



**Рамные несущие стальные конструкции из тонкостенных оцинкованных профилей
для каркасов быстровозводимых зданий различного назначения**

Руководство по проектированию

Москва, 2023

Введение

Настоящее Руководство предназначено для проектных и строительно-монтажных организаций.

В Руководстве рассматривается проектирование одноэтажных рамных зданий из стальных холодногнутых оцинкованных профилей промышленного и общественного назначения, представлены конструктивные решения и рекомендации по обеспечению пожарной безопасности и безопасности на монтаже.

Необходимость разработки Руководства обусловлена широким спросом на строительство быстровозводимых зданий. Рамные каркасы из стальных холодногнутых оцинкованных профилей обеспечивают высокую скорость монтажа, эффективную логистику, позволяют выполнять монтаж без использования сварки.

Настоящее Руководство разработано впервые в Российской Федерации с целью развития нормативной базы в области конструкций из стальных холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов.

В связи с тем, что в действующем своде правил по ЛСТК СП 260.1325800 «Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования» в настоящее время не раскрыты все вопросы, связанные с особенностями проектирования рамных каркасов из холодногнутых профилей, установки связей, отсутствуют методики по всем расчетным ситуациям, возникающим при устройстве прогонов, и пр., Руководство было разработано на основе анализа многолетней практики строительства и эксплуатации рамных зданий из стальных холодногнутых профилей и результатов научных исследований российских и зарубежных ученых, результаты НИР и НИОКР, проведенных по заказу АРСС, а также использованы аналогичные данные существующих решений по рамным каркасам из СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции».

В любом случае, при применении конструктивных решений, для которых не существует апробированных методов расчета, проведенных в нормативных документах, следует использовать данные численных и экспериментальных исследований на моделях или натурных конструкциях, устанавливающие основные параметры строительных объектов, их несущую способность и воспринимаемые ими воздействия.

СОДЕРЖАНИЕ:

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	5
2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	7
3. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	11
4. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ И СОЕДИНЕНИЙ	12
4.1 ЛИСТОВОЙ ПРОКАТ	12
4.2 КРЕПЕЖНЫЕ ИЗДЕЛИЯ	13
5. ПРОФИЛИ	14
5.1 НОМЕНКЛАТУРА СТАЛЬНЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ	14
5.2 ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ. НАЧАЛЬНЫЕ НЕСОВЕРШЕНСТВА. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОФИЛЯМ	16
6. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ КОМПОНОВКИ РАМНЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ КАРКАСОВ ЗДАНИЙ ИЗ СТАЛЬНЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ (ЛСТК)	19
7. КОНСТРУКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ОДНОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ РАМНОГО КАРКАСА ИЗ СТАЛЬНЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ	23
8. ЭЛЕМЕНТЫ РАМНОГО КАРКАСА	26
8.1 СТОЙКИ РАМ	26
8.2 РИГЕЛЬ РАМЫ	28
8.3 СВЯЗЕВАЯ СИСТЕМА РАМНОГО КАРКАСА	30
<i>Система связей по стойкам</i>	30
<i>Связевые блоки</i>	32
<i>Распорки</i>	33
<i>Система связей по покрытию</i>	34
<i>Система монтажных связей</i>	36
<i>Покрытие с профлистом</i>	36
8.4 КРОВЕЛЬНЫЕ ПРОГОНЫ	36
8.5 БЕСПРОГОННЫЕ ПОКРЫТИЯ	42
8.6 СТЕНОВЫЕ ПРОГОНЫ	42
8.7 КРАНЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И КОММУНИКАЦИИ	43
9. РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ РАМНЫХ ЗДАНИЙ	44
9.1 НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ	44
9.2 ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ ИЗ СТАЛЬНЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ	44
9.3 РАСЧЕТ ПО ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ ГРУППАМ ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ	46
9.4 ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ РАМНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ ТОНКОСТЕННЫХ СТАЛЬНЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ	49
10. УЗЛЫ СОПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РАМНОГО КАРКАСА	54
10.1 ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ УЗЛОВ	54
10.2 ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ УЗЛОВ В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ	62
11. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ	64
11.1 ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ ОЦИНКОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ РАМНОГО КАРКАСА	64
11.2 ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОГНЕСТОЙКОСТЬ РАМНОГО КАРКАСА	66
11.3 ОГНЕЗАЩИТА КОНСТРУКЦИЙ ИЗ СТАЛЬНЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ	70
12. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА МОНТАЖА РАМНЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ	75
ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО МОНТАЖУ КОНСТРУКЦИЙ РАМНЫХ ЗДАНИЙ	75
УКРУПНИТЕЛЬНАЯ СБОРКА ЛСТК И МОНТАЖ	77
СБОРКА УЗЛОВ И СОЕДИНЕНИЙ ЛСТК	78
13. БИБЛИОГРАФИЯ	81

