунке 10.8б. В таблице 10.5 даны расчётные формулы для наиболее напряжённых сечений кронштейна.

10.3.6 Размеры продольных гофров, ожесточающих консоль и пятку кронштейна, следует назначать в соответствии с требованиями СП 260.1325800 и требованиями разделов 8.1-8.3 настоящего СТО.

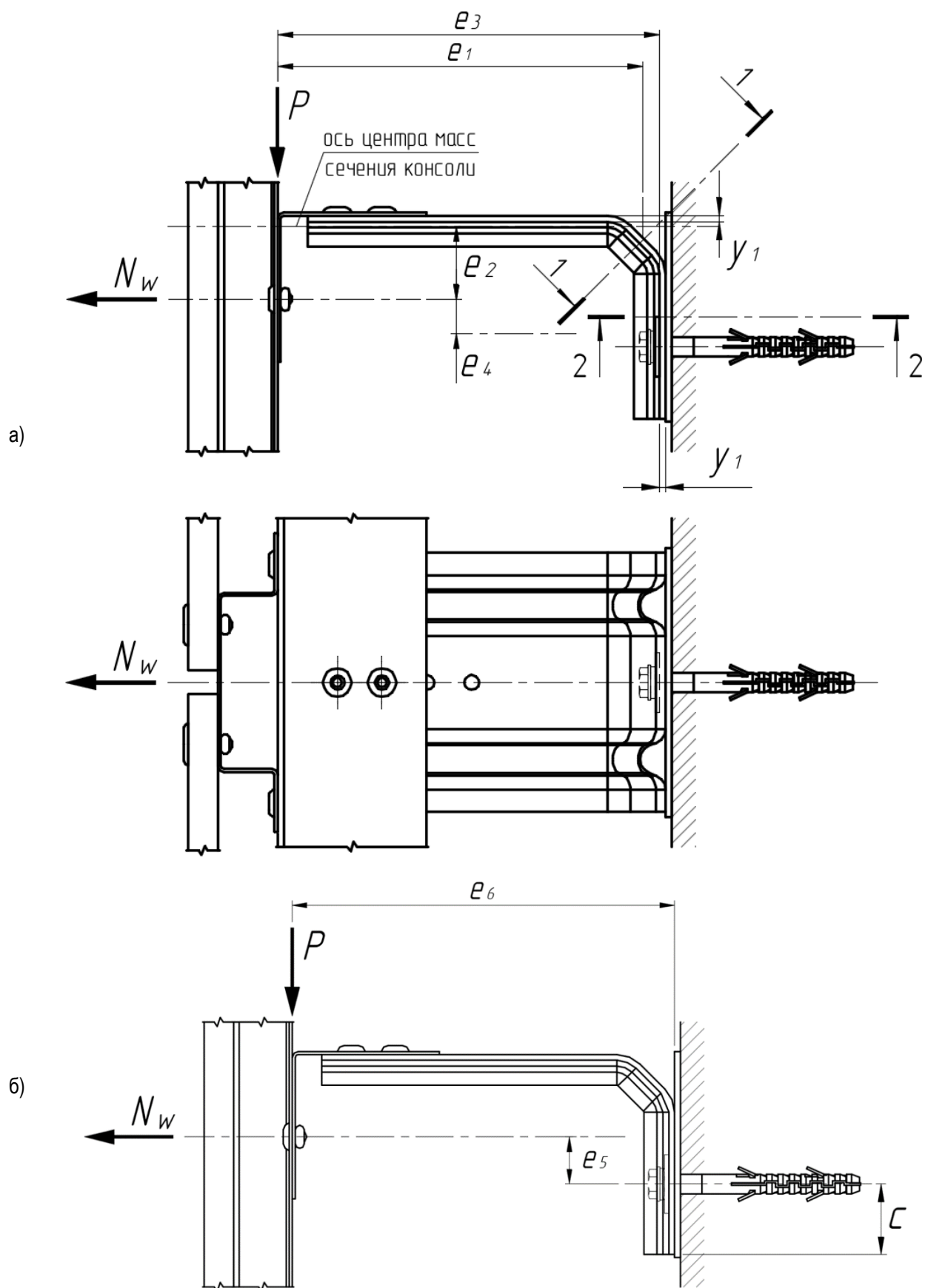


Рисунок 10.8 Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений элементов L-образного стального кронштейна с горизонтально ориентированной плоскостью консоли.

Таблица 10.5 - Определение напряжений и усилий в элементах L-образного стального кронштейна с горизонтально ориентированной плоскостью консоли.

Конструктивный элемент кронштейна по рис. 10.8.	Формула для расчёта	Дополнение
Сечение 1-1	$\sigma_1 = \frac{N_W}{A_1} + \frac{M_{x,1,N} \pm M_{x,1,P}}{W_{x,1}} \leq R_y$	$M_{x,1,N} = N_W \cdot e_2; M_{x,1,P} = P \cdot e_1$
Сечение 2-2	$\sigma_2 = \frac{M_{x,2,N} + M_{x,2,P}}{W_{x,2}} \leq R_y$	$M_{x,2,N} = N_W \cdot e_4; M_{x,2,P} = P \cdot e_3$
Анкерное крепление кронштейна к стене	$N_{ан} = \frac{N_W \cdot (e_5 + c) + P \cdot e_6}{c} \leq N_{доп}$	-
N_W - усилие от ветровой нагрузки со стороны направляющей; $N_{ан}$ - наибольшее вытягивающее усилие на анкер от внешних воздействий; $N_{доп}$ - допускаемое вытягивающее усилие на анкер; A_1 – площадь поперечного сечения консоли; P - вес направляющей и закреплённой на ней облицовки; e_1 - расстояние от оси приложения силы P до сечения 1-1; e_2 - расстояние от оси приложения силы N_W до нейтральной оси стенки консоли; e_3 - расстояние от оси приложения силы P до нейтральной оси стенки пятки; e_4 - расстояние от оси приложения силы N_W до сечения 2-2; e_5 - расстояние от оси приложения силы N_W до оси анкера; e_6 - расстояние от оси приложения силы P до прокладки; c - расстояние от оси анкера до нижней кромки пятки.		

10.3.7 Стальные кронштейны с вертикальным положением консольной плоскости целесообразно использовать с удлинителями той же формы, в сборе образующими С-образную конструкцию. Пятка удлинителя должна крепиться к полке направляющей не менее, чем двумя крепежными изделиями.

На конструкцию каркаса с креплением Г-образного кронштейна к стенке направляющей, имеющей П-образное поперечное сечение, расчетные положения настоящего СТО не распространяются.

10.4 Варианты расчетных схем несущих кронштейнов

10.4.1 В таблице 10.6 даны расчетные схемы несущих кронштейнов в зависимости от распределения изгибающих моментов в консоли кронштейна.

10.4.2 Если прочностные характеристики основания, прокладки и анкерного крепления способны обеспечить защемление пятки кронштейна в основании, то независимо от типа и несущей способности соединения кронштейна с направляющей, кронштейн следует рассчитывать по консольно-шарнирной схеме.

10.4.3 Если защемление пятки кронштейна в основании обеспечивается не полностью, эпюра изгибающих моментов в консоли кронштейна меняется и начинает соответствовать консольно-рамной расчетной схеме (при условии, что соединение кронштейна с направляющей не является шарнирным).

10.4.4 Шарнирно-рамная расчетная схема кронштейна соответствует ситуации, при которой крепление кронштейна к стене ослаблено, а консоль кронштейна защемлена в материале направляющей.

Таблица 10.6 – Расчетные схемы несущего кронштейна и эпюры изгибающих моментов.

Расчетные схемы несущего кронштейна		
Консольно-шарнирная	Консольно-рамная	Шарнирно-рамная
Значения изгибающих моментов в консоли кронштейна		
$M_{n,P} = P \cdot e;$ $M_{k,P} = 0;$	$P \cdot e = k_n \cdot M_{n,P} + k_k \cdot M_{k,P};$	$M_{k,P} = R_P \cdot e;$ $M_{n,P} = 0;$
N_W - усилие от ветровой нагрузки со стороны направляющей; P - усилие от веса направляющей, закреплённой на ней облицовки и гололеда (если учитывается); R_P - реакция в пятке кронштейна от силы P; e - расстояние от оси приложения силы P до нейтральной оси стенки пятки; $M_{n,P}$ - изгибающий момент в корне консоли (пятке) от силы P, воспринимается основанием; $M_{k,P}$ - изгибающий момент на конце консоли от реакции, вызванной силой P, воспринимается соединением, защемляя консоль в направляющей; k_n - коэффициент перераспределения момента в корне (пятке) кронштейна, как в стержне, закреплённом по концам; изменяется в пределах от 0,85 до 0,3; k_k - коэффициент перераспределения момента на конце консоли кронштейна, как в стержне, закреплённом по концам; изменяется в пределах от 0,9 до 0,6.		

11 Расчет соединений

11.1 Общие положения

11.1.1 В конструкциях НФС применяют следующие типы соединений:

- на болтах нормальной точности с шайбами под головкой болта и гайкой;
- на самонарезающих винтах, установленных в предварительно просверленные отверстия диаметром на 0,5-0,8 мм меньше, чем диаметр стержня винта по резьбе;
- на самонарезающих, самосверлящих винтах, установленных без предварительного сверления отверстий;
- на вытяжных заклепках с корпусом (гильзой) из коррозионностойкой стали или алюминиевого сплава.

11.1.2 Соединения с использованием указанных крепёжных изделий (КИ) должны быть компактны по форме. Расположение КИ должно обеспечивать удовлетворительные условия для монтажа и ремонта. При расчёте соединения необходимо установить возможные эксцентриситеты и учесть в расчете КИ соответствующие результирующие моменты.

11.1.3 При работе соединений тонкостенных конструкций следует рассматривать следующие основные виды отказов при действии продольной и поперечной нагрузки относительно оси КИ:

- вырыв КИ из материала конструкции;
- разрушение соединяемого материала в месте контакта с головкой КИ;
- разрыв КИ;
- срез КИ;
- смятие соединяемого материала;
- разрыв соединяемого материала по сечению нетто.

11.1.4 Расчётные значения прочности соединений на сдвиг и растяжение, из условий обеспечения прочности самого КИ (срез и разрыв), а также соединяемого материала при видах отказа «вырыв КИ из материала конструкции» и «разрушение соединяемого материала в месте контакта с головкой КИ», принимают на основании данных национальных стандартов, стандартов организаций или полученных на основании результатов испытаний значений нормативной прочности соединения по виду отказа $F_{n,n}$:

$$F_n = \frac{F_{n,n}}{\gamma_m}; \quad (11.1)$$

- где: F_n — расчетное сопротивление, соответствующее виду отказа соединения;
- $F_{n,n}$ — нормативное сопротивление по виду отказа соединения, выполненного КИ n-ого типа;
- γ_m — коэффициент надежности по материалу, принимаемый по таблице 11.1.

11.1.5 Расчетные значения прочности болтов на срез и растяжение, а также расчётные значения прочности соединений при других видах отказа определяют расчетом (см. п. 11.2.1-11.2.3). Коэффициент надежности по материалу принимают по таблице 11.1.

Таблица 11.1. - Значения коэффициента γ_m для определения расчётных значений сопротивления соединений.

Вид отказа соединения		γ_m	
		Самонарезающие винты	Заклепки
Соединения КИ, работающими на срез			
Смятие соединяемого материала	$0,5 \leq t \leq 0,7 \text{ мм}$	1,6	1,5
	$0,7 < t \leq 2 \text{ мм}$	1,45	
Разрыв соединяемого материала по сечению нетто		1,1	1,1
Соединения КИ, работающими на растяжение			
Разрушение соединяемого материала в месте контакта с головкой (бортиком) КИ		1,2	1,25
Вырыв КИ из материала конструкции		1,1	
Для всех других видов отказа соединений $\gamma_m = 1,25$			

11.1.6 Для соединений с числом КИ n_f более одного, с учетом неравномерности включения метизов в работу, следует принимать коэффициент условий работы $\gamma_c = 0,8$, т.е.:

$$F_v = \frac{F_{v,n}}{\gamma_m} \cdot n_f \cdot \gamma_c \qquad F_t = \frac{F_{t,n}}{\gamma_m} \cdot n_f \cdot \gamma_c \qquad (11.2)$$

где: $F_{v,n}$ и $F_{t,n}$ — нормативные сопротивления соединений, выполненные одним КИ, соответственно срезу и растяжению по результатам испытаний;
 F_v и F_t — расчетные сопротивления соединений с количеством КИ в соединении n_f соответственно срезу и растяжению;
 n_f — количество КИ в соединении.

11.1.7 Прогнозируемый срок службы КИ должен быть не менее срока службы несущих конструкций каркаса. Подтверждение срока службы осуществляется на основании опытных данных или натурных испытаний.

11.2 Несущая способность соединений

11.2.1 Для соединений на вытяжных заклёпках, самонарезающих винтах и болтах, прочность на смятие основного металла соединения с одним КИ следует определять по нижеприведенным формулам.

а) Вытяжные заклепки.

Соединение элементов из стали и алюминиевых сплавов:

$$F_{bp} = \alpha \frac{R_{un}}{\gamma_m} d_0 \cdot t; \quad \text{но не более:} \quad \frac{R_{un}}{\gamma_m} e_1 \cdot \frac{t}{1,2}; \quad (11.3)$$

б) Самонарезающие винты.

Соединение стальных элементов:

$$F_{bp} = \alpha \frac{R_{un}}{\gamma_m} dt; \quad (11.4)$$

Соединение элементов из алюминиевых сплавов:

$$F_{bp} = \alpha \frac{R_{un}}{\gamma_m} \sqrt{dt^3}; \quad (11.5)$$

в) Болтовые соединения элементов из стали и алюминиевых сплавов:

$$F_{bp} = \gamma_b R_{bp} d_b t; \quad (11.6)$$

где:

- d — номинальный диаметр стержня винта по резьбе;
- d_b — диаметр гладкой части стержня болта;
- d_0 — диаметр отверстия под заклепку;
- t — толщина более тонкого из соединяемых материалов;
- e_1 — расстояние от оси отверстия до края элемента в направлении действия силы (см. рис.11.1);
- R_{bp} — расчетное сопротивление смятию основного металла для одноболтовых соединений;
- γ_m — коэффициент надежности по металлу соединяемых элементов, определяется по таблице 11.1 настоящего СТО;
- γ_b — коэффициент условий работы болтового соединения, определяется по таблице 41 СП 16.13330;
- α — определяется по таблице 11.2 настоящего СТО для соединений стальных элементов и по таблице 11.3 для соединений элементов из алюминиевых сплавов.

Таблица 11.2 – Значения коэффициента α в зависимости от вида КИ и толщины соединяемых стальных элементов.

Вид крепежного изделия	Соотношение толщин соединяемых элементов	Значения коэффициента α
Заклепки вытяжные ($2,6\text{мм} \leq d \leq 6,4\text{мм}$)	$t_1 = t$	$\alpha = 3,6 \sqrt{\frac{t}{d}} \leq 2,1;$
	$t_1 \geq 2,5t$	$\alpha = 2,1$
	$t < t_1 < 2,5t$	α – по линейной интерполяции
Винты самонарезающие	Если $t < 1,0\text{мм}$ и $t_1 = t$ или $t_1 \geq 2,5t$	$\alpha = 3,2 \sqrt{\frac{t}{d}} \leq 2,1;$
	Если $t \geq 1,0\text{мм}$ и $t < t_1 < 2,5t$ или $t_1 \geq 2,5t$	$\alpha = 2,1$

где: t_1 – толщина более толстого из соединяемых элементов.

Таблица 11.3 – Значения коэффициента α в зависимости от вида КИ и толщины соединяемых элементов из алюминиевых сплавов.

Вид крепежного изделия	Соотношение толщин соединяемых элементов	Значения коэффициента α
Заклепки вытяжные ($2,6\text{мм} \leq d \leq 6,4\text{мм}$) и винты самонарезающие	$t_1 = t$	$\alpha = 2,5$
	$t_1 \geq 2,5t$	$\alpha = 1,5$
	$t < t_1 < 2,5t$	α – по линейной интерполяции

где: t_1 – толщина более толстого из соединяемых элементов.

11.2.2 Расчётные значения прочности сечений нетто на разрыв элементов при сдвиге, соединённых в одной точке крепления, для различных видов крепежных изделий F_{nt} , определяют по результатам испытаний, либо расчетом в соответствии с таблицей 11.4.

Таблица 11.4 – Расчетная прочность сечений нетто при сдвиге соединяемых элементов в зависимости от вида КИ.

Вид крепежного изделия	Расчетные значения прочности сечения нетто при сдвиге
Заклепки вытяжные, винты самонарезающие	$F_{nt} = \frac{A_n \cdot R_{un}}{\gamma_m}$
Болты	$F_{nt} = \gamma_b \frac{A_n \cdot R_{un}}{\gamma_m}$

где: A_n – площадь сечения нетто одного из соединяемых элементов;
 R_{un} – временное сопротивление разрыву основного материала, в котором установлено крепежное изделие;
 γ_b – коэффициент условий работы болтового соединения, определяется по таблице 41 СП 16.13330.2017;
 γ_m – коэффициент надежности по металлу соединяемых элементов, определяется по таблице 11.1 настоящего СТО для вытяжных заклепок и самонарезающих винтов и по таблице 6.6 настоящего СТО для болтов.

11.2.3 Прочность болтов на срез и растяжение в соединении с одним КИ следует определять по формулам:

- на срез

$$F_{bs} = \gamma_b \cdot A_b \cdot n_s \cdot R_{bs} \quad (11.7)$$

- на растяжение

$$F_{bt} = A_{bn} \cdot R_{bt} \quad (11.8)$$

где: A_b — площадь сечения стержня болта брутто;
 A_{bn} — площадь сечения резьбовой части болта нетто;
 n_s — число расчетных срезов одного болта;
 γ_b — коэффициент условий работы болтового соединения, определяется по таблице 41 СП 16.13330.2017;
 R_{bs}, R_{bt} — расчетные сопротивления одноболтовых соединений.

11.2.4 При отсутствии экспериментальных данных, прочность соединений по видам отказа «вырыв винта из материала конструкции» и «разрушение соединяемого материала в месте контакта с головкой винта» можно определить расчетом.

11.2.5 Формулы для расчета прочности соединений по виду отказа «вырыв винта из материала конструкции» приведены в таблице 11.5.

Таблица 11.5 – Расчетная прочность на вырыв винта из материала конструкции.

Отношение толщины материала конструкции к шагу резьбы	Расчётное значение несущей способности
$\frac{t_s}{S} < 1$	$F_{bv} = 0,45 \cdot d \cdot t_s \cdot R_s$
$\frac{t_s}{S} \geq 1$	$F_{bv} = 0,65 \cdot d \cdot t_s \cdot R_s$
R_s — расчетное сопротивление на срез материала конструкции; t_s — толщина материала конструкции, к которой крепят винт; S — шаг резьбы винта.	

11.2.6 Формулы для расчета прочности соединений по виду отказа «разрушение соединяемого материала в месте контакта с головкой винта» приведены в таблице 11.6.

Таблица 11.6 – Расчетная прочность на разрушение присоединяемого материала в месте контакта с головкой винта.

Наименование нагрузок	Расчетное значение несущей способности
Статические	$F_{bd} = d_w \cdot t \cdot \frac{R_{un}}{\gamma_m}$
Ветровые Ветровые + статические	$F_{bd} = 0,5 \cdot d_w \cdot t \cdot \frac{R_{un}}{\gamma_m}$
R_{un} — временное сопротивление разрыву основного материала, в котором установлено крепежное изделие; d_w — диаметр пресс-шайбы или головки винта; t — толщина листа под головкой винта; γ_m — коэффициент надежности по металлу соединяемых элементов, определяется по таблице 11.1 настоящего СТО.	

11.2.7 При одновременном действии на крепёжное изделие сдвига $F_{bs,com}$ и растяжения $F_{bt,com}$ при условии, что несущая способность соединения на сдвиг и растяжение F_{bs} и F_{bt} определены расчетом, несущую способность соединения следует определять по формуле:

$$\sqrt{\left(\frac{F_{bt,com}}{F_{bt}}\right)^2 + \left(\frac{F_{bs,com}}{F_{bs}}\right)^2} \leq 1; \quad (11.9)$$

11.3 Конструктивные требования к исполнению соединений

11.3.1 Минимально допустимые расстояния между точками креплений и от их осей до краев соединяемых элементов представлены на рисунке 11.1 и принимаются по таблице 11.7 для стальных конструкций и по таблице 11.8 для конструкций из алюминиевых сплавов. В случае, когда усилия в соединении незначительны, при расчете на смятие основного металла соединяемых элементов, допускается принимать сокращенные расстояния до края, но при этом следует уменьшать расчетное сопротивление по смятию на 40%.

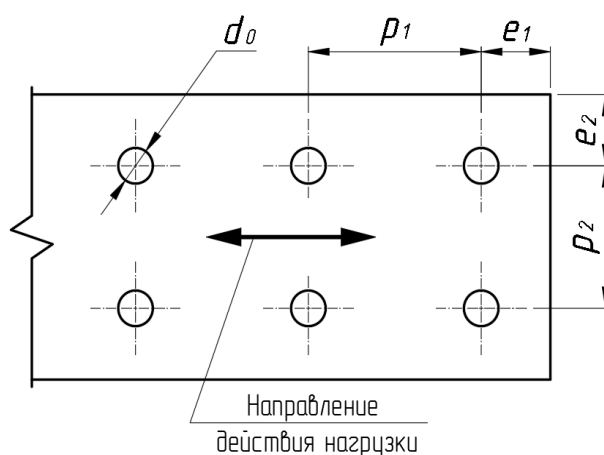


Рисунок 11.1 – Расположение точек крепления в соединениях.

Таблица 11.7 – Минимально допустимые расстояния между КИ и от их осей до краев соединяемых элементов по СП 260.1325800.2016 (кроме винтов самонарезающих, самосверлящих).

Размер по рисунку 11.1	Тип КИ, (размеры, мм)		
	Заклепка вытяжная $2,6 \leq d \leq 6,4$	Винт самонарезающий, самосверляющий $3,0 \leq d^* \leq 8,0$	Болтовое соединение (минимальный размер М6 по ГОСТ 7798)
e_1	$1,5 d_0$	$4,5d$	$2,0 d_0$
e_2	$1,5 d_0$	$4,5d$	$1,5 d_0$
p_1	$3,0 d_0$	$4,5d$	$2,5 d_0$
p_2	$3,0 d_0$	$4,5d$	$2,5 d_0$
*Номинальный диаметр винта			

Таблица 11.8 – Минимально допустимые расстояния между КИ и от их осей до краев соединяемых элементов по СП 128.1325800.2016 (кроме винтов самонарезающих, самосверлящих).

Размер по рисунок 11.1	Тип КИ, (размеры, мм)		
	Заклепка вытяжная $2,6 \leq d \leq 6,4$	Винт самонарезающий, самосверляющий $3,0 \leq d^* \leq 8,0$	Болтовое соединение (минимальный размер М6 по ГОСТ 7798)
e_1	$2,5 d_0$	$4,5d$	$2,5 d_0$
e_2	$2,5 d_0$	$4,5d$	$2,5 d_0$
p_1	$3,0 d_0$	$4,5d$	$3,5 d_0$
p_2	$3,0 d_0$	$4,5d$	$3,5 d_0$
*Номинальный диаметр винта			

11.3.2 Диаметр отверстий под винты, вытяжные заклепки и болты должен отвечать требованиям технических регламентов изготовителя. Эти регламенты должны быть основаны на следующих критериях:

- момент закручивания должен быть больше, чем момент, требуемый для нарезания резьбы в соединяемом элементе;
- момент закручивания должен быть менее 2/3 момента, вызывающего скручивание стержня (головки) винта;
- бортики вытяжных заклепок, а также головки самонарезающих винтов должны быть расположены со стороны более тонкого из соединяемых листов;
- приведенные правила расчета соединений на вытяжных заклепках применимы только в тех случаях, когда диаметр отверстия превышает диаметр заклепки не более чем на 0,1 мм.
- для расчета соединений на болтах М12 и более при диаметрах отверстий, превышающих диаметр болта на 2 мм, рекомендации приведены в СП 16.13330.2017.

11.3.3 При использовании самосверлящих самонарезающих винтов не допускается предварительное сверление отверстия на месте крепления.

12 Расчет кассетных панелей из металлических и металлокомпозитных материалов

12.1 Общие положения

12.1.1 Для изготовления кассетных панелей из листового проката или металлокомпозитных материалов могут быть использованы листы из алюминия толщиной 1,5 – 3,0 мм, стали или композитные трёхслойные листы с облицовками из алюминия или стали с сердцевинной из полиэтилена с антипиреновым наполнением. Физико-механические свойства алюмокомпозитных материалов для изготовления фасадных кассет приведены в таблице 12.1.

Таблица 12.1 – Физико-механические свойства алюмокомпозитных материалов*.

Толщина композитного листа, мм	4,0	4,0	6,0
Толщина алюминиевых облицовок, мм	0,4	0,5	0,5
Геометрические и механические параметры композитных листов			
Вес панели (максимальный), кгс/м ²	7,4	7,6	10,8
Момент инерции, I (см ⁴ /м)	0,285	0,348	0,798
Момент сопротивления, W (см ³ /м)	1,425	1,74	2,66
Жёсткость при изгибе, EI (кНсм ² /м)	7000		
Предел прочности при растяжении, R_{un} , (МПа)	≥ 100		
Предел текучести при растяжении, R_{yn} , (МПа)	≥ 90		
Расчётное сопротивление при изгибе, R_y , (МПа)	≤ 60		
Предел прочности при отслаивании облицовки от сердцевины, R_{so} , (МПа)	$\leq 6,0$		
Коэффициент линейного расширения мм/м-град. С	0,024		

*Справочно.

12.1.2 Основные нормативные и расчётные характеристики облицовок из стали и алюминиевых сплавов приведены в табл. 6.1, 6.2 и 6.4.

12.2 Расчет кассетных панелей

12.2.1 Если фасадная плоскость панели имеет соотношение сторон $L/B \leq 2$, то расчёт плоскости выполняется как для пластинки, защемлённой по всем сторонам. Расчётная схема показана на рисунке 12.1.

Для фасадной плоскости панели, у которой соотношение сторон $L/B > 2$, плоскость панели рассчитывается как балка шириной 1 м. пролётом « B » с двумя защемленными концами. При расчёте балки рассматриваются вертикальная или горизонтальная полоса шириной 1 м. Для неё определяются нагрузка p на 1м длины и изгибающие моменты (опорные и пролётные). Расчётная схема показана на рисунке 12.2.

При расчёте на прочность фасадной плоскости панели с любым соотношением сторон:

$$p = W_{p+(-)} \cdot H(H/\text{м}). \text{ Где } H - \text{полоса плоскости панели шириной 1м.}$$

Расчетное сопротивление фасадной плоскости панели принимают в соответствии со стандартами поставщика металлокомпозитного материала. Если есть данные по нормативному сопротивлению металлокомпозитного листа в целом, то используют эти показатели с коэффициентом надежности $\gamma_m = 1,25$ и с моментом сопротивления полного сечения.

Если данные отсутствуют, допускается включать в расчёт облицовки только данные с расчётным сопротивлением металла и моментом сопротивления сечения в виде двух связанных облицовок (см. п 12.2.9).

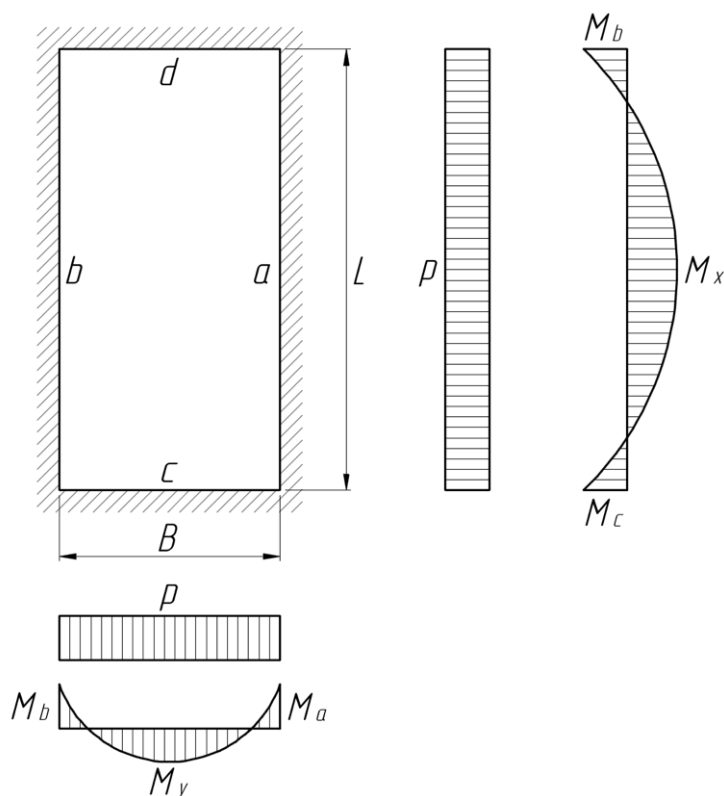
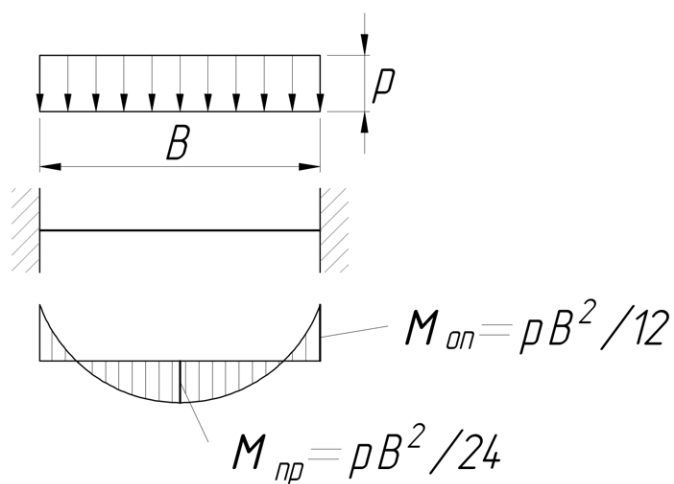


Рисунок 12.1 - Расчетная схема плоскости панели с отношением сторон $L/B \leq 2$.



$p = W_{p+(-)} \cdot H(H/м)$ - расчетная ветровая нагрузка на 1 м длины балки шириной 1 м.

Рисунок 12.2 Расчетная схема плоскости панели с отношением сторон $L/B > 2$.

12.2.2 Определение расчетных усилий в пластине, защемлённой по всем сторонам, производят с помощью коэффициентов, приведенных в таблице 12.2. Расчетная схема пластины дана на рисунке 12.3. Ниже приведены формулы для расчета изгибающих моментов в центре пластины и серединах опорных кромок:

$$M_x = C_4 \cdot p \cdot B^2; \quad (12.1)$$

$$M_y = C_5 \cdot p \cdot B^2; \quad (12.2)$$

$$M_a = M_b = C_2 \cdot p \cdot B^2; \quad (12.3)$$

$$M_c = M_d = C_3 \cdot p \cdot B^2; \quad (12.4)$$

где: M_x, M_y — пролетные изгибающие моменты в центре пластины, Нм;
 M_a, M_b, M_c, M_d — опорные изгибающие моменты в серединах опорных кромок пластины, Нм;
 C_2, C_3, C_4, C_5 — коэффициенты по таблице 12.2;
 B — длина меньшей стороны пластины, м.
 $p = W_{p+(-)} \cdot H$ (Н/м) — расчетная ветровая нагрузка на 1 м длины балки шириной $H = 1$ м.

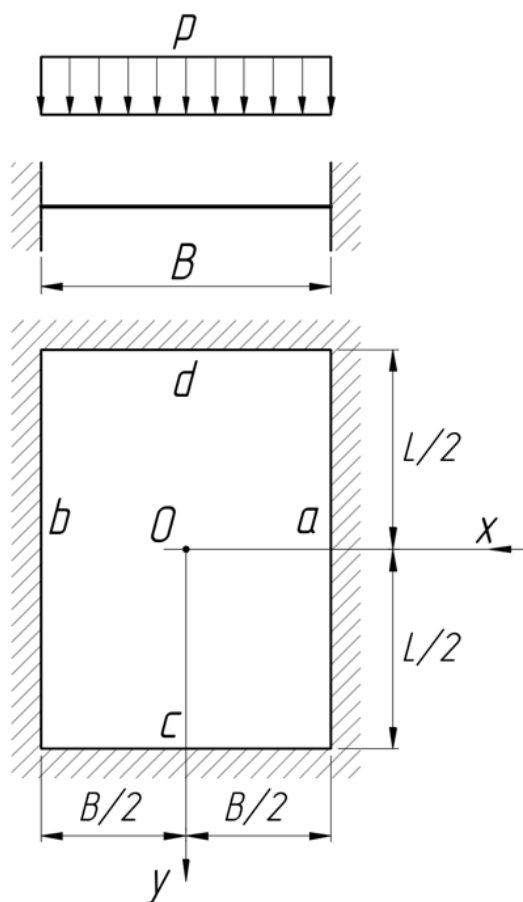


Рисунок 12.3 - Расчетная схема пластины для табл.12.2.

Таблица 12.2. Прогобы и изгибающие моменты равномерно нагруженной прямоугольной пластины, защемлённой по контуру $\nu = 0,3$

$\frac{L}{B}$	$x = 0, y = 0$	$x = \frac{B}{2}; y = 0$	$x = 0; y = \frac{L}{2}$	$x = 0, y = 0$	
	$(f) = C_1 q_n \frac{B^4}{D}$	$(M_{a,b}) = C_2 p B^2$	$(M_{c,d}) = C_3 p B^2$	$(M_x) = C_4 p B^2$	$(M_y) = C_5 p B^2$
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
1,0	0,00126	-0,0513	-0,0513	0,0231	0,0231
1,1	0,00150	-0,0581	-0,0538	0,0264	0,0231
1,2	0,00172	-0,0639	-0,0554	0,0299	0,0228
1,3	0,00191	-0,0687	-0,0563	0,0327	0,0222
1,4	0,00207	-0,0726	-0,0568	0,0349	0,0212
1,5	0,00220	-0,0757	-0,0570	0,0368	0,0203
1,6	0,00230	-0,0780	-0,0571	0,0381	0,0193
1,7	0,00238	-0,0799	-0,0571	0,0392	0,0182
1,8	0,00245	-0,0812	-0,0571	0,0401	0,0174
1,9	0,00249	-0,0822	-0,0571	0,0407	0,0165
2,0	0,00254	-0,0829	-0,0571	0,0412	0,0158

Примечание: таблица взята из справочника «Прочность. Устойчивость. Колебания». Биргер И.А. 1968г., Том 1, стр. 557, табл.26.

12.2.3 Проверка сечения пластины панели по деформативности:

$$f = C_1 \frac{q_n \cdot B^4}{D} \leq \frac{b}{150}; \quad (12.5)$$

где: f — прогиб в центре пластины, см;
 C_1 — коэффициент по таблице 12.2;
 q_n — нормативная ветровая нагрузка на 1 см² пластины;
 B — меньшая сторона пластины;
 L — большая сторона пластины;
 $D = \frac{E \cdot t^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)}$ — цилиндрическая жёсткость пластины;
 t — толщина листа металла композитного материала кассеты, см;
 $\nu = 0,3$ — коэффициент Пуассона.

12.2.4 Возможно выполнение расчёта пластины и панели в целом методом конечных элементов на ЭВМ.

12.2.5 Панели на фасаде могут размещаться вертикально при $L > B$ или горизонтально при $L < B$.

Ориентация панели определяет конструктивные подходы при проектировании рёбер жёсткости кассетных панелей и их крепления к каркасу.

12.2.6 Для вертикально ориентированной панели расчёт не усиленного горизонтального ребра, выполненного путём отгиба листа панели, выполняется как для однопролётной балки пролётом « B », равным

ширине панели и сечением в форме уголка, Z-профиля или швеллера (см. рисунок 12.5). Высота сечения h_1 равна высоте горизонтального отгиба листа кассеты. Ширина части фасадной плоскости панели, включаемой в работу сечения ребра, зависит от материала кассеты:

- $b_1 = 12t$ — для композитных листов из алюминия;
 - $b_1 = 15t$ — для сплошного алюминиевого листа;
 - $b_1 = 15t$ — для композитных листов из стали;
 - $b_1 = 20t$ — для сплошных стальных листов;
- где: t — толщина листа металла композитного материала панели.

12.2.7 Если горизонтальное ребро имеет дополнительный отгиб, то он включается в сечение ребра с шириной не более b_1 . Размер дополнительного отгиба b_1 определяется по формулам:

- $b_1 = 8t$ — для композитных листов из алюминия;
- $b_1 = 10t$ — для сплошного алюминиевого листа;
- $b_1 = 10t$ — для композитных листов из стали;
- $b_1 = 12t$ — для сплошных стальных листов.

Распределение ветровой нагрузки между окаймляющими ребрами панели даны на рисунке 12.4. Расчётная схема, сечения горизонтального ребра, эпюра моментов в горизонтальном ребре показаны на рисунке 12.5.

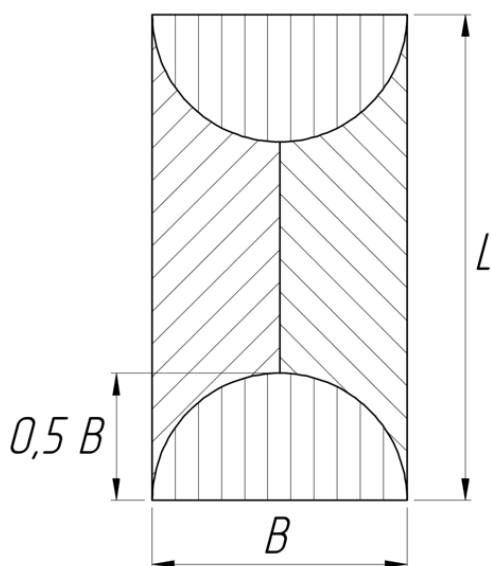


Рисунок 12.4 Распределение ветровой нагрузки между окаймляющими ребрами панели.

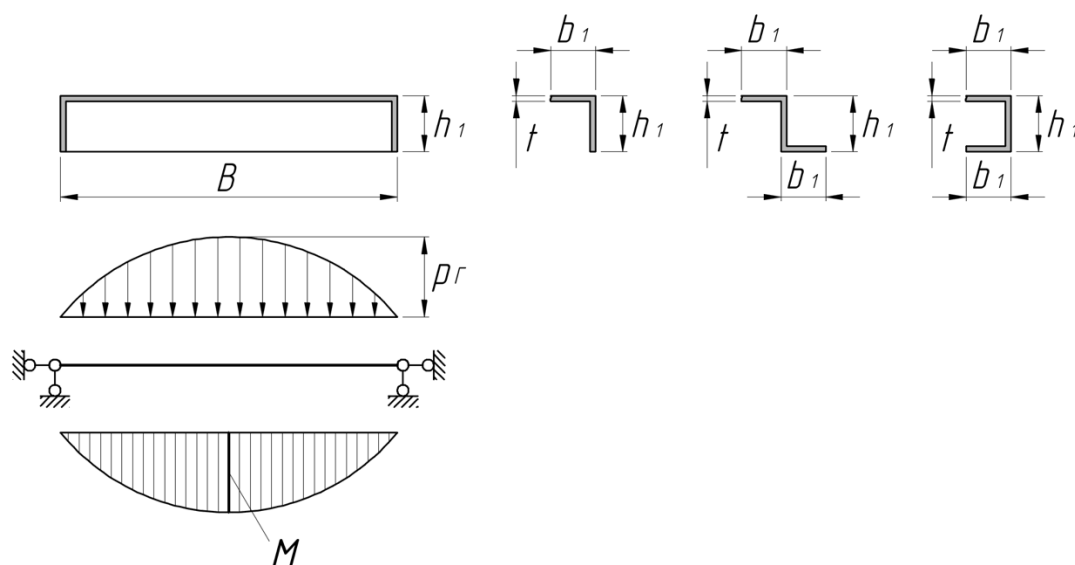


Рисунок 12.5 Расчетная схема горизонтального ребра панели.

12.2.8 Ветровая нагрузка на горизонтальное ребро панели распределяется по параболе с максимальным значением p_r в середине ребра равным:

$$p_r = \frac{W_{p+(-)} \cdot B}{2} \text{ (Н/м)} \quad (12.6)$$

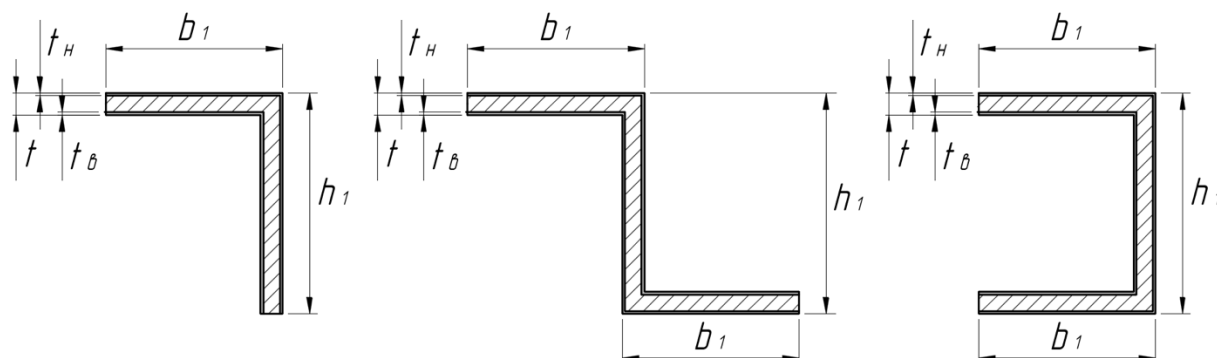
где: $W_{p+(-)}$ (Н/м²) — расчетное значение ветровой нагрузки;

B — длина ребра кассеты, м.

Момент в середине пролета ребра от параболически распределённой нагрузки равен:

$$M = \frac{5 \cdot p_r \cdot B^2}{48} \left(\frac{H}{\text{м}} \right) \quad (12.7)$$

12.2.9 При определении момента сопротивления сечения ребра из композитных материалов следует учитывать только материал алюминиевых или стальных обшивок (см. рисунок 12. 6).



t_H - толщина листа наружной обшивки панели;

t_B - толщина листа внутренней обшивки панели.

Рисунок 12.6 - Варианты расчётного сечения горизонтального ребра панели.

12.2.10 Вертикальное ребро панели, ориентированной вертикально с креплением на «иклях» рассчитывают, в зависимости от конструкции крепления, как:

- однопролетные балки с числом пролетов равным $n - 1$, где n – число опор («иклей») на вертикальном ребре, максимальный момент от ветровой нагрузки возникает в среднем пролёте и равен моменту в однопролётной балке (см. рисунок 12.7);

- многопролётную неразрезную балку, максимальный момент от ветровой нагрузки возникает на вторых опорах с концов балки (см. рисунок 12.8).

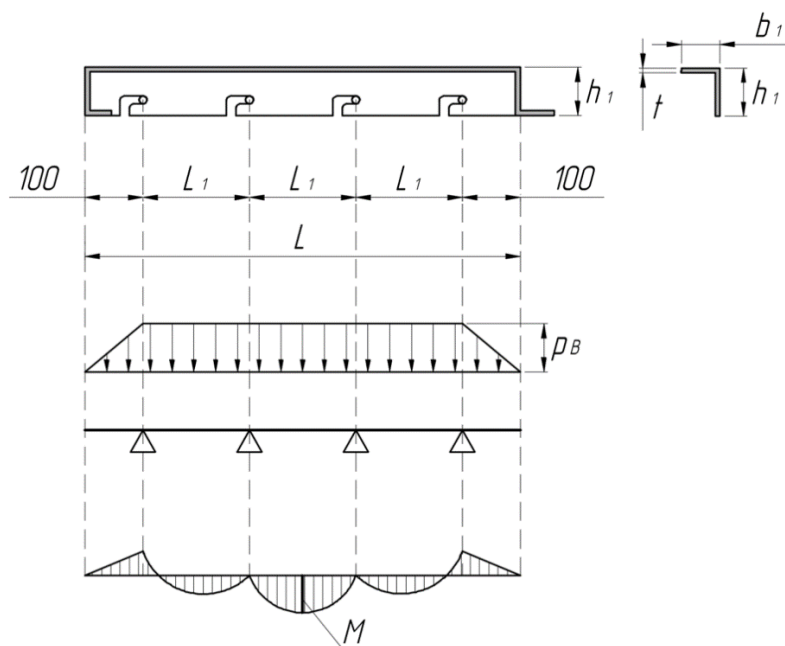


Рисунок 12.7 - Расчётная схема вертикального ребра панели (однопролетные балки).

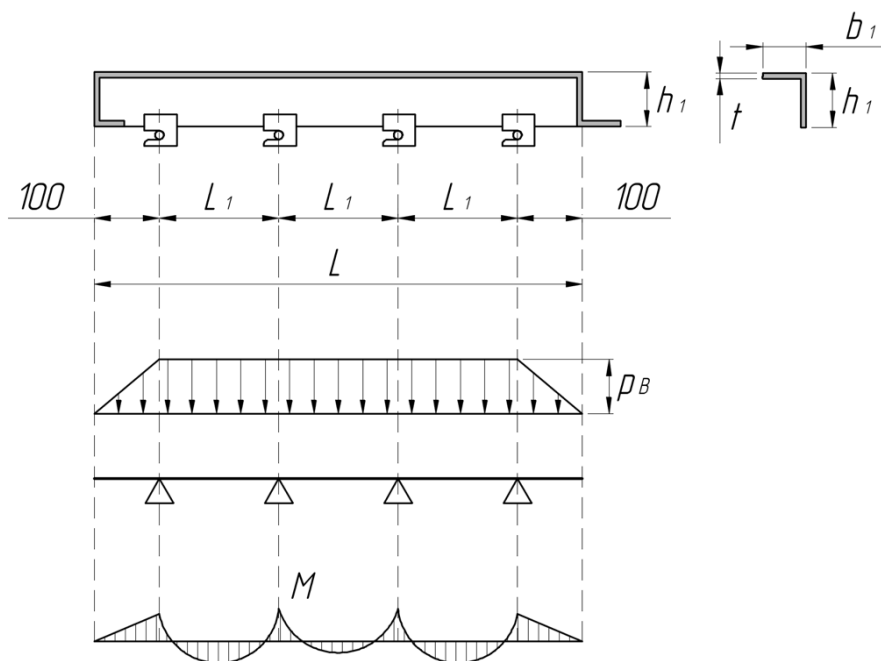


Рисунок 12.8 - Расчётная схема вертикального ребра панели (многопролетная неразрезная балка).

12.2.11 Расчет горизонтального ребра панели, ориентированной горизонтально, следует проводить аналогично п.12.2.6. Если ширина панели значительно больше высоты, то ветровая нагрузка на горизонтальное ребро определяется как на вертикальное ребро панели по схеме рисунка 12.4. Сечения горизонтального ребра, расчетная схема и эпюра моментов в горизонтальном ребре показаны на рисунке 12.9.