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящее Руководство распространяется на проектирование и строительство несущих и ограждающих конструкций одноэтажных рамных зданий из стальных холодногнутых оцинкованных профилей.

Руководство разработано для применения на всей территории РФ:

Расчетная температура наружного воздуха до минус 55 °С включительно;

Снеговой район – I-VIII в соответствии с СП 20.13330;

Ветровой район – Ia-VII в соответствии с СП 20.13330;

Климатический район в соответствии с СП 131.13330

Зона влажности по СП 131.13330: сухая, нормальная, влажная

Сейсмичность площадки - не более 9 баллов в соответствии с СП 14.13330.

Степень огнестойкости I-V.

Руководство предназначено для проектирования рамных зданий производственного и складского назначения по СП 56.13330.2021, сельскохозяйственного назначения по СП 105.13330.2012 и СП 106.13330.2012, а также отдельные виды зданий общественного назначения из Перечня основных функционально-типологических групп зданий, сооружений и помещений общественного назначения Таблица Б.1 Приложение Б СП 118.13330.2022, а именно: здания и помещения сервисного обслуживания населения, в частности предприятия розничной и мелкооптовой торговли, а также торгово-развлекательные комплексы; объекты бытового и коммунального обслуживания населения, в частности предприятия бытового обслуживания населения (ремонтные и пошивочные мастерские; прачечные, химчистки, организации, оказывающие услуги проката); здания организации транспорта, предназначенные для непосредственного обслуживания населения, в частности здания вокзалов всех видов транспорта (аэровокзалы, морские, речные, железнодорожные вокзалы); объекты спорта и помещения физкультурно-оздоровительного, досугового назначения, в частности крытые спортивные сооружения (залы, манежи, бассейны и т.д.); здания и сооружения массового спорта и спортивного отдыха (физкультурно-досуговые комплексы, аквапарки, спортивные клубы); здания для размещения зрелищных и досугово-развлекательных организаций (театры, кинотеатры, концертные залы, цирки, дельфинарии и т.п.), танцевальные комплексы.

Рекомендации Руководства распространяются на вышеуказанные сооружения, если они относятся к сооружениям классов КС-1 и КС-2 в соответствии с классификацией по приложению А ГОСТ 27751, и не относятся к сооружениям с массовым нахождением людей в соответствии с приложением Б ГОСТ 27751.

Согласно п. 5.2.6 ГОСТ 27751 для зданий и сооружений класса КС-3, а также зданий и сооружений класса КС-2 с массовым нахождением людей, проводится расчет на

прогрессирующее обрушение. В связи с тем, что в настоящее время в нормативных документах РФ отсутствуют рекомендации и методика расчета на прогрессирующее обрушение зданий из стальных холодногнутых профилей с учетом особенностей их поведения, не рекомендуется применять технологию быстровозводимых рамных зданий из стальных холодногнутых оцинкованных профилей для зданий класса КС-3 и зданий с массовым пребыванием людей. В случае необходимости строительства одноэтажного каркасного здания из стальных холодногнутых профилей класса КС-3, связанной с климатическими, логистическими и другими особенностями района строительства, следует соблюдать требования п. 9.4 СП 385.1325800 в части обеспечения конструктивных мероприятий по защите от прогрессирующего обрушения.

Согласно п 3.2 ГОСТ 27751 класс сооружений устанавливается в задании на проектирование генпроектировщиком по согласованию с заказчиком. Требования к внутреннему микроклимату и отоплению помещений принимаются в зависимости от назначения здания по соответствующим нормативным документам.