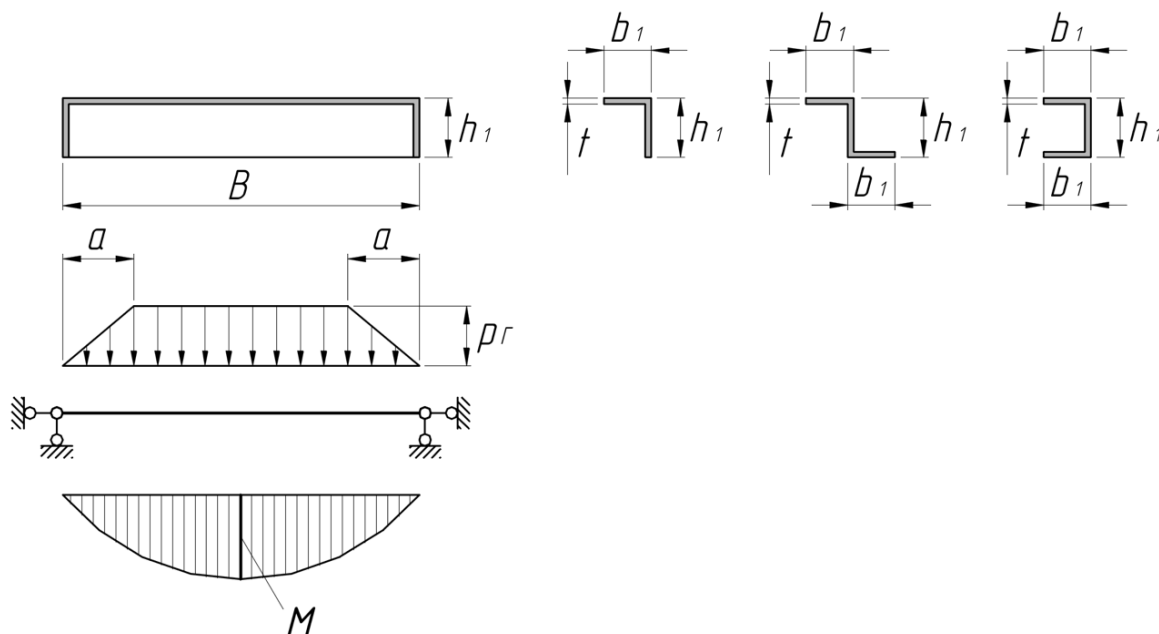
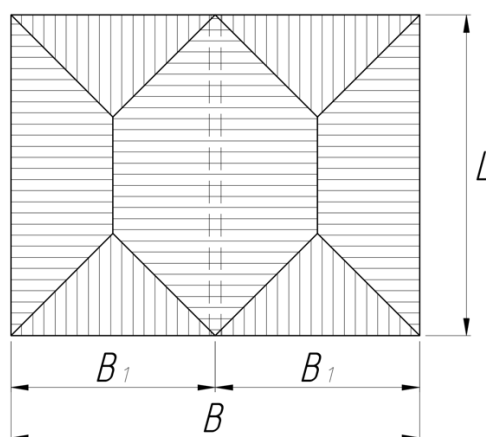


Рисунок 12.9 - Расчетная схема горизонтального ребра панели при $B \gg L$.

12.2.12 Если фасадный лист панели не соответствует по прочности действующей ветровой нагрузке, следует предусмотреть усиление фасадной поверхности вертикальным, либо горизонтальным промежуточным ребром. В качестве усиливающих рёбер могут использоваться профили с сечением в виде уголка, швеллера, а также профили коробчатого сечения. Плоскость панели, усиленная ребром, разделяется на две части (см. рисунок 12.10), и каждая часть панели рассчитывается согласно п. 12.2.2.



B_1 – гипотенуза равнобедренного прямоугольного треугольника.

Рисунок 12.10 - Схема условного распределения ветровой нагрузки по грузовым площадям между рёбрами панели.

12.2.13 Среднее ребро рассчитывают, как однопролётную балку пролётом L с сечением, состоящим из ребра и части панели шириной b_1 (см. рисунок 12.11). Величину b_1 назначают в соответствии с пунктами 12.2.6 и 12.2.7. Если панель выполнена из композитного материала, то сечение балки состоит только из профиля усиливающего ребра.

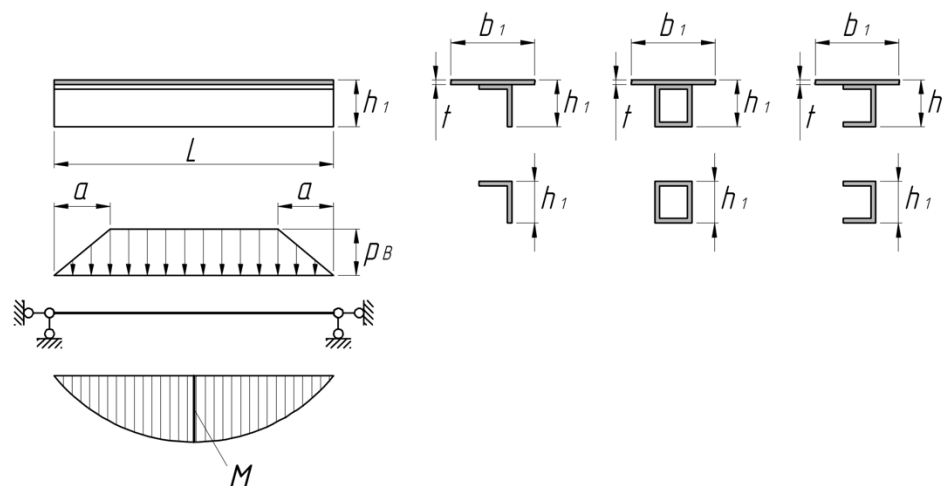


Рисунок 12.11 - Расчётная схема среднего ребра панели.

12.2.14 Горизонтальное ребро панели с дополнительным вертикальным (средним) ребром рассчитывают, как однопролётную балку. Размеры сечения балки определяют согласно п. 12.2.9. Балка воспринимает ветровую нагрузку с части фасадного листа панели и усилие от среднего ребра. Расчётная схема горизонтального ребра показана на рисунке 12.12.

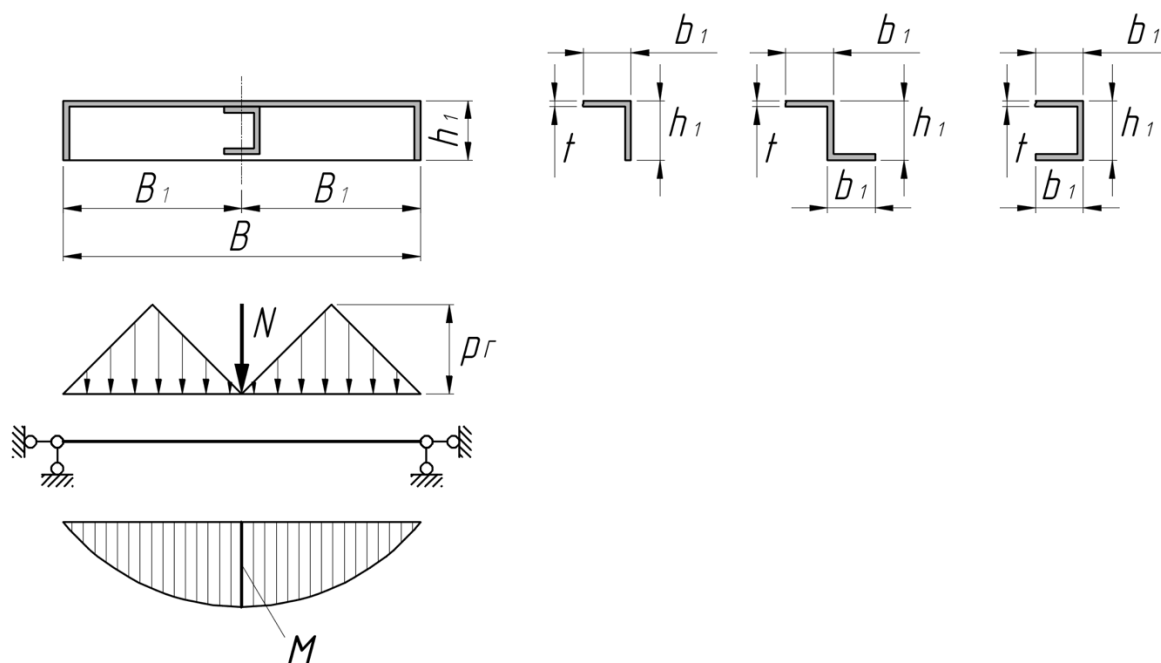


Рисунок 12.12 - Расчётная схема горизонтального ребра панели с усилением. M – суммарный момент от распределенной нагрузки и сосредоточенной силы.

12.2.15 Если сечения окаймляющих ребер панели, образованных простым отгибом листа, не обладают

необходимой несущей способностью, их следует усилить дополнительными профилями. Для усиления могут использоваться профили с сечением в виде уголка, швеллера, а также профили коробчатого сечения. Расчёт панелей с усиленными окаймляющими рёбрами выполняется аналогично расчету панелей без усиления. Для панелей из композитных материалов, при определении моментов сопротивления усиленных рёбер, следует учитывать только усиливающий профиль. Для панелей из алюминиевых и стальных листов необходимо проверять крепление ребер панели к усиливающим рёбрам на сдвиговое усилие.

12.2.16 При жестком креплении горизонтальных рёбер панели с $B \gg L$ к трем и более вертикальным направляющим каркаса, рёбра рассчитывают, как неразрезные двух и более пролетные балки. Поперечное сечение горизонтальных рёбер определяется согласно пунктам 12.2.6 и 12.2.7. Ветровая нагрузка на всю длину горизонтального ребра определяется в соответствии с рисунком 12.12.

12.2.17 Максимальные моменты возникают на опорах: $M_{max} = k_m \cdot p_r \cdot l^2$; максимальные опорные реакции определяют по формуле: $F_{max} = k_f \cdot p_r \cdot l$. Где: l - пролет балки, значения коэффициентов k_m и k_f приведены в табл.12.3.

Таблица 12.3 – Коэффициенты для определения максимальных значений изгибающих моментов и опорных реакций в горизонтальных рёбрах панели.

Коэффициенты	Количество пролетов балки				
	1	2	3	4	5
k_m	0,125*	0,125	0,100	0,107	0,105
k_f	0,5	1,25	1,1	1,143	1,132

* Момент в пролете.

13 Кляммерные крепления облицовочных материалов

13.1 Общие положения

13.1.1 Кляммерные крепления облицовочных материалов в виде керамогранитных плит, плит из натурального или искусственного камня и других подобных им облицовочных материалов являются наиболее массово встречающимся видом креплений. К основным деталям кляммерных креплений относят кляммеры и кляммерные планки.

13.1.2 Кляммеры следует изготавливать из коррозионностойкой стали. При расчёте кляммеров следует учитывать особенность этого материала - большую пластичность и значительный разрыв в величинах условного предела текучести и предела прочности стали. При расчёте кляммеров следует допускать достижение пластики в сечении его элементов и смещение за счёт этого точки приложения нагрузки к лапкам кляммера.

13.1.3 Кляммерные (крепежные) планки помимо коррозионностойкой стали, допускается изготавливать из окрашенной оцинкованной стали, стали с полимерным покрытием и алюминиевых сплавов.

13.2 Конструктивный расчет кляммерных креплений

13.2.1 При расчёте кляммерных деталей крепления следует проверять:

- в кляммерах: прочность крепёжных лапок и кляммерных пластин;
- в кляммерных планках: прочность крепёжных лапок, поперечное сечение планки, продольное сечение элементов планки (при необходимости);
- местную прочность кляммерных пластин и стенок кляммерных планок в районе контакта с бортиком заклепки или головкой винта;
- прочность крепления кляммерных деталей к элементам каркаса НФС.

13.2.2 В виду большого разнообразия типов кляммеров и кляммерных планок далее приводится принципиальный подход к расчёту этого вида крепления, на примере расчета кляммера, изображённого на рисунке 13.1.

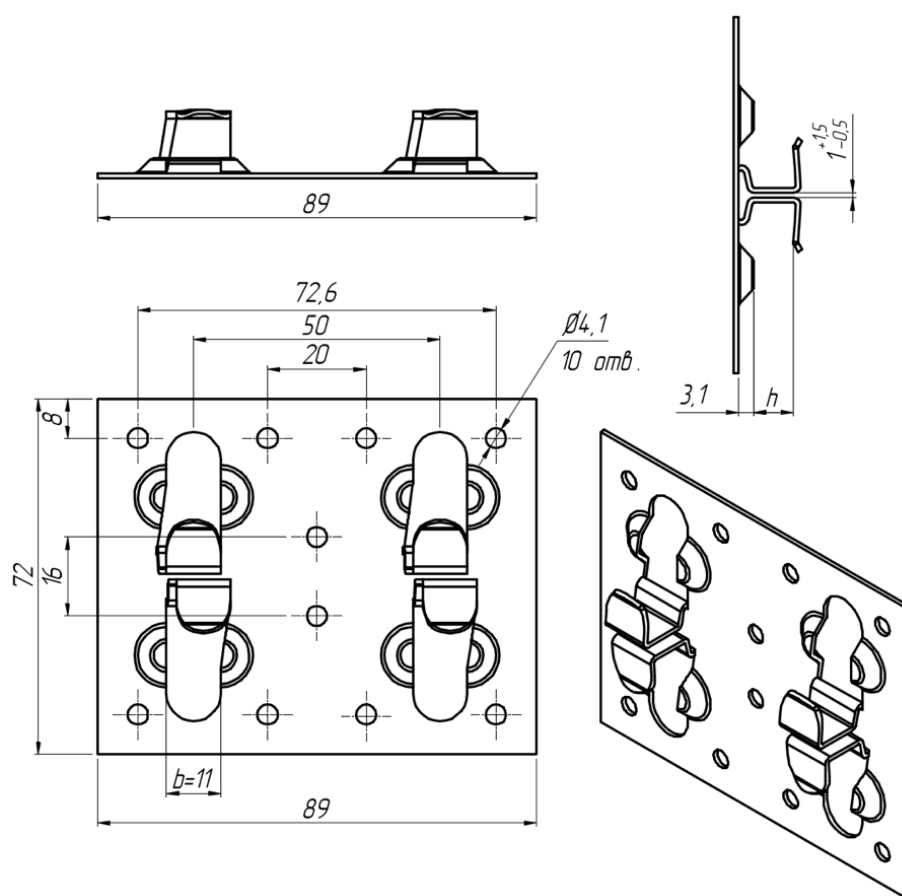


Рисунок 13.1 - Общий вид кляммера.

13.2.3 Расчёт лапки кляммера на отгиб следует вести в соответствии с расчётной схемой, приведенной на рисунке 13.2. На схеме приложение максимальной нагрузки от ветра P_w и собственного веса P сосредоточено в точках, соответствующих деформированному состоянию лапки при воздействии расчётной ветровой нагрузки.

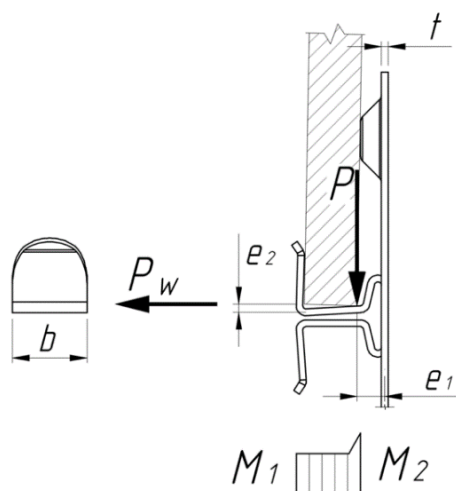


Рисунок 13.2 - Расчётная схема лапки кляммера при воздействии ветровой нагрузки, веса облицовки и обледенения, где $e_2 = t/2 + r$.

13.2.4 Опорную пластину кляммера следует проверять на отгиб от действия ветровой нагрузки P_w , как это показано на рисунках 13.3 и 13.4.

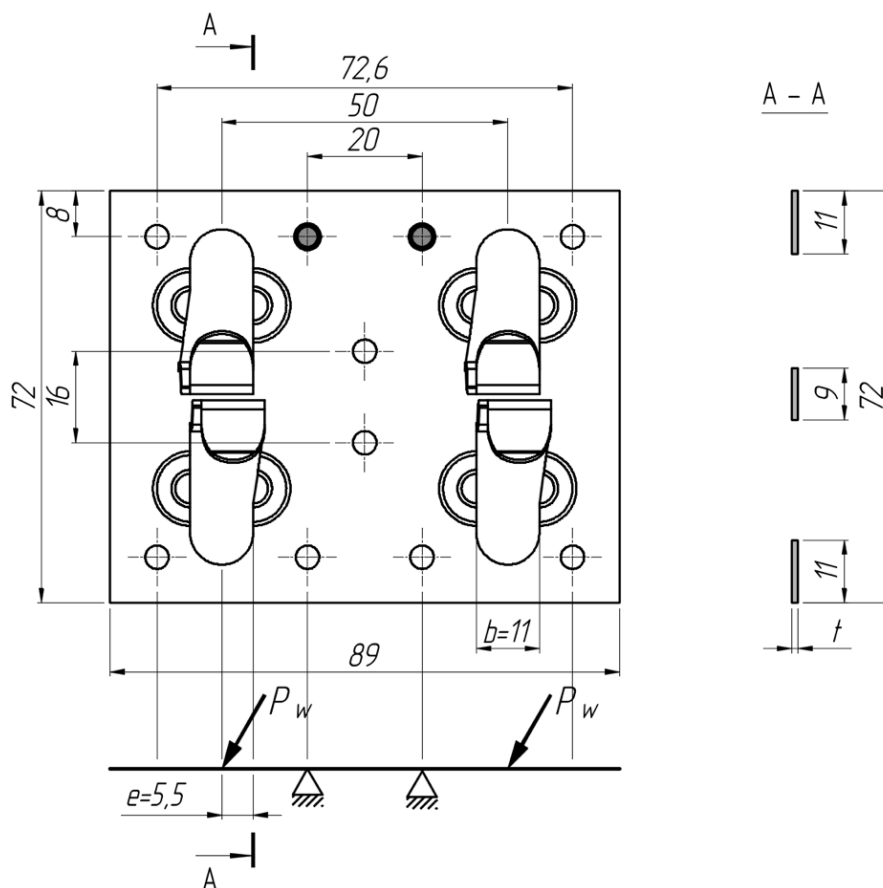


Рисунок 13.3 – Расчетная схема кляммерной пластины по сечению А – А.

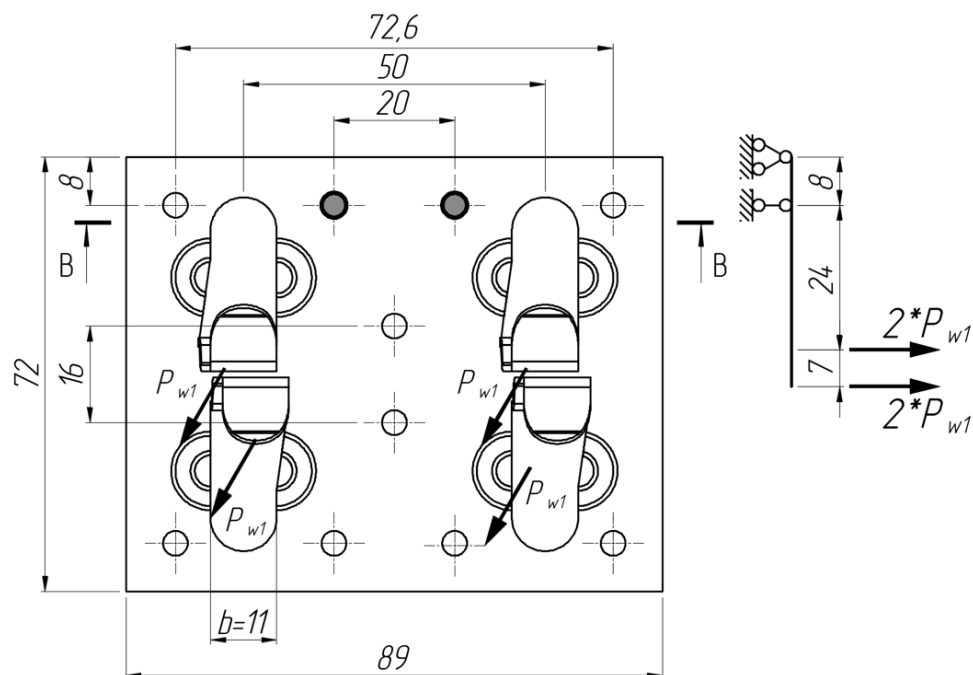


Рисунок 13.4 – Расчетная схема кляммерной пластины по сечению В – В.

13.2.5 Пример схемы расположения кляммеров при креплении стандартных облицовочных плит размером 600×600мм и плит больших размеров (600×1200 мм) показан на рисунке 13.5.

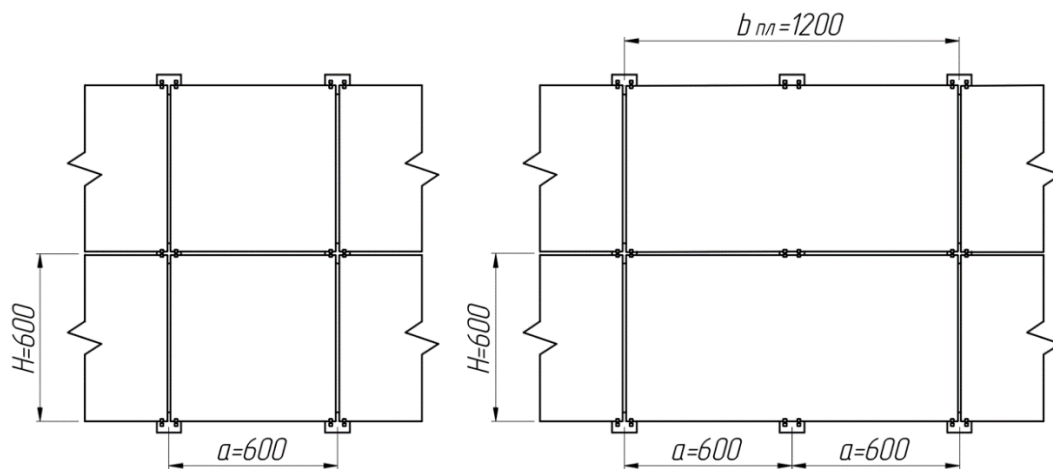


Рисунок 13.5 – Пример схемы расположения кляммеров на керамогранитных плитах стандартных и больших размеров.

13.2.6 По схеме крепления плиты большого размера на рисунке 13.5 плита облицовки работает как двухпролётная балка, следовательно, при определении ветровой нагрузки на лапки средних кляммеров надо учитывать коэффициент неразрезности. Для нагрузок в плоскости плиты, обладающей высокой жёсткостью (собственный вес, гололёд) следует нагрузку распределять равномерно между лапками кляммеров.

14 Особые конструктивные требования

14.1 При проектировании НФС во избежание прогрессирующего обрушения следует разбивать фасад швами на отдельные блоки площадью не более 60 м². Рекомендуется совмещать эти швы с температурными швами, а также с архитектурным оформлением фасада в виде пилонов, карнизов, балконов и т.п.

14.2 При формировании деформационных швов между смежными вертикальными и горизонтальными линейными элементами каркаса следует предусматривать температурные зазоры. Размер зазора определяется расчётом, при отсутствии расчёта зазор определяется в соответствии с данными таблицы 14.1.

Таблица 14.1. – Зазоры между линейными элементами каркаса.

Вид металла каркаса	Зазор между смежными линейными элементами при их длине, мм		
	3000	6000	12000
Сталь углеродистая и коррозионностойкая	5	10	15
Алюминиевые сплавы	10	15	20

14.3 При конструктивном оформлении каркасов НФС не допускается использовать типовые решения каркасов для крепления на них элементов рекламы, светового оформления, кондиционеров и другого дополнительного оборудования. Для этих целей следует разрабатывать либо индивидуальные решения каркасов с учётом действия дополнительных нагрузок, либо крепить это оборудование непосредственно к несущим стенам, перекрытиям, каркасам с помощью дополнительных индивидуальных элементов крепления.

14.4 Для удобства монтажа НФС с креплением кронштейнов в плиты перекрытий рекомендуется располагать стыковые узлы вертикальных направляющих выше рабочей поверхности плиты перекрытия.

14.5 При использовании в облицовке НФС кладки из облицовочного кирпича следует высоту кладки назначать исходя из её прочности, но не выше 12000мм. Кладку следует укреплять стальными арматурными каркасами в каждом 4 – 6 швах, в зависимости от интенсивности ветровой нагрузки. Швы, усиленные арматурными каркасами, должны быть соединены с несущей стеной здания гибкими горизонтальными связями.

14.6 Крепления крупноразмерных плит облицовки в виде волокнистоцементных плит, большеформатных керамогранитных плит, закалённого стекла и т.п. должны допускать температурные перемещения относительно элементов каркаса НФС.

14.7 При проектировании типа крепления вертикальной направляющей к кронштейнам с дифференцированным назначением следует размещать несущие кронштейны в верхней части вертикальных направляющих, чтобы собственный вес конструкции с облицовкой и возможный гололёд создавали в сечениях направляющей растягивающие напряжения.

14.8 При использовании в НФС кронштейнов с вылетом консоли более 300 мм (с учётом удлинителя) следует проводить расчёт на общую устойчивость консоли от сжимающей и изгибаемой нагрузок и, при необходимости, рассматривать возможность усиления консоли кронштейна, в том числе с помощью подкосов в плоскости консоли или распорок в сжатой зоне из плоскости кронштейна.

14.9 При расчете ветровой и гололёдной нагрузок на облицовку фасадов зданий НФС следует придерживаться рекомендаций Приложения И.

15 Экспериментальные методы определения несущей способности элементов каркаса и их соединений

15.1 Общие положения

15.1.1 Испытания узлов и элементов конструкций каркасов НФС следует проводить для головных образцов серийных каркасов, а также в тех случаях, когда расчёт вызывает сомнения или недостаточен при определении наиболее экономичных решений конструкций массового производства.

15.1.2 Метод испытаний основных элементов каркаса НФС и металлических деталей крепления облицовки позволяет устанавливать расчетную несущую способность по достижению упруго - пластического состояния или разрушению в опасном сечении, а также по потере устойчивости.

15.1.3 Суть метода заключается в испытании отдельных элементов каркаса, изолированных от соседних элементов конструкции. Нагружение элементов производят поэтапно, ступенями с выдержкой и последующей разгрузкой. Появление и рост остаточных деформаций свидетельствуют о достижении упруго – пластического состояния в опасном сечении испытываемого элемента.

15.1.4 Сведения, касающиеся назначения единичных результатов испытаний и их последующей обработки, приведены в Приложении Д.

15.2 Определение несущей способности направляющих в плоскости действия изгибающего момента

15.2.1 При испытании профилей следует использовать схемы нагружения образцов и рекомендации, приведенные в Приложении Е.

15.2.2 Отбор образцов из партии произведённой продукции, а также статистическую обработку результатов исследований следует проводить в соответствии с ГОСТ 31814-2012, ГОСТ Р 8.736-2011.

15.2.3 Для экспериментального определения основных прочностных и деформационных характеристик изгибаемого профиля или конструктивного элемента следует разработать методику проведения экспериментального исследования при соблюдении следующей последовательности действий:

- по ГОСТ 1497 и в соответствии с требованиями настоящего СТО определить средние значения прочности экспериментальных образцов, изготовленных из элементов профиля, относящегося к исследуемой партии;

- определить геометрические характеристики реального поперечного сечения профиля, после измерений его геометрических параметров;

- на основе геометрических характеристик реального поперечного сечения и средних фактических значений прочности, рассчитать значения испытательной нагрузки, при которой образец должен достичь нормативного предела текучести материала R_{yn} , фактического предела текучести $\sigma_{0,2}$ и назначить величину ступеней загрузки;

- нагружение при испытании следует проводить ступенями, с полной разгрузкой на каждой ступени с замером значений испытательной нагрузки и деформаций (общей и остаточной) до потери несущей способности образца по прочности или устойчивости;

- на каждой ступени нагружения должны измеряться перемещения и относительные деформации в наиболее характерных местах конструкции;

- испытания проводят, изгибая образцы в одной или двух плоскостях действия моментов в зависимости от реальных условий эксплуатации конструкции, при этом сжатыми должны быть поочередно обе части сечения. Количество испытанных образцов при изгибе в каждом направлении должно быть не менее пяти.

15.2.4 Образец следует считать разрушенным при достижении им следующих состояний:

- разрыв образца в наиболее напряжённом сечении;

- достижение в образце упруго-пластического состояния, определяемое по возникновению и возрастающим приращениям остаточной деформации;

- достижение в элементе образца усилия такой величины, при превышении которой происходит полная потеря устойчивости;

- возникновение хрупких, развивающихся при увеличении нагрузки трещин.

15.2.5 В качестве единичных результатов испытаний принимают значения критической испытательной силы, соответствующие достижению образцом состояний, перечисленных в пункте 15.2.4.

Примеры выбора единичных результатов с графиков испытаний приведены в Приложении Е.

15.2.6 Расчет значений допускаемых изгибающих моментов, при обработке результатов испытаний профиля производят, основываясь на нормативных значениях критической испытательной силы:

$$F_{cr,n} = \overline{F_{cr}} \cdot (1 - tv); \quad (15.1)$$

$$M_{cr,n} = \frac{F_{cr,n} \cdot l}{8}; \quad (15.2)$$

$$M_{расч} = \frac{M_{cr,n}}{\gamma_m(\gamma_k)}; \quad (15.3)$$

где: $\overline{F_{cr}}$ — среднее значение критической силы;
 t — коэффициент, зависящий от заданной обеспеченности и числа испытаний;
 v — коэффициент вариации;
 $M_{cr,n}$ — нормативное значение критического изгибающего момента;
 $M_{расч}$ — расчетное значение изгибающего момента;
 γ_m — коэффициент надежности по материалу;
 γ_k — коэффициент надежности по потере устойчивости;
 l — расстояние между опорами в испытательной схеме.

15.3 Определение несущей способности кронштейнов

15.3.1 Определение несущей способности кронштейнов следует проводить для «консольно-шарнирной» расчетной схемы, не зависимо от принятой расчетной схемы кронштейна в каркасе НФС. Способность кронштейнов работать по «шарнирно-рамной» схеме должна подтверждаться дополнительными испытаниями соединения консоли(ей) с направляющей.

15.3.2 Испытание несущих кронштейнов по «консольно-шарнирной» расчетной схеме проводят нагрузкой, прикладываемой в направлениях, совпадающих с направлением действия нагрузки от веса облицовки и нагрузки от ветрового воздействия. Опорные кронштейны должны нагружаться только в направлении действия ветровой нагрузки.

15.3.3 При испытании несущих кронштейнов определяют расчетное сопротивление действию вертикальной и горизонтальной сил. По результатам испытаний несущую способность кронштейна можно представить в виде силового треугольника сопротивлений и соответствующего ему треугольника допускаемых нагрузок. Испытательные схемы и порядок определения допускаемой ветровой нагрузки на кронштейн при действии расчетной весовой нагрузки даны в Приложении 3.

15.3.4 Для подтверждения прочности соединения консоли(ей) с направляющей следует проводить дополнительное испытание несущих кронштейнов в соответствии с п. 15.4 настоящего СТО.

15.3.5 Пределы применимости «консольно-рамной» расчетной схемы определяются значениями допускаемых изгибающих моментов для пятки и соединения кронштейна с направляющей, рассчитанными в результате обработки данных испытаний по п.15.3.2 и п.15.4.

15.4 Испытание соединений несущих кронштейнов с направляющими

15.4.1 Соединение консоли несущего кронштейна со стенкой направляющей на двух и более КИ, расположенных на некотором удалении друг от друга, способно выдерживать действующие на соединение силы, в том числе силы, вызванные изгибающим моментом в соединении, что обеспечивает защемление консоли кронштейна в направляющей.

15.4.2 Степень защемления соединения следует определять расчетом или испытаниями с последующей обработкой результатов. Схема испытания и формулы для расчета соединения приведены в Приложении Ж.

15.4.3 Испытания проводят до разрушения соединения ступенчатым нагружением с выдержкой и разгрузкой. После каждой ступени нагружения измеряют значения испытательной нагрузки и деформации (общие и остаточные) в выбранной точке для измерения деформаций.

15.4.4 Единичные результаты испытаний снимают с кривых на графиках:

- по достижению в соединении упруго-пластического состояния;
- по разрушению соединения;
- по срезу КИ.

Упруго-пластическое состояние в соединении может наступить из-за смятия заклепки (если соединение выполнено на вытяжных заклепках) или смятия основного материала. Развитие упруго-пластического состояния при продолжении испытания, происходит по причине роста пластических деформаций в деталях соединения.

15.4.5 После статистической обработки результатов с вычислением нормативных значений, устанавливают расчетные сопротивления соединения для зафиксированных стадий его разрушения (с использованием соответствующих коэффициентов надежности).

В качестве результата испытаний принимают сопротивление с наименьшим значением.

15.4.6 Далее определяют значение допускаемого усилия на одну, наиболее нагруженную точку соединения по результатам испытаний.

Условие обеспечения защемления консоли кронштейна в направляющей выражается формулой:

$$N_R \leq N_{\text{доп}}; \quad (15.4)$$

где: N_R — результирующее усилие на наиболее нагруженную точку соединения от внешних воздействий;
 $N_{\text{доп}}$ — допускаемая нагрузка на наиболее нагруженную точку соединения по результатам испытаний.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Расчетные схемы для определения внутренних сил в сечениях неразрезных балочных систем от действия равномерно распределённой нагрузки

А.1 Однопролётная балка (рисунок А1)

- максимальный изгибающий момент: $M = 0,125pL^2$;
- опорная реакция: $F_{1,2} = 0,5pL$;
- максимальный прогиб: $f_{max} = \frac{5p_nL^4}{384EI}$;

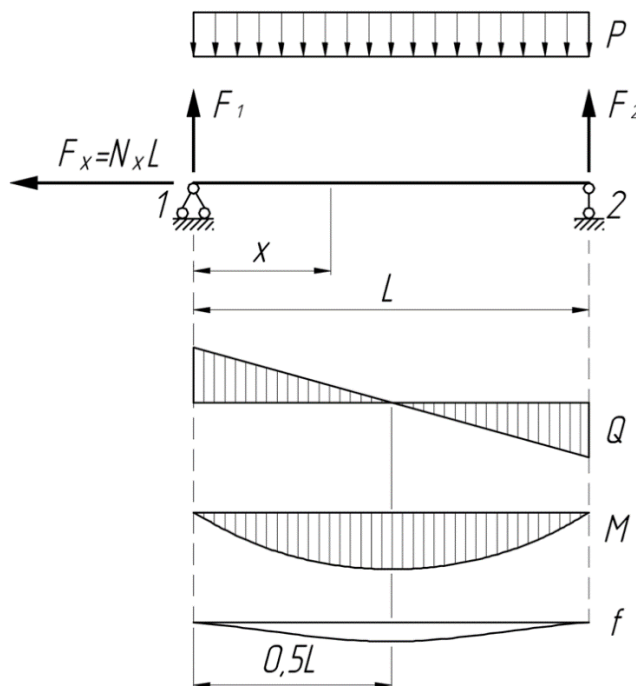


Рисунок А1. - Расчётная схема однопролетной направляющей от действия равномерно распределённой нагрузки.

А.2 Двухпролётная неразрезная балка (равные пролёты рисунок А2)

- максимальный изгибающий момент на опоре: $M_2 = -0,125pL^2$;
- максимальный изгибающий момент в пролёте: $M_{1-2} = 0,070pL^2$;
- опорная реакция $F_2 = 1,25pL$;
- опорная реакция $F_{1,3} = 0,375pL$;
- максимальный прогиб для стальных балок: $f_{max} = 0,026333 \frac{p_nL^4}{I}$;
- максимальный прогиб для балок из алюминиевых сплавов: $f_{max} = 0,079 \frac{p_nL^4}{I}$;

Примечание: при определении максимальных прогибов значение модуля упругости Е учтено в численных коэффициентах; в формулах обозначение модуля упругости не приводится ($E = 1$).

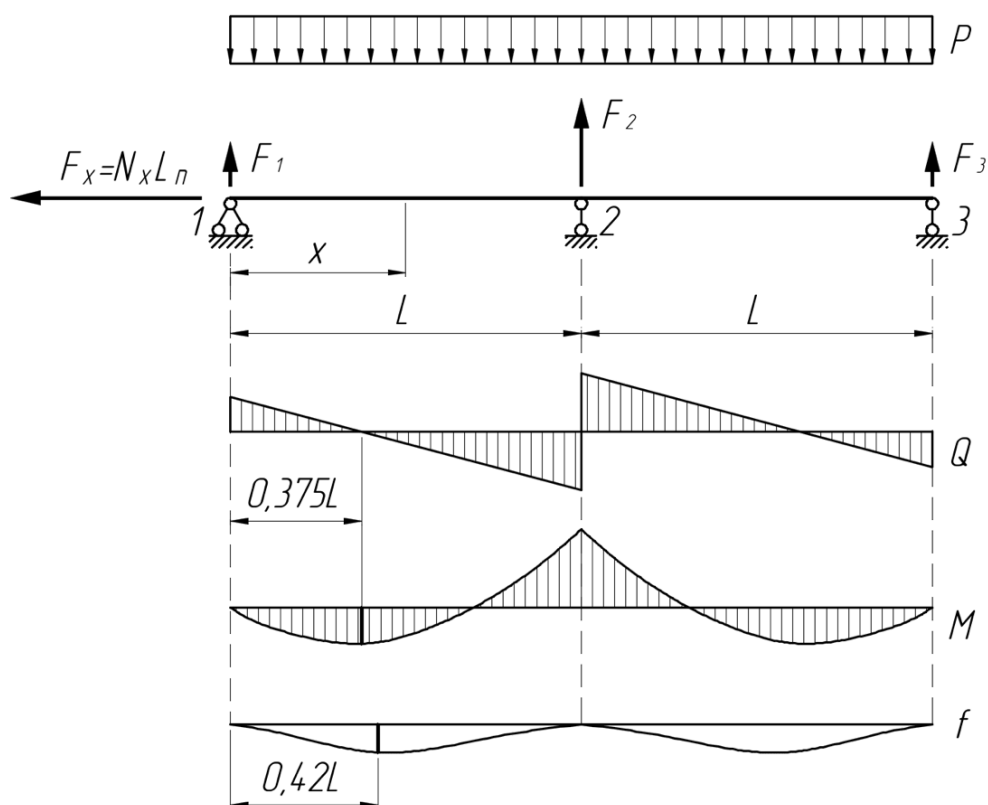


Рисунок А2. - Расчетная схема двухпролётной направляющей от действия равномерно распределённой нагрузки.

А.3 Трёхпролётная неразрезная балка (равные пролёты рисунок А3)

- максимальный изгибающий момент на опоре «2, 3»: $M_{2,3} = -0,100pL^2$;
- максимальный изгибающий момент в пролёте «1-2, 3-4»: $M_{1-2,3-4} = 0,080pL^2$;
- опорная реакция $F_{2,3} = 1,1pL$
- опорная реакция $F_{1,4} = 0,4pL$
- максимальный прогиб в пролёте «1-2»:
- для стальных балок: $f_{max} = 0,033333 \frac{p_n L^4}{I}$;
- для балок из алюминиевых сплавов: $f_{max} = 0,100 \frac{p_n L^4}{I}$;
- максимальный прогиб в пролёте «2-3»:
- для стальных балок: $f_{max} = 0,002667 \frac{p_n L^4}{I}$;
- для балок из алюминиевых сплавов: $f_{max} = 0,008 \frac{p_n L^4}{I}$;

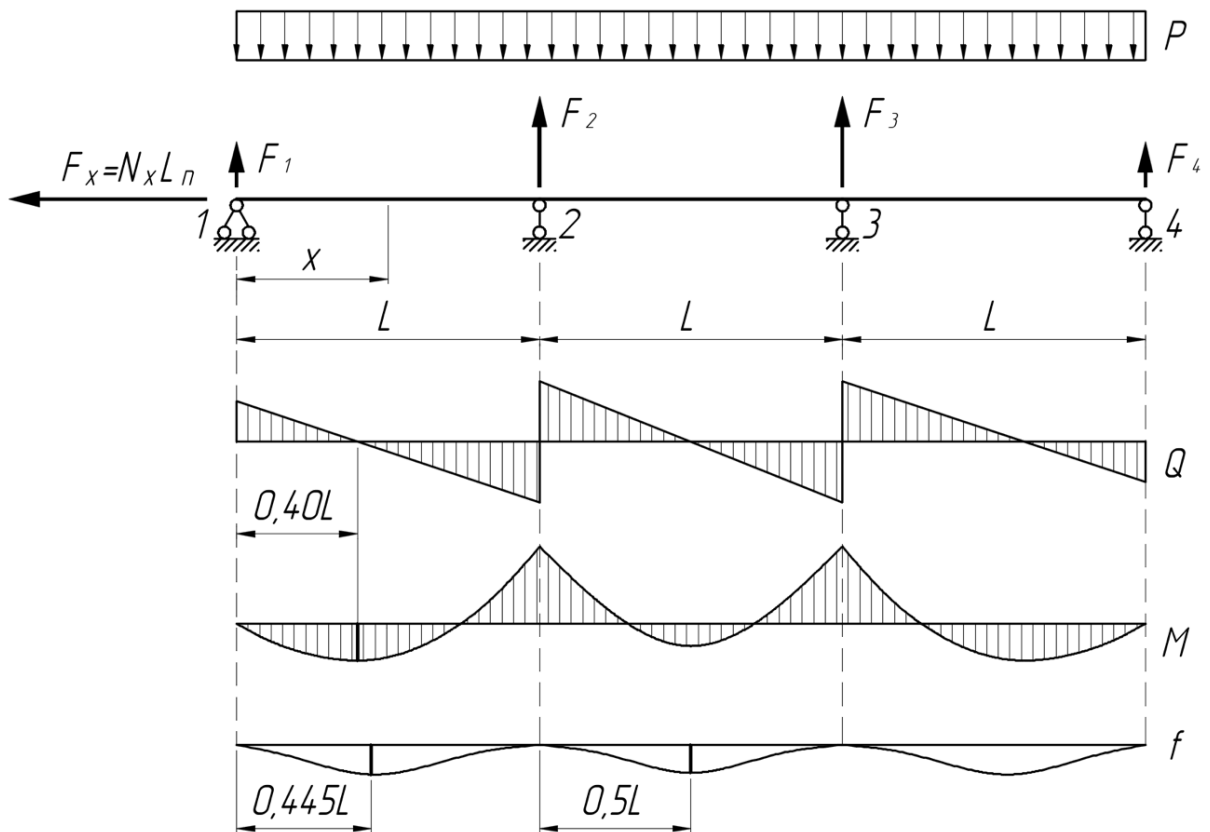


Рисунок А3. - Расчётная схема трёхпролётной направляющей от действия равномерно распределённой нагрузки.

А.4 Четырёхпролётная неразрезная балка (равные пролёты рисунок А4)

- максимальный изгибающий момент на опоре «2, 4»: $M_{2,4} = -0,107pL^2$;
- максимальный изгибающий момент на опоре «3»: $M_3 = -0,071pL^2$;
- максимальный изгибающий момент в пролёте «1-2, 4-5»: $M_{1-2,4-5} = 0,077pL^2$;
- максимальный изгибающий момент в пролёте «2-3-4»: $M_{2-3-4} = 0,036pL^2$;
- опорная реакция $F_3 = 0,928pL$
- опорная реакция $F_{2,4} = 1,143pL$
- опорная реакция $F_{1,5} = 0,393pL$
- максимальный прогиб в пролёте «1-2, 4-5»:
- для стальных балок: $f_{max} = 0,0313 \frac{p_n L^4}{I}$;
- для балок из алюминиевых сплавов: $f_{max} = 0,094 \frac{p_n L^4}{I}$;
- максимальный прогиб в пролёте «2-3-4»:
- для стальных балок: $f_{max} = 0,009 \frac{p_n L^4}{I}$;
- для балок из алюминиевых сплавов: $f_{max} = 0,027 \frac{p_n L^4}{I}$;

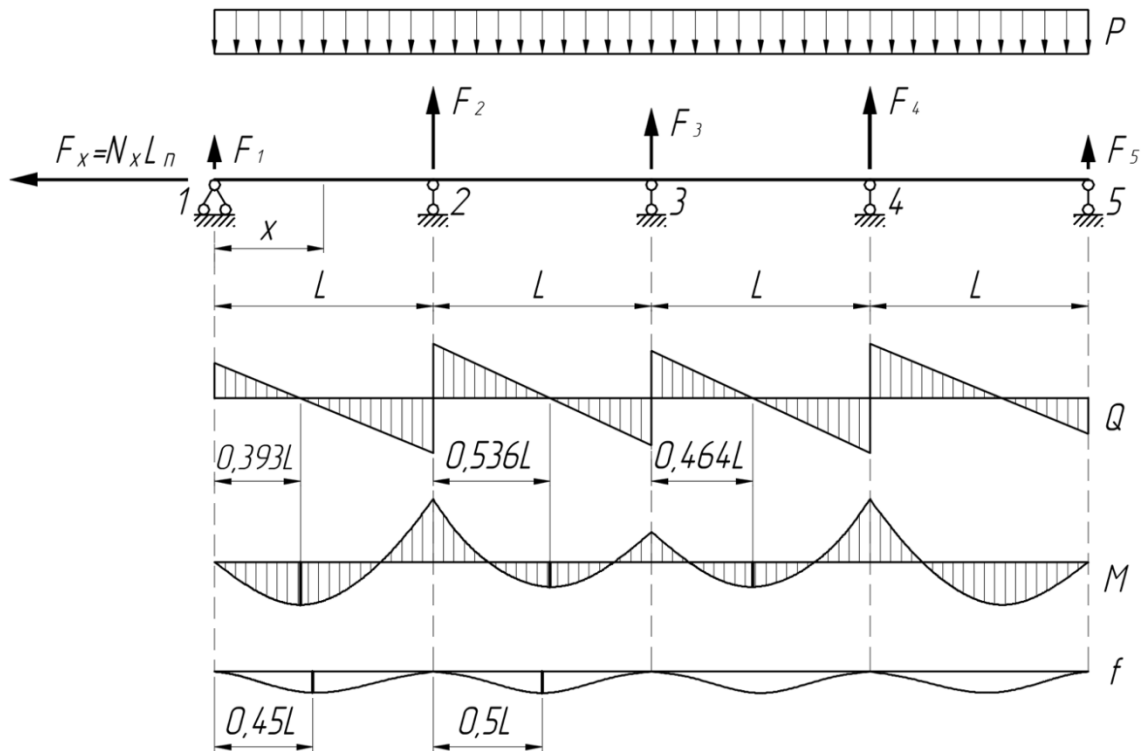


Рисунок А4. - Расчетная схема четырехпролётной направляющей от действия равномерно распределённой нагрузки.