Рамные каркасы из стальных холодногнутых профилей допускается применять в районах с сейсмическими нагрузками при условии соблюдения требований п. 6.9.6-6.9.7 СП 14.13330.

В случае, когда выполнение проекта рамного здания из стальных холодногнутых профилей невозможно в соответствии с действующими нормативными документами, требуется разработка Специальных технических условий (СТУ). СТУ разрабатывают в соответствии с приказом N 734/пр от 30 ноября 2020 года «Об утверждении Порядка разработки и согласования специальных технических условий для разработки проектной документации на объект капитального строительства».

2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

При проектировании рамных зданий из стальных холодногнутых профилей необходимо учитывать требования следующих нормативных документов:

- Градостроительный кодекс РФ
- Федеральный закон Российской Федерации от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
- Федеральный закон Российской Федерации от 27.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»
- ГОСТ 5915-70 Гайки шестигранные класса точности В. Конструкция и размеры
- ГОСТ 7798-70 Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры
- ГОСТ 10299-80 Заклепки с полукруглой головкой классов точности В и С. Технические условия
- ГОСТ 10300-80 Заклепки с потайной головкой классов точности В и С. Технические условия
- ГОСТ 10301-80 Заклепки с полупотайной головкой классов точности В и С. Технические условия
- ГОСТ 11371-78 Шайбы. Технические условия
- ГОСТ 14350-80 Профили проката гнутые. Термины и определения
- ГОСТ 14918-2020 Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий. Технические условия
- ГОСТ 23118-2019 Конструкции стальные строительные. Общие технические условия
- ГОСТ 27751-2014 Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения
- ГОСТ 27772-2021 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия
- ГОСТ 34180-2017 Прокат стальной тонколистовой холоднокатаный и холоднокатаный горячеоцинкованный с полимерным покрытием с непрерывных линий. Технические условия
- ГОСТ 26047-2016 Конструкции строительные стальные. Условные обозначения (марки)
- ГОСТ 9.401-2018 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов (с Изменениями N 1, 2)
- ГОСТ 19904-90 Прокат листовой холоднокатаный. Сортамент

- ГОСТ 24045-2016 Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Технические условия
- ГОСТ 30245-2012 Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций. Технические условия
- ГОСТ 30403-2012 Конструкции строительные Метод испытания на пожарную опасность
- ГОСТ 32314-2012 EN 13162:2008 Изделия из минеральной ваты теплоизоляционные промышленного производства, применяемые в строительстве. Общие технические условия
- ГОСТ 32603–2021 Панели трехслойные с металлическими облицовками и сердечником из минеральной ваты Технические условия
- ГОСТ ISO 9223-2017 Коррозия металлов и сплавов. Коррозионная агрессивность атмосферы. Классификация, определение и оценка
- ГОСТ ISO 9224-2022 Коррозия металлов и сплавов. Коррозионная агрессивность атмосферы. Основополагающие значения категорий коррозионной агрессивности
- ГОСТ Р 51829-2001 Листы гипсоволокнистые. Технические условия
- ГОСТ Р 52643-2006 Болты и гайки высокопрочные и шайбы для металлических конструкций. Общие технические условия
- ГОСТ Р 52644-2006 (ИСО 7411:1984) Болты высокопрочные с шестигранной головкой с увеличенным размером под ключ для металлических конструкций. Технические условия
- ГОСТ Р 52645-2006 (ИСО 4775:1984) Гайки высокопрочные шестигранные с увеличенным размером под ключ для металлических конструкций. Технические условия
- ГОСТ Р 52646-2006 (ИСО 7415:1984) Шайбы к высокопрочным болтам для металлических конструкций. Технические условия
- ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности (с изменением N 1)
- ГОСТ Р 58153-2018 Листы металлические профилированные кровельные (металлочерепица). Общие технические условия
- ГОСТ Р 58384-2019 Профили стальные гнутые из холоднокатаной стали для строительства. Сортамент.
- ГОСТ Р 58385-2019 Профили стальные гнутые из холоднокатаной стали для строительства. Технические условия

- ГОСТ Р 58774-2019 Стены наружные каркасно-обшивные самонесущие и ненесущие с каркасом из стальных холодногнутох оцинкованных профилей. Общие технические условия
- ГОСТ Р 58966-2020 Балки стальные двутавровые сварные. Технические условия. Сортамент
- ГОСТ Р 59905-2021 "Винты самосверлящие для стальных строительных конструкций". Общие технические условия»
- Профессиональный стандарт 16.130 «Специалист по проектированию строительных конструкций из металлических тонкостенных профилей» (приказ Минтруда России от 31.08.2021 г. № 606н)
- СП 2.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты
- СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах
- СП 16.13330.2017 Стальные конструкции
- СП 17.13330.2017 Кровли
- СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия
- СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений.
- СП 28.13330.2017 Защита строительных конструкций от коррозии
- СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий
- СП 51.13330.2011 Защита от шума.
- СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение
- СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции
- СП 56.13330.2021 Производственные здания
- СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции
- СП 105.13330.2012 Здания и помещения для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции
- СП 106.13330.2012 Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения
- СП 109.13330.2012 Холодильники
- СП 118.13330.2022 Общественные здания и сооружения
- СП 131.13330.2018 "СНиП 23-01-99* Строительная климатология"
- СП 230.1325800.2015 Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей
- СП 260.1325800.2016 Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутох оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования

- СП 294.1325800.2017 Конструкции стальные. Правила проектирования
- СП 385.1325800 Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения
- СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования»
- СНиП 12-04-2002 «Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство»
- СТО АРСС 11251254.001-018-03 «Проектирование огнезащиты несущих стальных конструкций с применением различных типов облицовок (ВНПБ 73-18)»
- СТО АРСС 11251254.001-020-01 «Огнестойкость строительных конструкций из стальных холодногнутых оцинкованных профилей (ВНПБ 127-22)»

Примечание – При пользовании настоящим Руководством целесообразно проверить действие ссылочных нормативных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта (документа) с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта (документа) с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт (документ) отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил можно проверить в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

3. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем Руководстве применены термины по ГОСТ 14350, ГОСТ 23118, ГОСТ 27751 и СП 260.1325800, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 холодногнутый профиль: Профиль, полученный методом профилирования стального тонколистового проката в холодном состоянии на профилегибочных агрегатах.

3.2 Легкие стальные тонкостенные конструкции Строительные конструкции, запроектированные и изготовленные из стальных холодногнутых оцинкованных профилей толщиной не более 4 мм

3.3 Эффективное сечение профиля: Минимально возможное поперечное сечение элемента, в котором для предупреждения потери местной устойчивости изменены геометрические характеристики

3.4 Эффективная площадь сечения Геометрический параметр стальных холодногнутых профилей представляет собой уменьшенную площадь сечения в целях возможного предупреждения потери местной устойчивости сечения, определяется для редуцированного сечения

4. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ И СОЕДИНЕНИЙ

4.1 Листовой прокат

4.1.1. Материал для изготовления стальных холодногнутых оцинкованных профилей - листовой горячеоцинкованный прокат из низкоуглеродистой стали по ГОСТ 14918 толщиной от 1 до 4 мм, высокой точности проката по толщине (ВТ) и повышенной по ширине (АШ), нормальной плоскостности с обрезной кромкой (О) и цинковым покрытием класса не ниже 275, марок 350, 390, 420 и 450.

Допускается применение стального тонколистового проката с алюмоцинковым покрытием класса не ниже 160, а также цинкалюминиевыми и цинкалюмомагниевыми покрытиями с классами покрытий, обеспечивающими необходимую коррозионную стойкость.

4.1.2. Нормативные и расчетные сопротивления листового проката приведены в таблице 1 в соответствии с п. 6.3 СП 260.1325800

Таблица 1 Характеристики холоднокатаного листового проката

Марка оцинкованного проката	Нормативное сопротивление, МПа		Расчетное сопротивление, МПа			Относительное удлинение
	R_{yn}	R_{un}	R_y	R_s	R_{lp}	
220	220	300	215	125	145	20
250	250	330	245	140	160	19
280	280	360	270	155	175	18
320	320	390	310	180	190	17
350	350	420	330	190	200	16
390	390	450	370	215	210	15
420	420	480	400	230	225	14
450	450	510	425	245	240	13

4.1.3. Применение конструкций для неотапливаемых зданий и сооружений, а также конструкций отапливаемых зданий и сооружений, контактирующих с наружной средой в районах с расчетными температурами ниже минус 45°C, изготовленных из тонкостенных профилей с использованием оцинкованного проката марок 220 ÷ 450 по ГОСТ 14918 (приложение А), ограничивается расчетной температурой испытаний в соответствии с данными таблицы 6.3. СП 260.1325800.