А.5 Пятипролётная неразрезная балка (равные пролёты рисунок А5)

- максимальный изгибающий момент на опоре «2,5»: $M_{2,5} = -0,105pL^2$;
- максимальный изгибающий момент на опоре «3,4»: $M_{3,4} = -0,079pL^2$;
- максимальный изгибающий момент в пролёте «1-2, 5-6»: $M_{1-2,5-6} = 0,078pL^2$;
- максимальный изгибающий момент в пролёте «2-3, 4-5»: $M_{2-3,4-5} = 0,033pL^2$;
- опорная реакция $F_{3,4} = 0,974pL$
- опорная реакция $F_{2,5} = 1,131pL$
- опорная реакция $F_{1,6} = 0,395pL$
- максимальный прогиб в пролёте «1-2, 5-6»:
- для стальных балок: $f_{max} = 0,032 \frac{p_n L^4}{I}$;
- для балок из алюминиевых сплавов: $f_{max} = 0,096 \frac{p_n L^4}{I}$;
- максимальный прогиб в пролёте «2-3,4-5»:
- для стальных балок: $f_{max} = 0,00733 \frac{p_n L^4}{I}$;
- для балок из алюминиевых сплавов: $f_{max} = 0,022 \frac{p_n L^4}{I}$;
- максимальный прогиб в пролёте «3-4»:
- для стальных балок: $f_{max} = 0,0153 \frac{p_n L^4}{I}$;
- для балок из алюминиевых сплавов: $f_{max} = 0,046 \frac{p_n L^4}{I}$;

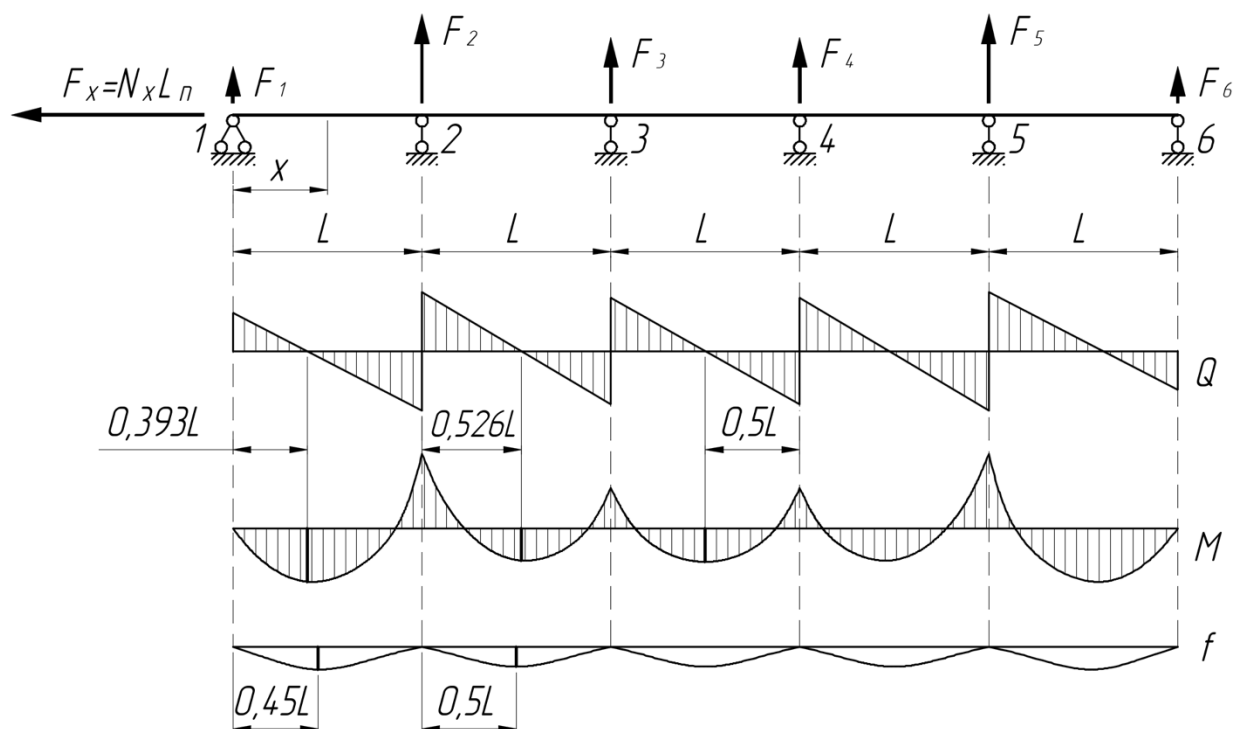


Рисунок А5. - Расчетная схема пятипролётной направляющей от действия равномерно распределённой нагрузки.

Примечание: при определении прогибов размерность нагрузки «кг/м», размерность пролётов в «м» и размерность моментов инерции «см⁴».

А.6 При определении опорных моментов неразрезных балок допускается приведение равных сосредоточенных нагрузок к эквивалентной равномерно распределённой нагрузке в соответствии с таблицей А.1.

Таблица А.1

Схема нагрузки	Эквивалентная нагрузка, $p_э$	Схема нагрузки	Эквивалентная нагрузка, $p_э$
	$\frac{3p}{2l}$		$\frac{9p}{4l}$
	$\frac{8p}{3l}$		$\frac{19p}{6l}$
	$\frac{10p}{4l}$		$\frac{33p}{8l}$

Схема нагрузки	Эквивалентная нагрузка, $p_э$	Схема нагрузки	Эквивалентная нагрузка, $p_э$
	$\frac{24p}{5l}$		$\frac{(2n^2 + 1)p}{2nl}$
	$\frac{(n^2 - 1)p}{nl}$		

А.7 В том случае, когда неразрезная балка с равными пролетами имеет консоли, моменты возникающие на консолях могут быть распределены по длине балки при помощи фокусных расстояний нулевых точек моментов в соответствии с рисунком А6 и таблицей А2.

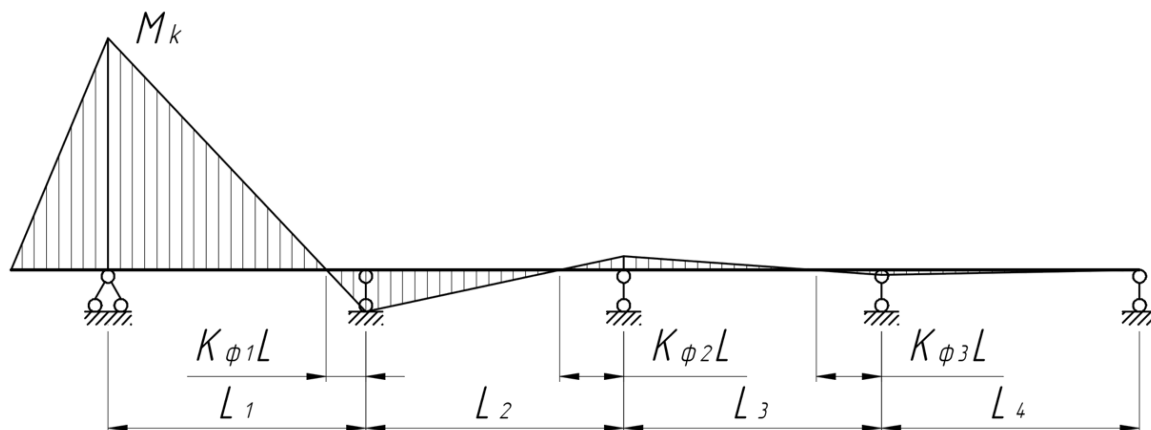


Рисунок А6. - Распределение консольного момента с помощью фокусных расстояний.

Таблица А2. – Значения фокусных расстояний для неразрезных балок с разным соотношением пролётов.

Количество пролетов неразрезной балки	$K\phi_1$	$K\phi_2$	$K\phi_3$
Два	0,2	0,2	-
Три	0,21	0,2	-
Четыре	0,211	0,2	0,211
Любое более четырех	0,211	0,211	0,211

Приложение Б

(рекомендуемое)

Поправочные коэффициенты к значениям изгибающего момента от равномерно распределенной нагрузки

Схема крепления направляющей к основанию Геометрические параметры	Расчетная схема направляющей Схема загрузки пролетов	Поправочный коэффициент к значениям изгибающего момента от равномерно распределенной нагрузки, учитывающий схему загрузки направляющей и наличие консолей, $K_{\text{попр.}}$			
		М в пролетах		М над опорами*	
На 3-х кронштейнах Длина напр. - 3м.; Длина прол. - 1,35м.; Длина конс. - 0,15м.	2-х пролетная неразрезная балка	Крайних	-	Среднем	-
	Сосредоточенными силами с шагом 600мм	1,06	-	0,97	-
	Сосредоточенными силами с шагом 400мм	0,84	-	0,91	-
	Сосредоточенными силами с шагом 300мм	0,97	-	0,92	-
	Сосредоточенными силами с шагом 150мм	0,95	-	0,96	-
На 4-х кронштейнах Длина напр. - 3м.; Длина прол. - 0,90м.; Длина конс. - 0,15м.	3-х пролетная неразрезная балка	Крайних	Среднем	№ 2 и 3	-
	Сосредоточенными силами с шагом 600мм	1,15	0,67	0,94	-
	Сосредоточенными силами с шагом 400мм	0,94	0,85	0,94	-
	Сосредоточенными силами с шагом 300мм	0,94	1,55	1,00	-
	Сосредоточенными силами с шагом 150мм	0,88	1,22	0,94	-
На 5-и кронштейнах Длина напр. - 3м.; Длина прол. - 0,675м.; Длина конс. - 0,15м.	4-х пролетная неразрезная балка	Крайних	Средних	№ 2 и 4	№ 3
	Сосредоточенными силами с шагом 600мм	1,21	2,87	1,00	1,65
	Сосредоточенными силами с шагом 400мм	0,98	1,29	0,78	1,23
	Сосредоточенными силами с шагом 300мм	0,65	1,46	0,90	0,86
	Сосредоточенными силами с шагом 150мм	0,88	1,12	0,94	1,01

* Кроме крайних опор (расположенных на расстоянии 150мм от концов направляющей).

Пример расчета. Фактическое значение изгибающего момента в крайних пролетах 4-х пролетной балки, загруженной сосредоточенными силами с шагом 600мм.:

$$M_{\text{кр.прол.}} = K_{\text{попр.}} \cdot K_{\text{табл.}} \cdot p \cdot L^2 = 1,21 \cdot 0,077 \cdot 1005,5 \cdot 0,675^2 = 42,6 \text{ Нм.}$$

где: $p = 1005,5 \text{ Н/м.}$

Приложение В

(рекомендуемое)

Поправочные коэффициенты к значениям опорных реакций от равномерно распределенной нагрузки

Схема крепления направляющей к основанию	Расчетная схема направляющей	Поправочный коэффициент к значениям опорных реакций от равномерно распределенной нагрузки, $K_{\text{попр.}}$			
		Номер опоры			
На 3-х кронштейнах Длина напр. - 3м.; Длина прол. - 1,35м.; Длина конс. - 0,15м.	2-х пролетная неразрезная балка	№1	№2	№3	
	Сосредоточенными силами с шагом 600мм	1,05	0,96	1,05	
	Сосредоточенными силами с шагом 400мм	1,10	0,92	1,10	
	Сосредоточенными силами с шагом 300мм	1,01	0,99	1,01	
	Сосредоточенными силами с шагом 150мм	1,00	1,00	1,00	
На 4-х кронштейнах Длина напр. - 3м.; Длина прол. - 0,90м.; Длина конс. - 0,15м.	3-х пролетная неразрезная балка	№1	№2	№3	№4
	Сосредоточенными силами с шагом 600мм	1,07	0,96	0,96	1,07
	Сосредоточенными силами с шагом 400мм	1,15	0,92	0,92	1,15
	Сосредоточенными силами с шагом 300мм	1,02	0,99	0,99	1,02
	Сосредоточенными силами с шагом 150мм	1,00	1,00	1,00	1,00
На 5-и кронштейнах Длина напр. - 3м.; Длина прол. - 0,675м.; Длина конс. - 0,15м.	4-х пролетная неразрезная балка	№1	№2	№3	№4
	Сосредоточенными силами с шагом 600мм	1,13	0,89	1,09	0,89
	Сосредоточенными силами с шагом 400мм	1,20	0,89	0,96	0,89
	Сосредоточенными силами с шагом 300мм	1,03	0,97	1,01	0,97
	Сосредоточенными силами с шагом 150мм	1,00	0,99	1,00	0,99

Пример расчета.

Задача: найти значения реакций опор в местах соединения вертикальной направляющей с консолями кронштейнов НФС с облицовкой фиброцементными панелями.

Геометрические параметры каркаса: по табличным данным для схемы крепления на 4-х кронштейнах.

Шаг вертикальных направляющих: 600мм.

Облицовка: фиброцементные панели с креплением большей стороны по вертикали с шагом 400мм, размер листа по горизонтали – 600мм.

Характеристики места расположения объекта: I ветровой район, тип местности В.

Расположение объекта на фасаде прямоугольного в плане здания: угловая зона, эквивалентная высота – 75м.

Расчетная ветровая нагрузка в месте расположения объекта: $171 \text{ кгс/м}^2 (1675,8 \text{ Па})$.

Равномерно распределенная по длине вертикальных направляющих нагрузка от ветрового воздействия:

$$p = W \cdot H \cdot K_{\text{нер.}} = 1675,8 \cdot 0,6 \cdot 1,0 = 1005,5 \text{ Н/м};$$

где: H — шаг крепления вертикальных направляющих, м.;
 $K_{\text{нер.}}$ — коэффициент неразрезности.

Фактическое значение реакции в опорах №1 и №4 от действия эквивалентной совокупности сосредоточенных сил, приложенных к направляющей с шагом 400мм.:

$$F_1 = F_4 = K_{\text{попр.}} \cdot (0,4 \cdot p \cdot L_{\text{пр.}} + p \cdot L_{\text{конс.}}) = 1,15 \cdot (0,4 \cdot 1005,5 \cdot 0,9 + 1005,5 \cdot 0,15) = 589,73 \text{ Н};$$

Фактическое значение реакции в опорах №2 и №3 от действия эквивалентной совокупности сосредоточенных сил, приложенных к направляющей с шагом 400мм.:

$$F_2 = F_3 = K_{\text{попр.}} \cdot 1,1 \cdot p \cdot L_{\text{пр.}} = 0,92 \cdot 1,1 \cdot 1005,5 \cdot 0,9 = 915,8 \text{ Н}$$

где: $K_{\text{попр.}}$ — поправочный коэффициент;
 $L_{\text{пр.}}$ — длина пролета, м.;
 $L_{\text{конс.}}$ — длина консоли, м.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(Справочное)

Расчетные схемы для определения внутренних сил в сечениях балочных систем, закрепляемых в перекрытия зданий от действия равномерно распределенной нагрузки

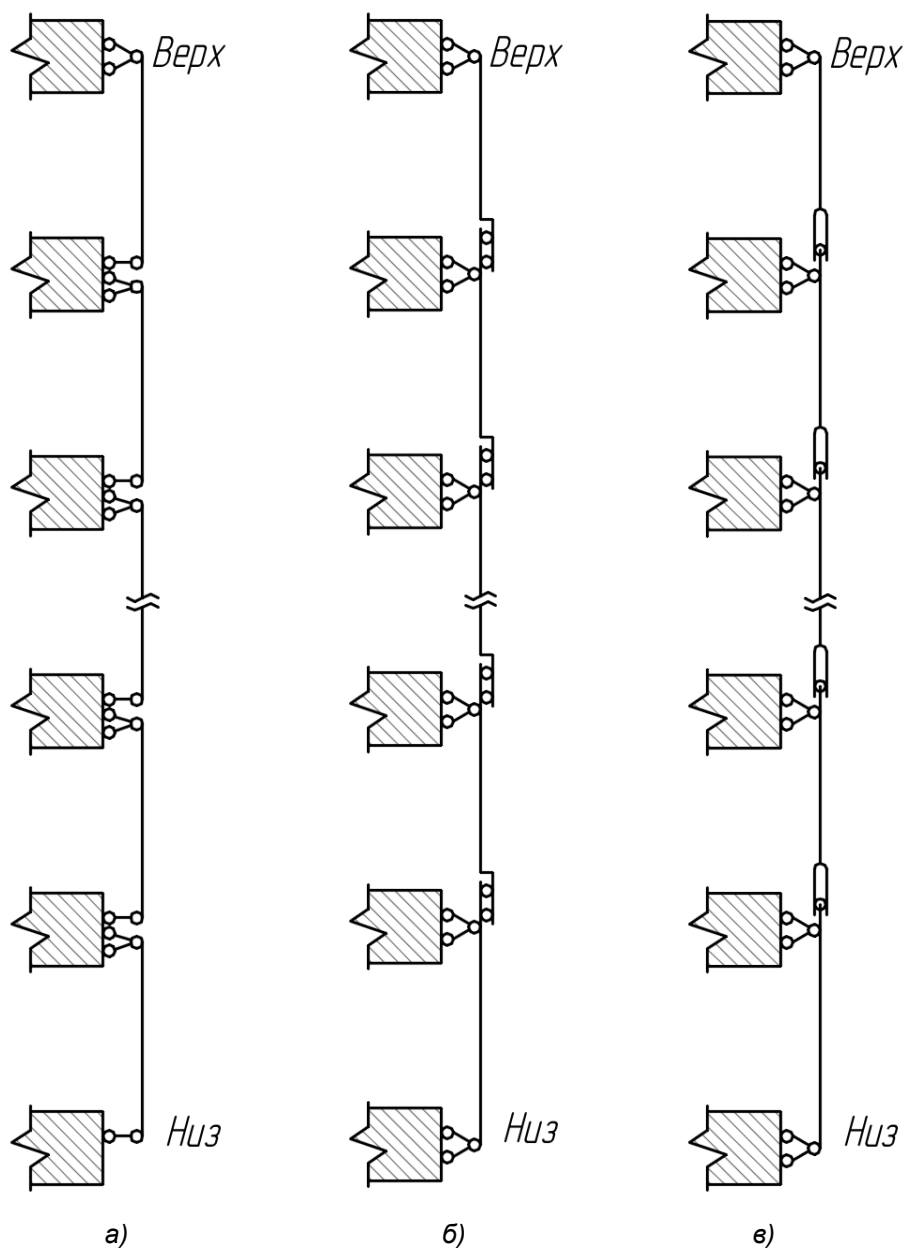
Г1 Для НФС, каркас которых закрепляют только в перекрытия зданий, следует применять следующие расчётные схемы направляющих:

а) разрезные однопролётные балки, стыкующиеся на плитах перекрытий;

б) консольно-шарнирные балки, с продольно подвижными стыками, (условными скользящими шарнирами с линейными вставками) допускающими передачу поперечных сил и момента и исключаящими передачу продольных сил. Шарниры размещаются в точках, близких к нулевым моментам неразрезных многопролётных балок;

в) консольно-шарнирные балки, с продольно подвижными стыками с линейными вставками, допускающими передачу поперечных сил и исключаящими сопротивление моментам и продольным силам.

Г2 На рисунке Г1 приведены примеры расчётных схем направляющих, устанавливаемых на торцах плит перекрытий.



- а) разрезные однопролётные балки
- б) консольно-шарнирные балки, допускающие передачу поперечных сил и момента и исключаящие передачу продольных сил
- в) консольно-шарнирные балки, допускающие передачу поперечных сил и исключаящие сопротивление моментам и продольным силам

Рисунок Г1. - Схемы вертикальных направляющих, устанавливаемых на торцах плит перекрытий.

Г3 Внутренние усилия и прогибы для однопролётных вертикальных направляющих (схема «а» на рисунке Г1) рассчитывают по формулам, приведенным в приложении А1.

Г4 Формулы для определения внутренних сил и прогибов в вертикальных направляющих, соответствующих схеме «б» на рисунке Г1, при расположении скользящих стыков на расстоянии $0,211L$ от опор, приведены в таблице Г1.

Г5 Эпюра изгибающих моментов для вертикальных направляющих, соответствующих схеме «б» на рисунке Г1, дана на рисунке Г2.

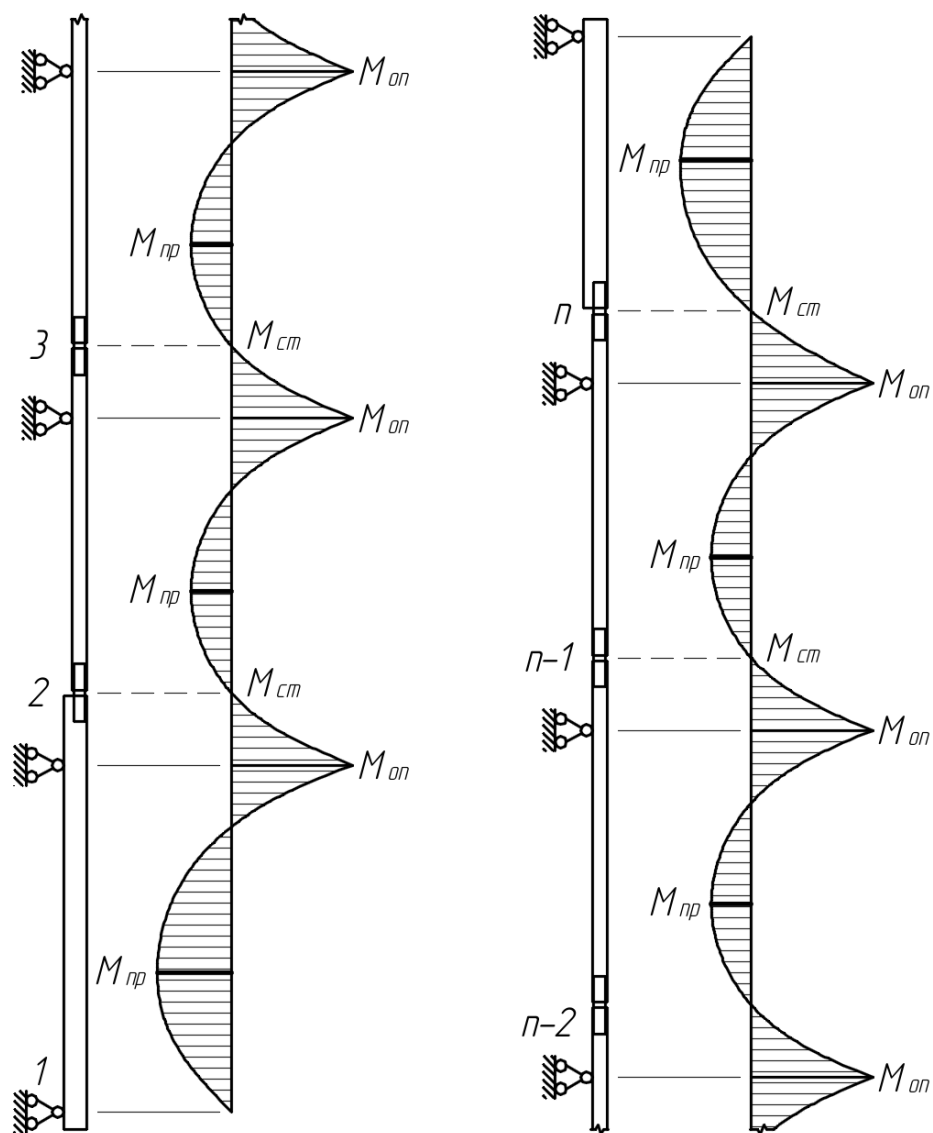


Рисунок Г2. - Эпюра изгибающих моментов от равномерно распределенной нагрузки в вертикальных направляющих для схемы «б» на рисунке Г1.

Таблица Г.1 - Внутренние силы и прогибы в консольно-шарнирных балках со скользящими стыками, (схема «б» рисунка Г1), при расположении скользящих стыков на расстоянии $0,211L$ от опор.

Обозначение пролета в низу вверх	Значения численных коэффициентов K при определении внутренних сил и прогибов						
	$M_{оп} = K_{м}pL^2$	$M_{пр} = K_{м}pL^2$	$M_{ст} = K_{м}pL^2$	$R_{нач} = K_{R}pL$	$R_{ст} = K_{R}pL$	$R_{верх} = K_{R}pL$	f_{max}
1	-0,1166	0,0735	-	0,383	-	1,158	$0,0590 \cdot 10^6 \frac{p_n l^4}{EI}$
2	-0,0757	0,0297	-0,0246	-	0,330	0,949	$0,0141 \cdot 10^6 \frac{p_n l^4}{EI}$
3	-0,0854	0,0445	-0,0056	-	0,279	1,012	$0,0296 \cdot 10^6 \frac{p_n l^4}{EI}$
рядовой	-0,0835	0,0420	-0,0015	-	0,291	1,001	$0,0263 \cdot 10^6 \frac{p_n l^4}{EI}$
$n-2$	-0,0833	0,0417	-0,0001	-	0,289	0,999	$0,0261 \cdot 10^6 \frac{p_n l^4}{EI}$
$n-1$	-0,0832	0,0415	0,0	-	0,288	1,084	$0,0258 \cdot 10^6 \frac{p_n l^4}{EI}$
n	-0,0838	0,0866	-0,0173	-	0,372	0,416	$0,0756 \cdot 10^6 \frac{p_n l^4}{EI}$
Обозначения: n – общее число пролетов здания; L – величина пролета здания; p – равномерно распределенная нагрузка от ветрового воздействия; $M_{оп}$ – момент в районе верхней опоры пролета (кроме конечного); $M_{пр}$ – момент в пролете; $M_{ст}$ – момент в скользящем стыке; $R_{нач}$ – опорная реакция в нижней опоре начального пролета; $R_{ст}$ – опорная реакция в скользящем стыке; $R_{верх}$ – опорная реакция в верхней опоре конечного пролета от ветрового воздействия; f_{max} – максимальный прогиб в пролёте.							

Г.4 Если положение скользящего стыка отличается от $0,211L$, следует изменять значения численных коэффициентов, приведённых в таблице Г.1 в соответствии с данными таблиц Г.2 – Г.4.

Таблица Г.2 Численные коэффициенты при определении величины моментов в консольно-шарнирных балках со скользящими стыками, (схема «б» рисунка Г1), когда положение скользящего стыка отличается от $0,211L$.

Пролеты снизу вверх	Момент	Значения численных коэффициентов для определения изгибающих моментов, в зависимости от положения скользящего стыка							
		$0,11L$	$0,13L$	$0,15L$	$0,17L$	$0,19L$	$0,211L$	$0,25L$	$0,27L$
1	$M_{пр}$	0,0764	0,0756	0,0750	0,0744	0,0739	0,0735	0,0730	0,0728
	$M_{оп}$	-0,1092	-0,1111	-0,1126	-0,1143	-0,1155	-0,1166	-0,1179	-0,1183
2	$M_{пр}$	0,0325	0,0318	0,0312	0,0306	0,0301	0,0297	0,0292	0,0290
	$M_{оп}$	-0,0769	-0,0765	-0,0763	-0,0760	-0,0758	-0,0757	-0,0756	-0,0755
	$M_{ст}$	-0,0567	-0,0501	-0,0445	-0,0373	-0,0310	-0,0246	-0,0136	-0,0082
3	$M_{пр}$	0,0441	0,0442	0,0443	0,0444	0,0445	0,0445	0,0446	0,0446
	$M_{оп}$	-0,0851	-0,0852	-0,0852	-0,0853	-0,0853	-0,0854	-0,0854	-0,0854
	$M_{ст}$	-0,0288	-0,0211	-0,0148	-0,0070	-0,0007	-0,0056	0,0157	0,0204
рядовой	$M_{пр}$	0,0420	0,0420	0,0420	0,0420	0,0420	0,0420	0,0420	0,0420
	$M_{оп}$	-0,0834	-0,0835	-0,0835	-0,0835	-0,0835	-0,0835	-0,0835	-0,0834
	$M_{ст}$	-0,0359	-0,0283	-0,0221	-0,0143	-0,0079	-0,0015	0,0108	0,0156
$n-2$	$M_{пр}$	0,0418	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417	0,0418	0,0419
	$M_{оп}$	-0,0834	-0,0833	-0,0833	-0,0833	-0,0833	-0,0833	-0,0834	-0,0834
	$M_{ст}$	-0,0344	-0,0268	-0,0206	-0,0128	-0,0064	0,0001	0,0105	0,0153
$n-1$	$M_{пр}$	0,0413	0,0415	0,0416	0,0416	0,0416	0,0415	0,0411	0,0409
	$M_{оп}$	-0,0831	-0,0832	-0,0833	-0,0833	-0,0833	-0,0832	-0,0830	-0,0828
		-0,0343	-0,0268	-0,0206	-0,0128	-0,0064	-0,0000	0,0103	0,0151
n	$M_{пр}$	0,0864	0,0866	0,0867	0,0868	0,0867	0,0866	0,0862	0,0859
	$M_{оп}$	-0,0843	-0,0838	-0,0835	-0,0834	-0,0835	-0,0838	-0,0848	0,0854
		-0,0261	-0,0163	-0,0085	0,0013	0,0093	0,0173	0,0302	0,0362

Таблица Г.3 Численные коэффициенты при определении величины максимальных прогибов в консольно-шарнирных балках со скользящими стыками, (схема «б» рисунка Г1), когда положение скользящего стыка отличается от $0,211L$.

Пролеты снизу вверх	Значения численных коэффициентов для определения максимальных прогибов, в зависимости от положения скользящего стыка							
	$0,11L$	$0,13L$	$0,15L$	$0,17L$	$0,19L$	$0,211L$	$0,25L$	$0,27L$
1	0,0633	0,0622	0,0613	0,0604	0,0596	0,0590	0,0582	0,0580
2	0,0156	0,0151	0,0148	0,0145	0,0143	0,0141	0,0141	0,0141
3	0,0290	0,0292	0,0293	0,0294	0,0295	0,0296	0,0296	0,0297
рядовой	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263	0,0263
$n-2$	0,0262	0,0261	0,0261	0,0261	0,0261	0,0261	0,0263	0,0263
$n-1$	0,0256	0,0259	0,0260	0,0260	0,0260	0,0258	0,0254	0,0251
n	0,0755	0,0753	0,0752	0,0752	0,0753	0,0756	0,0770	0,0782

Таблица Г.4 Численные коэффициенты при определении опорных реакций в консольно-шарнирных балках со скользящими стыками, (схема «б» рисунка Г1), когда положение скользящего стыка отличается от $0,211L$.

Пролеты снизу вверх	Опорн. реакции	Значения численных коэффициентов для определения опорных реакций, в зависимости от положения скользящего стыка							
		$0,11L$	$0,13L$	$0,15L$	$0,17L$	$0,19L$	$0,211L$	$0,25L$	$0,27L$
1	$R_{\text{ниж}}$	0,391	0,389	0,387	0,386	0,384	0,383	0,382	0,382
	$R_{\text{верх}}$	1,141	1,146	1,149	1,153	1,155	1,158	1,160	1,161
2	$R_{\text{ст}}$	0,422	0,405	0,389	0,368	0,350	0,330	0,292	0,273
	$R_{\text{верх}}$	0,960	0,957	0,955	0,952	0,951	0,949	0,948	0,947
3	$R_{\text{ст}}$	0,382	0,361	0,344	0,321	0,300	0,279	0,240	0,220
	$R_{\text{верх}}$	1,010	1,011	1,011	1,012	1,012	1,012	1,012	1,013
рядовой	$R_{\text{ст}}$	0,392	0,372	0,355	0,332	0,313	0,291	0,253	0,233
	$R_{\text{верх}}$	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001
$n-2$	$R_{\text{ст}}$	0,390	0,370	0,353	0,330	0,310	0,289	0,250	0,231
	$R_{\text{верх}}$	0,998	0,999	1,000	1,000	1,000	0,999	0,998	0,997
$n-1$	$R_{\text{ст}}$	0,389	0,369	0,353	0,330	0,310	0,288	0,248	0,227
	$R_{\text{верх}}$	1,086	1,084	1,084	1,083	1,084	1,084	1,087	1,088
n	$R_{\text{ст}}$	0,474	0,454	0,436	0,413	0,394	0,372	0,335	0,315
	$R_{\text{верх}}$	0,416	0,416	0,416	0,417	0,416	0,416	0,415	0,415

Г.5 Формулы для определения внутренних сил и прогибов в консольно-шарнирных балках со скользящими стыками (схема «в» рисунка Г1), при расположении стыков на расстоянии kL от опор ($k = 0,211$) приведены в таблице Г5.

Таблица Г.5. – Формулы для определения внутренних сил и прогибов в консольно-шарнирных балках со скользящими стыками, (схема «в» рисунка Г1), при расположении скользящего стыка на расстоянии $0,211L$ от опор.

Внутренние силы и прогибы	Пролеты балки сверху вниз	
	Первый сверху (конечный) (0 – 1)	Четвёртый сверху (3 – 4)
$R_{\text{верх}}$	$\frac{pL \cdot (1 - k)}{2}$	-
$R_{\text{ниж}}$	$\frac{pL \cdot (2 - k)}{2 \cdot (1 - k)}$	$\frac{pL \cdot (2 - 8k + 12k^2 - 8k^3 + k^4)}{2 \cdot (1 - k)^4}$
$R_{\text{ст}}$	$\frac{pL \cdot (1 - k)}{2}$	$\frac{pL \cdot (1 - 5k + 9k^2 - 7k^3 + k^4)}{2 \cdot (1 - k)^3}$
$M_{\text{пр}}$	$\frac{pL^2 \cdot (1 - k)^2}{8}$	$\frac{R_{\text{ш}}^2}{2 \cdot p}$
$M_{\text{оп}}$	$-\frac{kpL^2}{2}$	$-\frac{p \cdot (kL^2)}{2} + kLR_{\text{ш}}$
f_n	$k_{f,0-1} \cdot \frac{p_n L^4}{EI} \cdot 10^6$	$k_{f,3-4} \cdot \frac{p_n L^4}{EI} \cdot 10^6$
	Второй сверху (1 – 2)	i – ый пролёт
$R_{\text{верх}}$	-	$-\frac{0,5pL - R_{\text{ш},(i-1)}}{(1 - k)}$
$R_{\text{ниж}}$	$\frac{pL \cdot (2 - 4k + k^2)}{2 \cdot (1 - k)^2}$	$0,5pL \cdot (2k - 1)$
$R_{\text{ст}}$	$\frac{pL \cdot (1 - 3k + k^2)}{2 \cdot (1 - k)}$	$\frac{0,5pL \cdot (2k - 1) - kR_{\text{ш},(i-1)}}{(1 - k)}$
$M_{\text{пр}}$	$\frac{pL^2 \cdot (1 - 3k + k^2)^2}{8 \cdot (1 - k)^2}$	$0,125pL^2 \cdot (1 - 2k)^2$
$M_{\text{оп}}$	$-\frac{kpL^2 \cdot (1 - 2k)}{2 \cdot (1 - k)}$	$-0,5kpL^2 \cdot (1 - k)$
f_n	$k_{f,1-2} \cdot \frac{p_n L^4}{EI} \cdot 10^6$	$k_{f,i} \cdot \frac{p_n L^4}{EI} \cdot 10^6$
	Третий сверху (2 – 3)	Нижний (начальный) пролёт
$R_{\text{верх}}$	-	$0,5pL \cdot (2 + k - k^2)$
$R_{\text{ниж}}$	$\frac{pL \cdot (2 - 6k + 6k^2 - k^3)}{2 \cdot (1 - k)^3}$	$0,5pL \cdot (1 - k + k^2)$
$R_{\text{ст}}$	$\frac{pL \cdot (1 - 4k + 5k^2 - k^3)}{2 \cdot (1 - k)^2}$	$0,5pL \cdot (2k - 1)$

Внутренние силы и прогибы	Пролеты балки сверху вниз	
$M_{пр}$	$\frac{R_{ш}^2}{2 \cdot p}$	$0,125pL^2 \cdot (1 - k + k^2)^2$
$M_{оп}$	$-\frac{p \cdot (kL^2)}{2} + klR_{ш}$	
f_n	$k_{f,2-3} \cdot \frac{p_n L^4}{EI} \cdot 10^6$	$k_{f,нач} \cdot \frac{p_n L^4}{EI} \cdot 10^6$
Обозначения: i-ый пролет – рядовой пролет; L – величина пролета здания; p – равномерно распределенная нагрузка от ветрового воздействия; $M_{оп}$ – момент в районе нижней опоры пролета (кроме начального); $M_{пр}$ – момент в пролете; $M_{ш}$ – момент в скользящем стыке; $R_{нач}$ – опорная реакция в нижней опоре начального пролета; $R_{ст}$ – опорная реакция в скользящем стыке; $R_{ниж}$ – опорная реакция в нижней опоре пролета (кроме начального); $R_{верх}$ – опорная реакция в верхней опоре конечного пролета; f_{max} – максимальный прогиб в пролёте.		

Г.6 Численные коэффициенты при определении величины максимальных прогибов в консольно-шарнирных балках со скользящими стыками, (схема «в» рисунка Г1), когда положение скользящего стыка отличается от $0,211L$ даны в таблице Г6.

Таблица Г.6. – Численные коэффициенты для определения величины максимальных прогибов в консольно-шарнирных балках со скользящими стыками, (схема «в» рисунка Г1), когда положение скользящего стыка отличается от $0,211L$.

Пролеты балки сверху вниз	Значения численных коэффициентов для определения максимальных прогибов, в зависимости от положения скользящего стыка								
величина k	$0,11L$	$0,13L$	$0,146L$	$0,17L$	$0,19L$	$0,211L$	$0,23L$	$0,25L$	$0,27L$
$k_{f,0-1}$	0,0651	0,0649	0,0674	0,0747	0,0848	0,0999	0,1290	0,1729	0,2228
$k_{f,1-2}$	0,0480	0,0389	0,0321	0,0248	0,0198	0,0160	0,0143	0,0146	0,0171
$k_{f,2-3}$	0,0515	0,0437	0,0383	0,0330	0,0301	0,0288	0,0293	0,0319	0,0371
$k_{f,3-4}$	0,0506	0,0429	0,0372	0,0313	0,0276	0,0253	0,0246	0,0253	0,0287
$k_{f,i}$	0,0511	0,0431	0,0365	0,0318	0,0283	0,0264	0,0265	0,0285	0,0335
$k_{f,нач}$	0,0998	0,0951	0,0914	0,0866	0,0827	0,0788	0,0757	0,0725	0,0697

Приложение Д

(справочное)

Диаграммы зависимости деформаций от нагрузки. Обработка единичных результатов испытаний

Д.1 Результаты испытаний определяют по групповым диаграммам роста остаточных деформаций (рисунок Д1), если несущая способность образцов исчерпывается прочностью и по одиночным диаграммам роста общих деформаций (рисунок Д2), если несущая способность ограничивается полной потерей устойчивости.

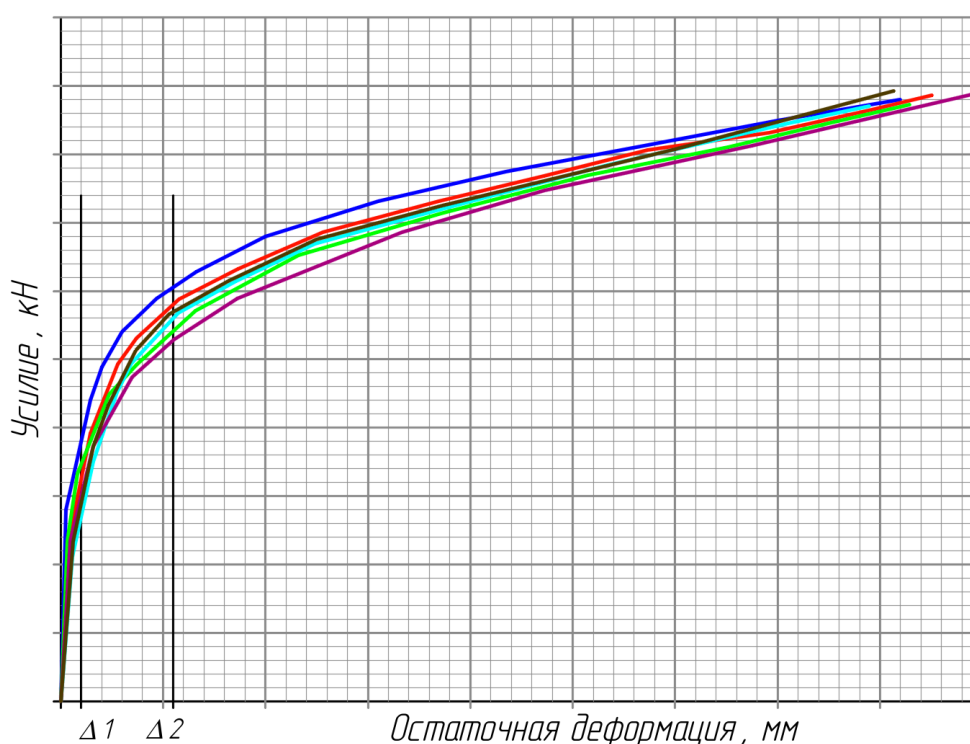


Рисунок Д.1 - Групповая диаграмма зависимости остаточных деформаций от испытательной нагрузки.

Д.2 Для определения величины испытательной нагрузки, при которой испытываемый образец достигает упруго-пластического состояния, на групповой диаграмме (рисунок Д1) устанавливают минимально возможное значение остаточной деформации, соответствующее точности применяемых средств измерений ($\Delta 1$) и значение $\Delta 2 > \Delta 1$, которое должно соответствовать участку диаграммы с кривыми, имеющими переменный $tg\alpha$ (α – угол наклона кривой к оси абсцисс).

Д.3 Для установленных значений с кривых снимают соответствующие им значения испытательной нагрузки, при этом допускается применение метода линейной интерполяции.

Д.4 Полученные совокупности результатов испытаний обрабатывают в соответствии с требованиями Д.10.

Д.5 Расчётное сопротивление образцов в серии испытаний, по достижению упруго-пластического состояния, определяют по нижеприведённым формулам:

- по остаточной деформации $\Delta 1$

$$R_{\text{обр.}} = N_{n1,cr} \cdot \frac{R_{yn}}{\bar{\sigma}_{0,2} \cdot \gamma_m}; \quad (\text{Д.1})$$

- по остаточной деформации $\Delta 2$

$$R_{\text{обр.}} = N_{n2,cr} \cdot \frac{\bar{N}_{1,cr} \cdot R_{yn}}{\bar{N}_{2,cr} \cdot \bar{\sigma}_{0,2} \cdot \gamma_m}; \quad (\text{Д.2})$$

где: $N_{n1,cr}$ и $N_{n2,cr}$ — нормативные значения критической силы в серии испытаний для остаточных деформаций $\Delta 1$ и $\Delta 2$ соответственно;
 $\bar{N}_{1,cr}$ и $\bar{N}_{2,cr}$ — средние значения критической силы в серии испытаний для остаточных деформаций $\Delta 1$ и $\Delta 2$ соответственно;
 R_{yn} — нормативный предел текучести материала, равный значению предела текучести по государственным стандартам и техническим условиям на сталь или алюминиевый сплав;
 $\bar{\sigma}_{0,2}$ — среднее значение предела текучести материала по результатам испытаний образцов, изготовленных из материала той же партии, что и образцы испытываемых элементов каркаса;
 γ_m — коэффициент надежности по материалу (табл.6.6).

Д.6 В качестве расчётного сопротивления элемента каркаса действующей нагрузке принимают наибольшее значение из двух, определённых по формулам Д.1 и Д.2.

Д.7 Расчет по формуле Д2 рекомендуется производить, если коэффициент вариации v (см. Д.10) при определении $N_{n1,cr}$ более 10%.

Д.8 Расчётное сопротивление образцов в серии испытаний по разрушению в опасном сечении, определяют по формулам:

- для образцов из стали

$$R_{\text{обр.}} = N_{n,cr} \cdot \frac{R_{un}}{\bar{\sigma}_B \cdot \gamma_u}; \quad (\text{Д.3})$$

- для образцов из алюминиевого сплава

$$R_{\text{обр.}} = N_{n,cr} \cdot \frac{R_{un}}{\bar{\sigma}_B \cdot \gamma_m \cdot \gamma_u}; \quad (\text{Д.4})$$

где: $N_{n,cr}$ — нормативное значение критической силы, соответствующее разрушению образца в серии испытаний;

- R_{un} — временное сопротивление материала, равное значению предела прочности σ_B по государственным стандартам и техническим условиям на сталь или алюминиевый сплав;
- $\bar{\sigma}_{0,2}$ — среднее значение предела прочности стали или алюминиевого сплава по результатам испытаний образцов, изготовленных из сплава той же партии, что и образцы испытываемых элементов;
- γ_u — дополнительный коэффициент надежности (табл.6.6).

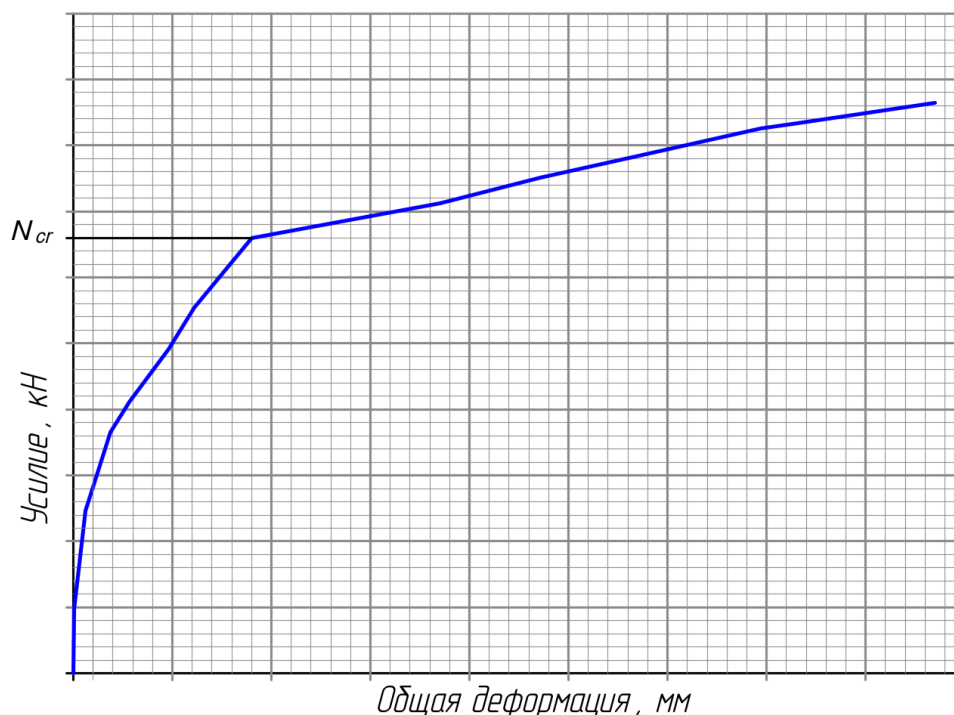


Рисунок Д.2 - Одиночная диаграмма зависимости общих деформаций от испытательной нагрузки при потере устойчивости элементом.

Д.9 Расчётное сопротивление образцов в серии испытаний по потере устойчивости, определяют по формуле:

$$R_{обр.} = \frac{N_{n,cr}}{\gamma_{уст}}; \quad (Д.5)$$

где: $N_{n,cr}$ — нормативное значение критической силы, соответствующее потере устойчивости элементом образца в серии испытаний;

$\gamma_{уст}$ — коэффициент надёжности по потере устойчивости.
 $= 1,1$

Д.10 Обработку результатов испытаний следует проводить в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.736 и нижеприведёнными положениями.

Д.11 Отбраковке и исключению из обработки подлежат:

- результаты испытаний с нарушенными условиями проведения испытаний;

- результаты в серии испытаний, относящиеся к маловероятным значениям по статистическим критериям оценки по ГОСТ Р 8.736, при уровне значимости q равным 5 %.

Д.12 Среднее значение силы сопротивления образца в серии испытаний рассчитывают по формуле

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{n}; \quad (\text{Д.6})$$

где: n — количество испытаний в серии;

i — номер испытания.

Коэффициент вариации силы сопротивления образца в серии испытаний рассчитывают по формуле:

$$\nu = \frac{1}{\bar{N}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_i - \bar{N})^2}{n - 1}}; \quad (\text{Д.7})$$

Нормативное значение силы сопротивления образца в серии испытаний рассчитывают по формуле:

$$N_n = \bar{N} \cdot (1 - k\nu); \quad (\text{Д.8})$$

где: k — коэффициент статистической обеспеченности разрушающей нагрузки 0,95 при достоверности 90 %, принимаемый по таблице Д.1.

Таблица Д.1. – Коэффициенты статистической обеспеченности разрушающей нагрузки 0,95 при достоверности 90 %.

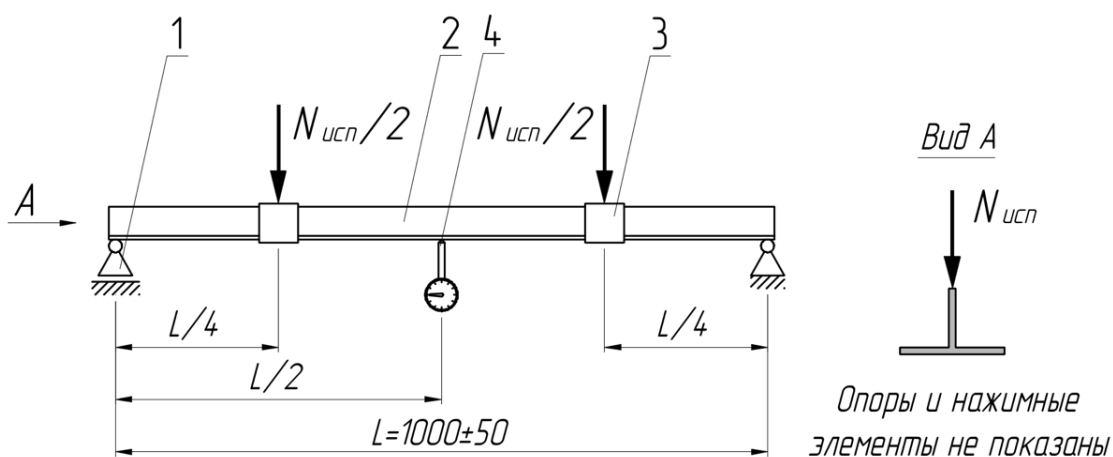
Число испытаний	k	Число испытаний	k
3	5,310	12	2,448
4	3,957	13	2,403
5	3,400	14	2,363
6	3,091	15	2,329
7	2,894	16	2,299
8	2,755	17	2,272
9	2,649	18	2,249
10	2,568	19	2,228
11	2,503	20	2,208

Приложение Е

(рекомендуемое)

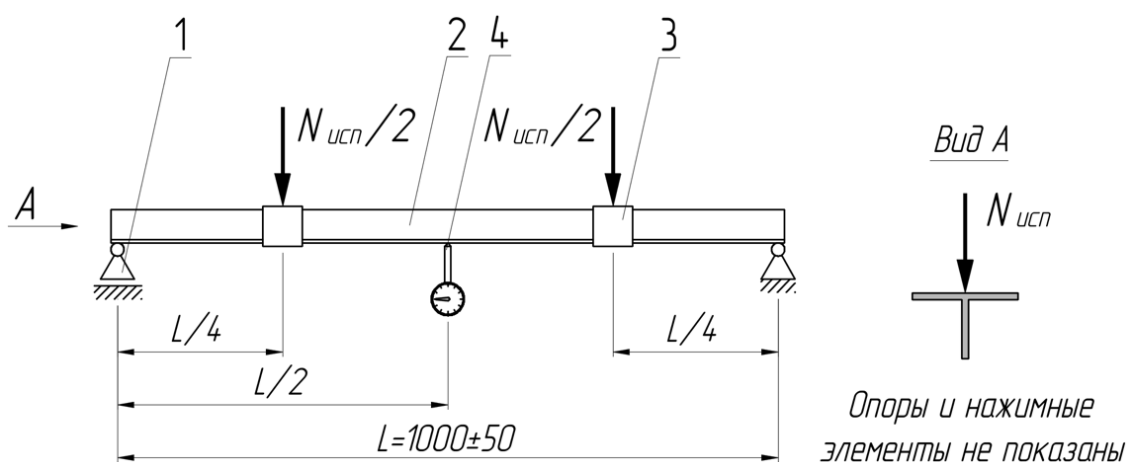
Схемы испытаний направляющих каркаса

Е.1 Схемы испытаний направляющих для определения допускаемых значений изгибающего момента даны на рисунке Е.1 и Е.2.



1. Деталь оснастки – опора.
2. Направляющая.
3. Деталь оснастки – нажимной элемент.
4. Индикатор часового типа.

Рисунок Е.1 – Схема испытания фрагмента Т-образной направляющей (сжата стенка).



(обозначения см. рис. Е. 1).

Рисунок Е.2 – Схема испытания Т-образной направляющей (сжата полка).

Е.2 Для исключения смятия профиля в опорах и устранения возможных погрешностей при замере деформаций, опорные поверхности направляющей следует усиливать несминаемыми элементами (рис. Е.3).

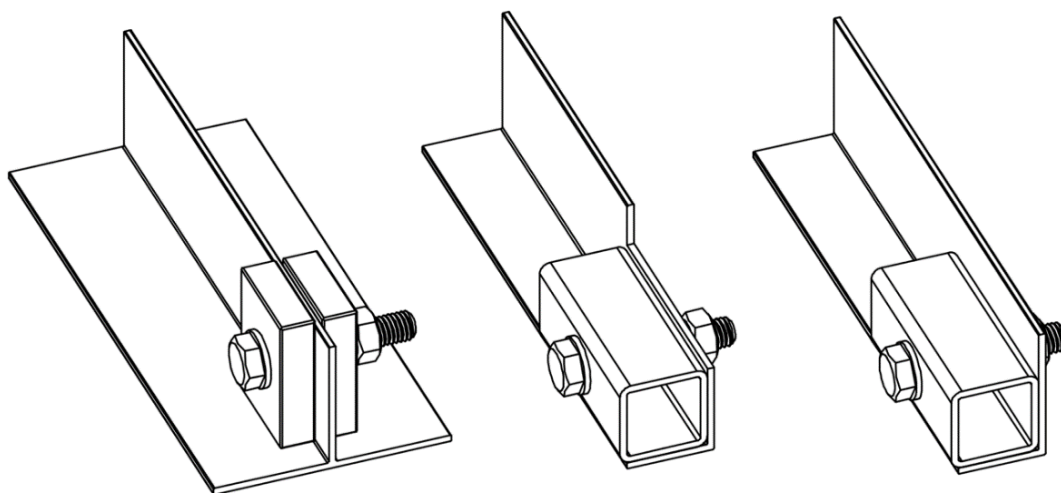


Рисунок Е.3 – Усиление стенок и полок профилей в месте контакта с опорой.

Е.3 На рисунке Е.4 дана парная диаграмма зависимости общих деформаций от испытательной нагрузки для двух образцов одного типа при изгибе в противоположных направлениях.

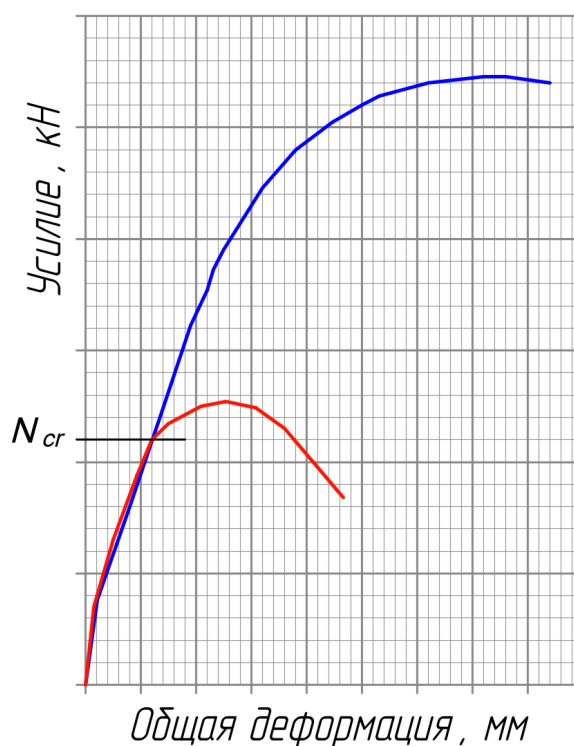


Рисунок Е.4 – Парная диаграмма нагружения двух образцов в противоположных направлениях.

Е.4 Если кривые на диаграммах совпадают только на восходящих участках, то результатом испытания для изгиба образца в направлении, при котором сжатой оказывается часть сечения с наибольшей координатой центра масс, принимают значение испытательной нагрузки, соответствующее точке расхождения кривых (см. рисунок Е.4).

Принятое значение следует считать критической нагрузкой ($N_{cr,i}$) при полной или частичной потере устойчивости образца в отдельном испытании серии при изгибе в указанном направлении.

В качестве результата серии испытаний принимают нормативное значение критической силы ($N_{n,cr}$) по потере устойчивости.

Е.5 Результаты испытаний при изгибе образца в направлении, при котором сжатой оказывается часть сечения с наименьшей координатой центра масс, определяют по групповой диаграмме роста остаточных деформаций по значению деформации не более $1/1000 \cdot L$, где L - принятая величина пролета в испытательной схеме, при условии, что установленная точка находится на восходящем участке кривой со схожим приростом деформаций по отношению к нижним ступеням нагружения (см. рисунок Е.5).

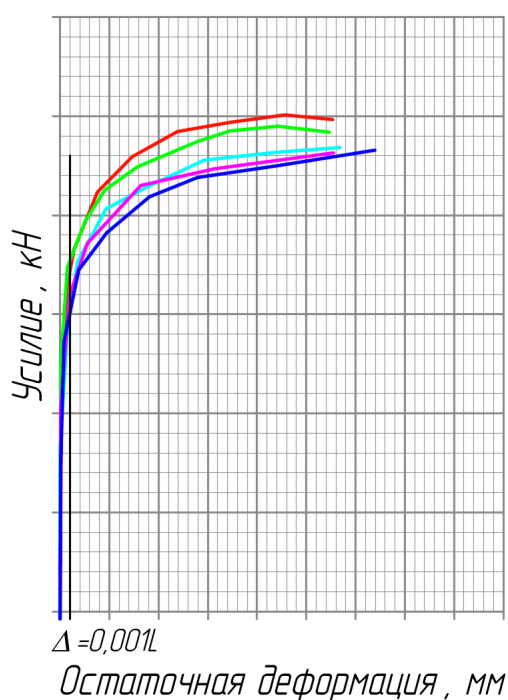


Рисунок Е.5 – Групповая диаграмма при нагружении образцов серии в направлении, при котором сжатой оказывается часть сечения с наименьшей координатой центра масс.

Для установленных точек с кривых снимают соответствующие им значения испытательной нагрузки, при этом допускается применение метода линейной интерполяции.

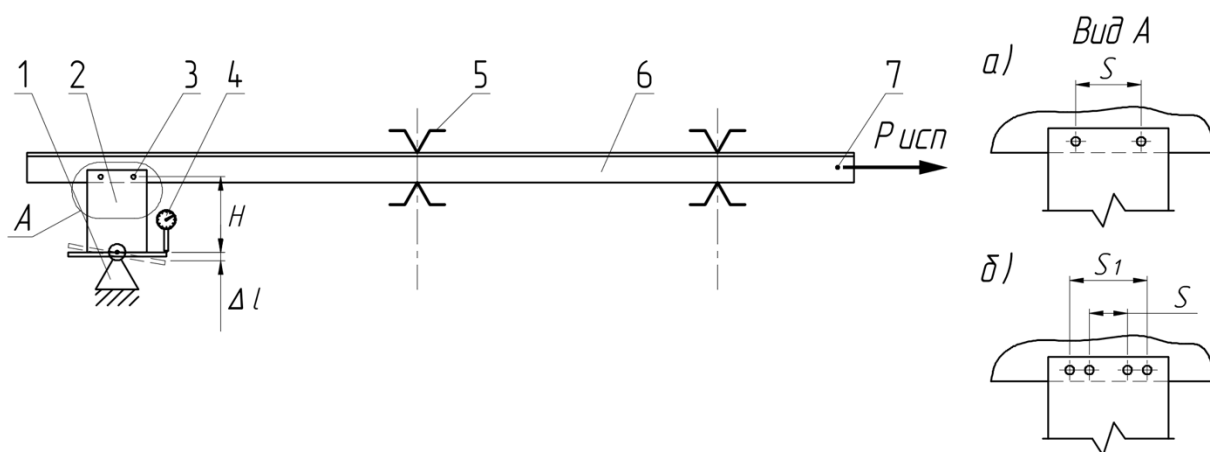
В качестве результата серии испытаний принимают нормативное значение критической силы ($N_{n,cr}$) по наступлению упруго-пластического состояния.

Приложение Ж

(рекомендуемое)

Защемление консоли кронштейна в направляющей. Схема испытаний

Ж.1 На рисунке Ж.1 дана схема испытаний соединения консоли несущего кронштейна с направляющей для определения степени защемления консоли в металле направляющей.



- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. Шарнирная опора. | 5. Скользящая опора. |
| 2. Удлинитель кронштейна. | 6. Вертикальная направляющая. |
| 3. Заклепка. | 7. Точка приложения испытательной нагрузки. |
| 4. Индикатор часового типа. | |

Рисунок Ж.1 – Принципиальная схема испытания соединения несущего кронштейна с направляющей.

Ж.2 Результаты испытаний соединения с несколькими КИ, нагруженного растягивающим усилием и изгибающим моментом, определяют по групповым диаграммам роста остаточных деформаций (см. рисунок Ж.1). В процессе испытаний отмечают значения нагрузки, соответствующие разрыву соединяемых элементов и срезу КИ.

Ж.3 Для определения значений испытательной нагрузки, при которой наступает смятие основного материала, на групповой диаграмме (рисунок 5) устанавливают значения остаточных деформаций, соответствующих их появлению и стабилизации приращению ($\Delta 1$ и $\Delta 2$).

Ж.4 Для установленных значений деформаций с кривых снимают соответствующие им значения испытательной нагрузки, при этом допускается применение метода линейной интерполяции. Полученные совокупности результатов испытаний обрабатывают в соответствии с требованиями Д10-Д12.

Ж.5 Расчётное сопротивление образцов в серии испытаний, по достижению смятия основного материала, определяют по нижеприведённым формулам:

- если результаты соответствуют деформации $\Delta 1$

$$R_{\text{обп.см}} = N_{n1,cr} \cdot \frac{R_{yn}}{\sigma_{0,2} \cdot \gamma_m}; \quad (\text{Ж.1})$$

- если результаты соответствуют деформации $\Delta 2$

$$R_{\text{обр.см}} = N_{n2,cr} \cdot \frac{\bar{N}_{1,cr} \cdot R_{yn}}{\bar{N}_{2,cr} \cdot \sigma_{0,2} \cdot \gamma_m}; \quad (\text{Ж.2})$$

где: $N_{n1,cr}$ и $N_{n2,cr}$ — нормативные значения критической силы в серии испытаний для остаточных деформаций, соответствующих их появлению и стабилизации приращения;
 $\bar{N}_{1,cr}$ и $\bar{N}_{2,cr}$ — средние значения критической силы в серии испытаний для остаточных деформаций, соответствующих их появлению и стабилизации приращения;
 R_{yn} — нормативный предел текучести материала, равный значению предела текучести по государственным стандартам и техническим условиям на сталь или алюминиевый сплав;
 $\sigma_{0,2}$ — среднее значение предела текучести материала по результатам испытаний образцов, изготовленных из материала той же партии, что и образцы испытываемых элементов каркаса;
 γ_m — коэффициент надежности по материалу (табл.11.1).

Ж.6 В качестве расчётного сопротивления соединения смятию основного материала принимают наибольшее значение из двух, определённых по формулам Ж.1 и Ж.2.

Ж.7 Расчёт по формуле Ж2 рекомендуется производить, если коэффициент вариации v при определении $N_{n1,cr}$ более 10%.

Ж.8 Расчётное сопротивление, соответствующее разрыву соединяемого материала, определяют по формуле:

$$R_{\text{обр.р}} = N_{n,cr} \cdot \frac{R_{un}}{\bar{\sigma}_B \cdot \gamma_m}; \quad (\text{Ж.3})$$

где: $N_{n,cr}$ — нормативное значение критической силы, соответствующее разрыву соединяемого материала;
 R_{un} — временное сопротивление материала, равное значению предела прочности по государственным стандартам и техническим условиям на сталь или алюминиевый сплав;
 $\bar{\sigma}_B$ — среднее значение предела прочности по результатам испытания образцов из стального проката или алюминиевого профиля, использованного для изготовления опытных образцов;
 γ_m — коэффициент надежности по материалу (таблица 11.1).

Ж.9 Расчётное сопротивление соединения срезу КИ, определяют по формуле:

$$R_{\text{обр.ср}} = \frac{N_{n,cr}}{\gamma_m}; \quad (\text{Ж.4})$$

где: $N_{n,cr}$ — нормативное значение критической силы, соответствующее срезу КИ;
 γ_m — коэффициент надежности по материалу (таблица 11.1).

Ж.10 В качестве расчётного сопротивления соединения, при котором обеспечивается заземление, принимают наименьшее из расчётных значений по видам отказа, зафиксированных в процессе испытания и определенных по формулам (Ж.1, Ж.2), (Ж.3), (Ж.4).

Ж.11 Ниже приведены формулы для пересчёта расчётного сопротивления образца, определённого в Ж.10, в расчётное сопротивление одного КИ в соединении.

Для соединения на двух КИ, расположенных в одной плоскости (по рис. Ж.1):

$$R_{\text{КИ}} = \sqrt{(N_{\text{М,КИ}}^2 + P_{\text{КИ}}^2)}; \quad (\text{Ж.5})$$

где: $R_{\text{КИ}}$ — расчётное сопротивление одного КИ в соединении по результатам испытаний.

$N_{\text{М,КИ}} = \frac{R_{\text{обр.}} \cdot H}{S}$ — усилие на одно КИ в соединении, вызванное действием момента;

H — плечо действия реакции $R_{\text{обр.}}$;

S — межцентровое расстояние в соединении;

$P_{\text{КИ}} = \frac{R_{\text{обр.}}}{n}$ — усилие на одно КИ в соединении, вызванное действием реакции $R_{\text{обр.}}$.

n — количество КИ в соединении.

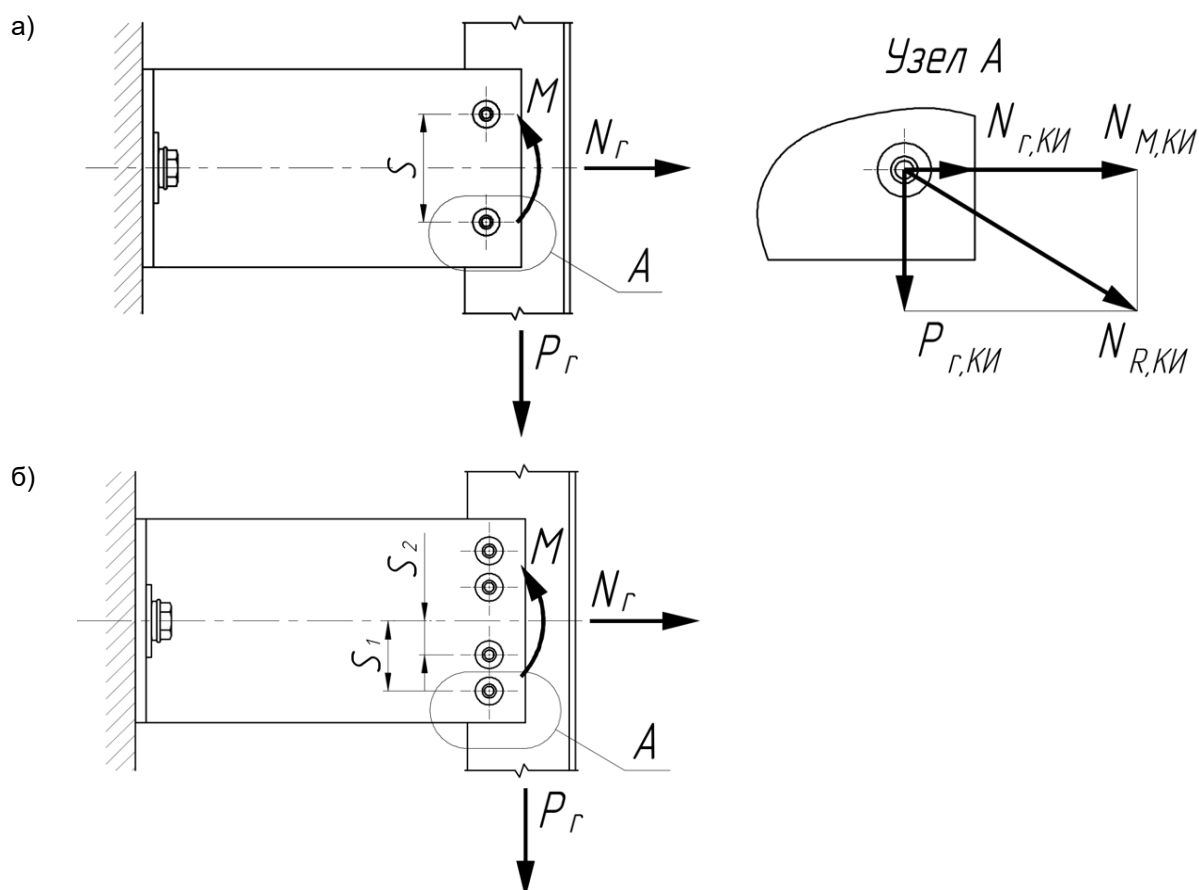
Ж.12 Условие обеспечения заземления в реальном соединении:

$$N_{\text{R,КИ}} \leq R_{\text{КИ}}; \quad (\text{Ж.6})$$

где: $N_{\text{R,КИ}}$ — расчётное усилие на одно КИ в соединении от внешних воздействий.

Ж.13 Ниже приведены формулы для определения расчётного усилия на одно КИ в соединениях ($N_{\text{R,КИ}}$), выполненных двумя и четырьмя КИ, от внешних воздействий.

На рисунке Ж.2 даны схемы соединений несущего кронштейна с направляющей на двух и четырёх КИ с обозначением внешних сил, действующих на соединение и наиболее нагруженное КИ.



а) соединение выполнено двумя КИ; б) соединение выполнено четырьмя КИ.

Рисунок Ж.3 – Схемы соединения консоли несущего кронштейна с направляющей на двух и четырёх КИ.

где: N_r — расчетное значение ветровой нагрузки на соединение;
 P_r — расчетное значение весовой нагрузки на соединение;
 M — расчетное значение изгибающего момента в соединении от действия реакции P_r ;
 $N_{r,КИ}$ — расчетное значение ветровой нагрузки на одно КИ соединения;
 $P_{r,КИ}$ — расчетное значение весовой нагрузки на одно КИ соединения;
 $N_{M,КИ}$ — расчетное значение нагрузки на одно КИ соединения от действия M ;
 $N_{R,КИ}$ — результирующее значение расчетных нагрузок на одно КИ соединения от внешних воздействий.

$$N_{R,КИ} = \sqrt{(N_{r,КИ} + N_{M,КИ})^2 + P_{r,КИ}^2}; \quad (Ж.7)$$

Расчетное значение нагрузки на одно КИ соединения ($N_{M,КИ}$), выполненное двумя КИ:

$$N_{M,КИ} = \frac{M}{S}; \quad (Ж.8)$$

Расчетное значение нагрузки на одно КИ соединения ($N_{M,КИ}$), выполненное четырьмя КИ:

$$N_{M,КИ} = \frac{M \cdot S_1}{2 \cdot (S_1^2 + S_2^2)}; \quad (\text{Ж.9})$$

Расчетное значение ветровой нагрузки на одно КИ соединения:

$$N_{r,КИ} = \frac{N_r}{n}; \quad (\text{Ж.10})$$

Расчетное значение весовой нагрузки на одно КИ соединения:

$$P_{r,КИ} = \frac{P_r}{n}; \quad (\text{Ж.11})$$

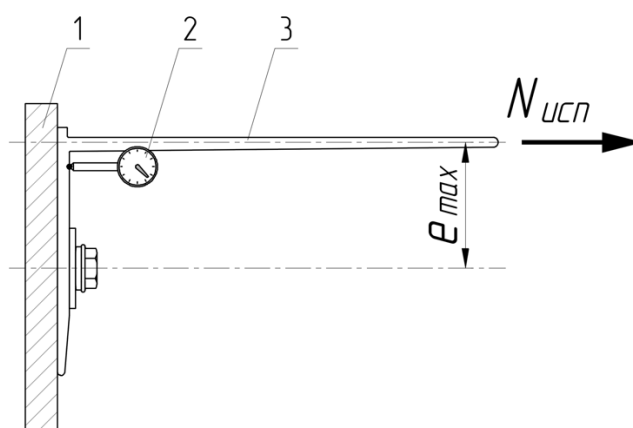
где: n — количество КИ в соединении.

Приложение 3

(рекомендуемое)

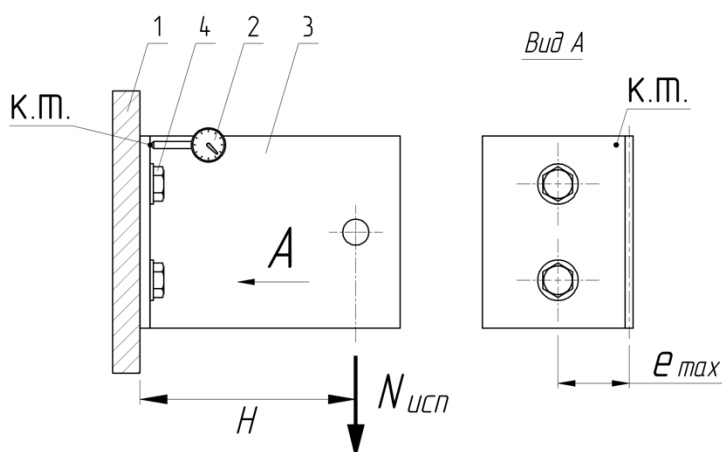
Несущая способность кронштейнов. Схемы испытаний

3.1 В п. 3.1-3.4 условно представлены кронштейны и схемы их крепления, в которых направления действия моментов от внешних сил совпадают. На рисунке 3.1 дана схема испытаний несущего кронштейна нагрузкой в направлении действия ветрового отсоса, на рисунке 3.2 – схема испытаний нагрузкой в направлении действия силы веса.



1. Деталь оснастки (основание).
2. Индикатор часового типа.
3. Кронштейн.

Рисунок 3.1 – Принципиальная схема испытаний несущего кронштейна растягивающей нагрузкой.



1. Деталь оснастки (основание).
2. Индикатор часового типа.
3. Кронштейн.
4. Болт с шайбой.

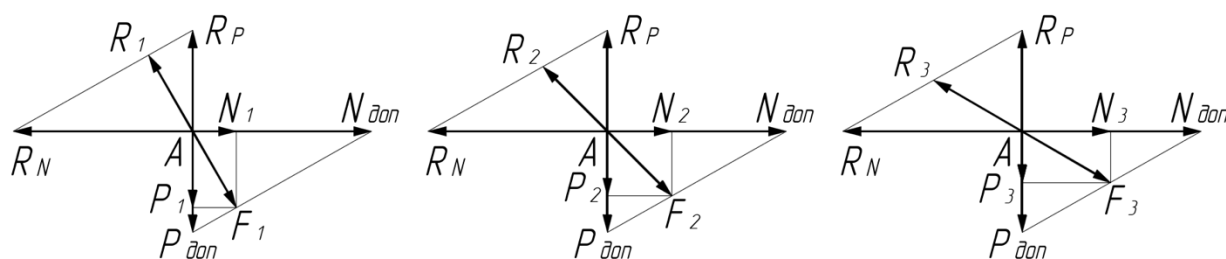
к.т. – контрольная точка для измерения перемещений.

Рисунок 3.2 – Принципиальная схема испытаний несущего кронштейна сдвигающей нагрузкой.

3.2 Диаметр шайбы под болты крепления кронштейнов на испытательном стенде должен быть равен фактическому диаметру шайбы анкера. Крепление болтами пятки кронштейна должно производиться с максимально возможным значением размера e_{max} .

3.3 Полученные, после обработки результатов испытаний, значения сопротивлений кронштейна действию растягивающей и сдвигающей нагрузок могут быть представлены графически в виде силового треугольника сопротивлений и соответствующего ему треугольника допускаемых нагрузок.

3.4 На рисунке 3.3 показаны сочетания безопасных значений поперечных и продольных к оси консоли кронштейна нагрузок, определенных при помощи треугольника допускаемых нагрузок.



$P_1; P_2; P_3$ – поперечные силы;

$N_1; N_2; N_3$ – соответствующие поперечным, продольные силы;

$F_1; F_2; F_3$ – соответствующие поперечным и продольным, равнодействующие силы;

$R_1; R_2; R_3$ – сопротивления равнодействующим силам $F_1; F_2; F_3$.

Рисунок 3.3 – Силовой треугольник сопротивлений и соответствующий ему треугольник допускаемых нагрузок.

3.5 Испытания опорного кронштейна производят по схеме рисунка 3.1.

3.6 Для кронштейнов и схем их крепления, в которых направления действия моментов от внешних сил не совпадают, силовой треугольник сопротивлений построить невозможно. Испытаниями можно определить величину вектора сопротивления действию силы веса и, если позволяет конструкция кронштейна, величину вектора сопротивления нагрузке, действующей в направлении ветрового отсоса. Момент от силы веса загружает кронштейн, момент от нагрузки, действующей в направлении ветрового отсоса, разгружает.

Приложение И

(рекомендуемое)

Расчет ветровой и гололёдной нагрузок на облицовку НФС

И.1 Расчёт нормативных значений ветровой нагрузки на облицовку НФС для прямоугольных в плане зданий следует производить по формуле 11.10 СП 20.13330.2016 для пиковой ветровой нагрузки:

$$w_{+(-)} = w_0 \cdot k(z_e) \cdot [1 + \zeta(z_l)] \cdot c_{p,+(-)} \cdot v_{+(-)}; \quad (\text{И.1})$$

где: w_0 — нормативное значение давления ветра - по таблице 11.1;
 $k(z_e)$ — коэффициент, учитывающий изменение давления ветра на эквивалентной высоте z_e - по таблице 11.2;
 $\zeta(z_e)$ — коэффициент, учитывающий изменение пульсации давления ветра для эквивалентной высоты z_e - по таблице 11.4;
 $c_{p,+(-)}$ — пиковые (положительные и отрицательные) значения аэродинамических коэффициентов - по приложению В.1.17;
 $v_{+(-)}$ — коэффициенты корреляции ветровой нагрузки, соответствующие положительному давлению (+) и отсосу (—) в зависимости от площади ограждения - по таблице 11.8 СП 20.13330.2016.

И.2 Расчётное значение пиковой ветровой нагрузки определяют по формуле:

$$w = w_{+(-)} \cdot \gamma_f; \quad (\text{И.2})$$

где: $\gamma_f = 1,4$ — коэффициент надёжности по ветровой нагрузке.

И.3 Нормативное значение поверхностной гололедной нагрузки i' , (Па) для облицовок НФС рассчитывают по формуле 12.2 СП 20.13330.2016:

$$i' = b \cdot k \cdot \mu_2 \cdot \rho \cdot q \quad (\text{И.3})$$

где: b (м) — толщина стенки гололеда по таблице 12.1;
 k — коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте по таблице 12.3;
 $\mu_2 = 0,6$ — коэффициент, учитывающий форму обледенения;
 $\rho = 900$ (кг/м³) — плотность льда;
 $q = 9,8$ (м/с²) — ускорение свободного падения.

И.4 Расчётное значение поверхностной гололедной нагрузки определяют по формуле:

$$i = i' \cdot \gamma_f; \quad (\text{И.4})$$

где: $\gamma_f = 1,8$ — коэффициент надёжности по поверхностной гололедной нагрузке.

И.5 Для рядовых участков фасада для тяжёлых типов облицовки расчёт ветровой нагрузки производят для летнего и зимнего времён года (с учётом гололёдной нагрузки). На покрытые гололёдом элементы облицовки значение ветровой нагрузки следует принимать равным 60% нагрузки $w_{+(-)}$, определяемой согласно формуле И.1. Для лёгких типов облицовки расчёт ветровой нагрузки производят для летнего времени года по формулам И.1 и И.2.

И.6 Для угловых участков фасада гололёдная нагрузка не рассчитывается, нормативные и расчётные значения ветровой нагрузки определяют соответственно по формулам И.1 с отрицательным значением аэродинамического коэффициента $c_{p,(-)}$ и И.2.

И.7 В таблицах И.1 и И.2 приведены расчётные значения ветровой нагрузки для прямоугольных в плане зданий, расположенных в I-VII ветровых районах, для типа местности «В», для различных участков на фасаде здания, для летнего и зимнего времени года.

Летнее время года
Расчетная ветровая нагрузка (кгс/м²)

Таблица И.1 – Значения расчётной ветровой нагрузки в зависимости от участка на фасаде здания (центр, угол) и эквивалентной высоты.

Эквивалентная высота, м	Ветровые районы, тип местности В																				
	I			II			III			IV			V			VI			VII		
	w^+	w^-		w^+	w^-		w^+	w^-		w^+	w^-		w^+	w^-		w^+	w^-		w^+	w^-	
	центр	угол		центр	угол		центр	угол		центр	угол		центр	угол		центр	угол		центр	угол	
75	93,3	-93,3	-171	122	-122	-223	154	-154	-283	195	-195	-357	243	-243	-446	296	-296	-543	345	-345	-632
70	91,4	-91,4	-168	119	-119	-219	151	-151	-277	191	-191	-350	238	-238	-437	290	-290	-532	338	-338	-619
65	89,4	-89,4	-164	117	-117	-214	148	-148	-271	187	-187	-342	233	-233	-428	284	-284	-520	330	-330	-606
60	87,4	-87,4	-160	114	-114	-209	144	-144	-265	182	-182	-334	228	-228	-418	277	-277	-509	323	-323	-592
55	84,8	-84,8	-155	111	-111	-203	140	-140	-257	177	-177	-324	221	-221	-405	269	-269	-493	313	-313	-574
50	82,1	-82,1	-150	107	-107	-196	136	-136	-249	171	-171	-314	214	-214	-393	260	-260	-478	303	-303	-556
45	79,3	-79,3	-145	103	-103	-190	131	-131	-240	166	-166	-303	207	-207	-379	252	-252	-462	293	-293	-537
40	76,5	-76,5	-140	99,8	-99,8	-183	126	-126	-232	160	-160	-293	200	-200	-366	243	-243	-445	283	-283	-518
35	73,4	-73,4	-134	95,7	-95,7	-175	121	-121	-222	153	-153	-281	191	-191	-351	233	-233	-427	271	-271	-497
30	70,1	-70,1	-128	91,4	-91,4	-168	116	-116	-212	146	-146	-268	183	-183	-335	222	-222	-408	259	-259	-475
25	66,6	-66,6	-122	86,9	-86,9	-159	110	-110	-202	139	-139	-255	174	-174	-319	212	-212	-388	246	-246	-452
20	63,1	-63,1	-116	82,3	-82,3	-151	104	-104	-191	132	-132	-241	165	-165	-302	200	-200	-367	233	-233	-427
15	57,7	-57,7	-106	75,2	-75,2	-138	95,3	-95,3	-175	120	-120	-221	150	-150	-276	183	-183	-336	213	-213	-391
10	51,7	-51,7	-94,9	67,5	-67,5	-124	85,5	-85,5	-157	108	-108	-198	135	-135	-247	164	-164	-301	191	-191	-351
5	42,9	-42,9	-78,6	55,9	-55,9	-103	70,9	-70,9	-130	89,5	-89,5	-164	112	-112	-205	136	-136	-250	159	-159	-291

Зимнее время года
Расчетная ветровая нагрузка (кгс/м²)

Таблица И.2 – Значения расчётной ветровой нагрузки в зависимости от участка на фасаде здания (центр, угол) и эквивалентной высоты.

Эквивалентная высота, м	Ветровые районы, тип местности В																				
	I			II			III			IV			V			VI			VII		
	w^+	w^-		w^+	w^-		w^+	w^-		w^+	w^-		w^+	w^-		w^+	w^-		w^+	w^-	
	центр	угол		центр	угол		центр	угол		центр	угол		центр	угол		центр	угол		центр	угол	
75	56	-56	-171	73	-73	-223	92	-92	-283	117	-117	-357	146	-146	-446	178	-178	-543	207	-207	-632
70	55	-55	-168	71	-71	-219	91	-91	-277	115	-115	-350	143	-143	-437	174	-174	-532	203	-203	-619
65	53	-53	-164	70	-70	-214	89	-89	-271	112	-112	-342	140	-140	-428	170	-170	-520	198	-198	-606
60	52	-52	-160	68	-68	-209	86	-86	-265	109	-109	-334	137	-137	-418	166	-166	-509	194	-194	-592
55	51	-51	-155	66	-66	-203	84	-84	-257	106	-106	-324	133	-133	-405	161	-161	-493	188	-188	-574
50	49	-49	-150	64	-64	-196	82	-82	-249	103	-103	-314	128	-128	-393	156	-156	-478	182	-182	-556
45	47	-47	-145	62	-62	-190	79	-79	-240	100	-100	-303	124	-124	-379	151	-151	-462	176	-176	-537
40	46	-46	-140	60	-60	-183	75	-75	-232	96	-96	-293	120	-120	-366	146	-146	-445	170	-170	-518
35	44	-44	-134	57	-57	-175	72	-72	-222	92	-92	-281	115	-115	-351	140	-140	-427	163	-163	-497
30	42	-42	-128	55	-55	-168	69	-69	-212	88	-88	-268	110	-110	-335	133	-133	-408	155	-155	-475
25	40	-40	-122	52	-52	-159	66	-66	-202	83	-83	-255	104	-104	-319	127	-127	-388	148	-148	-452
20	38	-38	-116	49	-49	-151	62	-62	-191	79	-79	-241	99	-99	-302	120	-120	-367	140	-140	-427
15	34	-34	-106	45	-45	-138	57	-57	-175	72	-72	-221	90	-90	-276	110	-110	-336	128	-128	-391
10	31	-31	-94,9	40	-40	-124	51	-51	-157	65	-65	-198	81	-81	-247	98	-98	-301	115	-115	-351
5	26	-26	-78,6	33	-33	-103	43	-43	-130	54	-54	-164	67	-67	-205	82	-82	-250	95	-95	-291

Изменения №1 от 31 марта 2021 года
к СТО 22594804-002-2021 «Навесные фасадные системы. Металлические конструкции каркасов и облицовок. Правила проектирования и расчета».

№	Пункт	Редакция от 25 февраля 2021	Редакция от 31 марта 2021
1	2	СП 131.13330.2012 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология».	Заменено на: СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология».
2	4		Добавлено: R_p - расчетное сопротивление торцевой поверхности материала смятию (при наличии пригонки); R_{bp} - расчетное сопротивление материала элементов смятию (при соединении болтами); I - момент инерции сечения; I_{ef} - момент инерции эффективного упругого сечения.
3	5.2.2	«- изменения климатических (снеговых, ветровых, температурных, гололедных, сейсмических) нагрузок за срок службы сооружения»	Заменено на: «- изменения климатических (снеговых, ветровых, температурных, гололедных) и сейсмических нагрузок за срок службы сооружения».
4	5.2.4	«...на них...»	Заменено на: «...на конструкции...»
5	6.1.4	«...и цинковым покрытием класса не менее 275.»	Заменено на: «...с защитным покрытием, в соответствии с требованиями коррозионной стойкости объекта строительства.»
6	6.1.6	«...с покрытием класса 275 по ГОСТ 14918 с дополнительным атмосферостойким лакокрасочным покрытием толщиной не менее 40 мкм. При слабоагрессивном или среднеагрессивном воздействии среды - из тонколистовой коррозионностойкой стали.»	Заменено на: «...из коррозионностойкой стали или из тонколистовой оцинкованной стали с защитным покрытием, в соответствии с требованиями коррозионной стойкости объекта строительства.»
7	Таблица 6.2		Добавлено: «марка стали AISI 430 с нормативным сопротивлением $R_{yn} = 260$ МПа и $R_{un} = 450$ МПа и расчетным сопротивлением $R_y = 245$ МПа, $R_s = 140$ МПа, $R_{bp} = 605$ МПа».
8	6.3.2		Добавлен пункт 6.3.2: «Для стального проката с пределом текучести до 350МПа значения $\gamma_m = 1,025$; для проката с пределом текучести 350МПа и выше значение $\gamma_m = 1,05$.»
9	Таблица 6.6	Для стального проката при расчете элементов конструкций по временному сопротивлению, дополнительный коэффициент надёжности γ_u	Заменено на: «для стального проката при расчете элементов конструкций по временному сопротивлению, коэффициент надёжности γ_u ».
10	Таблица 8.12	$0,65 < \bar{\lambda}_s < 1,38$	Заменено на: $0,65 < \bar{\lambda}_d < 1,38$
11	8.2.3.	«...вычисленном на основании эффективного поперечного сечения...»	Заменено на: «...вычисленном для сжатых полок на основании расчёта полного поперечного сечения...»

12	Таблицы 10.1 - 10.4	A_1 и A_2 - площади поперечных сечений.	Заменено на: $A_{1(2)}$ – площадь поперечного сечения консоли;
13	Таблица 10.5	A_1 и A_2 - площади поперечных сечений.	Заменено на: A_1 – площадь поперечного сечения консоли;
14	14.8	«...следует проводить расчёт на общую устойчивость изгибаемой консоли и при необходимости рассматривать возможность усиления консоли кронштейна с помощью подкосов в плоскости консоли или распорок в сжатой зоне из плоскости кронштейна.»	Заменено на: «...следует проводить расчёт на общую устойчивость консоли от сжимающей и изгибаемой нагрузок и, при необходимости, рассматривать возможность усиления консоли кронштейна, в том числе с помощью подкосов в плоскости консоли или распорок в сжатой зоне из плоскости кронштейна.»
15	Рис. Д.2 и Е.4		К подписи рисунка добавлено: общая деформация
16	Рис. Е.5		К подписи рисунка добавлено: Дельта $\leq 0,001L$

Изменения №2 от 17 мая 2022 года
к СТО 22594804-002-2021 «Навесные фасадные системы. Металлические конструкции каркасов и облицовок. Правила проектирования и расчета».

№	Пункт	Редакция от 31 марта 2021	Редакция от 17 мая 2022
1	6.2 Табл. 6.4	Таблица 6.4 - Основные нормативные и расчётные характеристики алюминиевых сплавов.	Заменена на аналогичную таблицу 6.1 из СТО 22594804-001-2021.
2	8.1.2	«Изложенный в разделе материал не относится к замкнутым полым стальным профилям круглого, квадратного и прямоугольного сечения, полученным в процессе прокатки, профилирования и сварки».	Заменено на: «Изложенный в разделе материал не относится к замкнутым полым профилям круглого, квадратного и прямоугольного сечения, полученным в процессе прокатки, профилирования и сварки или экструдирования».
3	8.1 Таблица 8.1	В четвертой строке (часть с формулами): $b/t \leq 300$	В четвертую строку (часть с рисунками) добавлено: высота профилей «h». В четвертой строке (часть с формулами): - удалена формула: $b/t \leq 300$ - вписаны формулы: $b/t \leq 100$ $h/t \leq 300$
4	8.2.7 Таблица 8.5	«Значения расчетного сопротивления R_y 235275».	Заменено на: «Значения расчетного сопротивления $R_y \leq 235$ 370».
5	8.2.7 Таблица 8.6	«Значения расчетного сопротивления R 100220».	Заменено на: «Значения расчетного сопротивления $R \leq 100$ 220».
6	8.3.1 Рисунок 8.6	Рисунок 8.6 – Виды усиления плоских пластин краевыми рёбрами жёсткости.	Заменен на аналогичный рисунок 8.4 из СТО 22594804-001-2021 с надписями: а) краевое ребро жёсткости прессованных профилей; б) краевое ребро жёсткости гнутых профилей.
7	8.3.7	« b_1 – расстояние (см. рисунок 8.7)».	Заменено на: « b_1 – расстояние (см. рисунок 8.6)».
8	10.1		Добавлен п. 10.1.5: «Установлено, что расчет пяток кронштейнов любой конфигурации, закрепляемых одним или несколькими анкерами, дает завышенные результаты несущей способности. Для получения достоверных сведений о прочностных характеристиках пяток кронштейнов целесообразнее использовать данные, полученные опытным путем».
9	10.2.2	«Расчетная схема П-образного стыковочного кронштейна приведена ...».	Заменено на: «Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений в элементах П-образного стыковочного кронштейна приведены...».
10	10.2.3	«Расчетная схема П-образного опорного кронштейна приведена ...».	Заменено на: «Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений в элементах П-образного опорного кронштейна приведены...».
11	10.2.3 Рисунок 10.3	«Расчетная схема стыковочного кронштейна».	Заменено на: «Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений в элементах П-образного стыковочного кронштейна».

№	Пункт	Редакция от 31 марта 2021	Редакция от 17 мая 2022
12	10.2.3 Рисунок 10.4	«Расчетная схема опорного П-образного кронштейна».	Заменено на: «Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений в элементах П-образного опорного кронштейна».
13	10.3.2	«Расчётная схема L-образного несущего кронштейна из алюминиевого сплава приведена...».	Заменено на: «Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений в элементах L-образного несущего кронштейна из алюминиевого сплава приведены...».
14	10.3.2 Рисунок 10.5	«Расчетные схемы L-образного несущего кронштейна из алюминиевого сплава».	Заменено на: «Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений в элементах L-образного несущего кронштейна из алюминиевого сплава».
15	10.3.3	«Расчётная схема L-образного опорного кронштейна из алюминиевого сплава приведена...».	Заменено на: «Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений в элементах L-образного опорного кронштейна из алюминиевого сплава приведены...».
16	10.3.3 Рисунок 10.6	«Расчетные схемы L-образного опорного кронштейна из алюминиевого сплава».	Заменено на: «Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений в элементах L-образного опорного кронштейна из алюминиевого сплава».
17	10.3.5 Рисунок 10.8	«Расчетные схемы L-образного стального кронштейна с горизонтально ориентированной плоскостью консоли».	Заменено на: «Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений элементов L-образного стального кронштейна с горизонтально ориентированной плоскостью консоли».
18	11.3.1	«...и принимаются по таблице 11.7».	Заменено на: «...и принимаются по таблице 11.7 для стальных конструкций и по таблице 11.8 для конструкций из алюминиевых сплавов».
19	11.3.1	«Таблица 11.7 - Минимально допустимые расстояния между КИ и от их осей до краев соединяемых элементов».	Заменено на: «Таблица 11.7 - Минимально допустимые расстояния между КИ и от их осей до краев соединяемых элементов по СП 260.1325800.2016 (кроме винтов самонарезающих, самосверлящих)».
20	11.3.1		После Таблицы 11.7 добавлено: «Таблица 11.8 - Минимально допустимые расстояния между КИ и от их осей до краев соединяемых элементов по СП 128.1325800.2016 (кроме винтов самонарезающих, самосверлящих)».
21	12.2.2 Таблица 12.2	«Примечание: таблица взята из справочника «Прочность. Устойчивость. Колебания. Том 1». Рис.4, табл.26.».	Заменено на: «Примечание: таблица взята из справочника «Прочность. Устойчивость. Колебания». Биргер И.А. 1968г., Том 1, стр. 557, табл.26.».
22	Прил. Д Д.1 Рисунок Д.1		Рисунок Д.1. Изменена графика: Обозначение "Δ2" смещено влево по оси абсцисс.
23	Прил. Д Д.2	«...устанавливают значения остаточных деформаций, соответствующих их появлению и стабилизации приращения (Δ1 и Δ2)».	Заменено на: «...устанавливают минимально возможное значение остаточной деформации, соответствующее точности применяемых средств измерений (Δ1) и значение Δ2 > Δ1, которое должно соответствовать участку

№	Пункт	Редакция от 31 марта 2021	Редакция от 17 мая 2022
			диаграммы с кривыми, имеющими переменный $\operatorname{tg}\alpha$ (α – угол наклона кривой к оси абсцисс).
24	Прил. Д Д.5	«- если совокупность результатов соответствует появлению остаточной деформации $\Delta 1$ ».	Заменено на: «- по остаточной деформации $\Delta 1$ ».
25	Прил. Д Д.5	«- если совокупность результатов соответствует стабилизации приращения остаточной деформации $\Delta 2$ ».	Заменено на: «- по остаточной деформации $\Delta 2$ ».
26	Прил. Д Д.5	«- нормативные значения критической силы в серии испытаний для остаточных деформаций, соответствующих их появлению и стабилизации приращения;».	Заменено на: «- нормативные значения критической силы в серии испытаний для остаточных деформаций $\Delta 1$ и $\Delta 2$ соответственно;».
27	Прил. Д Д.5	«- средние значения критической силы в серии испытаний для остаточных деформаций, соответствующих их появлению и стабилизации приращения;».	Заменено на: «- средние значения критической силы в серии испытаний для остаточных деформаций $\Delta 1$ и $\Delta 2$ соответственно;».
28	Прил. 3 3.1	«На рисунке 3.1 дана схема испытаний несущего кронштейна ...».	Заменено на: «В п. 3.1-3.4 условно представлены кронштейны и схемы их крепления, в которых направления действия моментов от внешних сил совпадают. На рисунке 3.1 дана схема испытаний несущего кронштейна ...».
29	Прил. 3 3.2		Удален из текста дублирующий п. 3.2.
30	Прил. 3 3.4 Рис.3.2.	«Рис.3.2 – Силовой треугольник сопротивлений и соответствующий ему треугольник допускаемых нагрузок».	Заменено на: «Рис.3.3 – Силовой треугольник сопротивлений и соответствующий ему треугольник допускаемых нагрузок».
31	Прил. 3		Добавлен п. 3.6: «Для кронштейнов и схем их крепления, в которых направления действия моментов от внешних сил не совпадают, силовой треугольник сопротивлений построить невозможно. Испытаниями можно определить величину вектора сопротивления действию силы веса и, если позволяет конструкция кронштейна, величину вектора сопротивления нагрузке, действующей в направлении ветрового отсоса. Момент от силы веса загружает кронштейн, момент от нагрузки, действующей в направлении ветрового отсоса, разгружает».