4.1.4. Допускается изготавливать холодногнутые профили из стали, произведенной в соответствии с международными и европейскими стандартами,

при условии что требования вышеуказанных стандартов не ниже или отвечают требованиям ГОСТ 14918.

4.1.5. Для стальных холодногнутых оцинкованных профилей, как правило, используют оцинкованный прокат с классом цинкового покрытия 275, что соответствует массе цинкового покрытия не менее 275 г/м^2 , нанесенного с двух сторон проката, и толщине покрытия не менее $19,3 \text{ мкм}$ с одной стороны листа проката, плотность покрытия при этом составляет $7,1 \text{ г/см}^3$. Цинковое покрытие служит в качестве защиты от коррозии. Цинковый расплав для покрытия профилей содержит не более 1% примесей, остальное – цинк.

4.1.6. Материал для изготовления фасонных деталей, баз и траверс колонн толщиной более 4 мм – листовой прокат из стали С255, С345 по ГОСТ 27772.

4.1.7. Для дополнительной защиты и придания эстетических свойств ограждающим конструкциям (металлочерепица по ГОСТ Р 58153, сэндвич-панели и пр.) используют прокат с полимерным покрытием по ГОСТ 34180-2017.

4.2 Крепежные изделия

4.2.1. Для соединения элементов рамного каркаса из стальных холодногнутых профилей и крепления ограждающих конструкций согласно п. 10.1 СП 260.1325800 используют следующие типы крепежных изделий:

- самонарезающие самосверлящие винты, установленные без предварительного сверления отверстий;
- самонарезающие винты, установленные в предварительно просверленные отверстия диаметром на $0,5-0,8 \text{ мм}$ меньше, чем диаметр стержня винта по резьбе;
- болты нормальной точности с шайбами под головкой винта и гайкой;
- вытяжные заклепки со стальным корпусом;
- дюбели, установленные с помощью порохового монтажного пистолета.

Дюбели используются для соединений элементов ЛСТК толщиной не менее 3 мм.

Тип соединения, номенклатура применяемых крепежных элементов должны быть указаны в пояснительной записке проекта КМ-КМД и/или на чертежах.

4.2.2 Самосверлящие винты должны соответствовать ГОСТ Р 59905-2021 "Винты самосверлящие для стальных строительных конструкций. Общие технические условия». Исполнение винта, тип головки и сверла назначается в соответствии с функциональным назначением винта согласно табл.6 данного ГОСТ

4.2.3 В срезных болтовых соединениях рекомендуется применять болты нормальной точности класса прочности 5.8 ГОСТ 7798-70 или аналоги, гайки класса

прочности 5 по ГОСТ 5915-70 или аналоги. Во всех болтовых соединениях, кроме соединений на высокопрочных болтах, под все головки болтов и под гайки следует устанавливать шайбы по ГОСТ 11371-78 и контр-гайки во избежание раскручивания. Технические требования к болтам, гайкам и шайбам принимаются по ГОСТ 1789.0-87, ГОСТ Р 52627-2006, ГОСТ Р 52628-2006, ГОСТ 18123-82.

4.2.4 Во фланцевых соединениях следует применять высокопрочные болты, гайки и шайбы, удовлетворяющие требованиям ГОСТ Р 52643-2006: болты класса прочности 10.9 ХЛ ГОСТ Р 52644-2006; гайки класса прочности 10 ГОСТ Р 52645-2006; шайбы ГОСТ Р 52646-2006.

4.2.5 Технические условия на вытяжные заклепки определены в ГОСТ 10299, ГОСТ 10300, ГОСТ 10301.

4.2.6 Дюбели применяются в соответствии с действующими техническими условиями и стандартами организаций производителей.

4.2.7 Для крепления кровельных конструкций (металлочерепица, профлист) обязательно используются самосверлящие винты с EPDM-шайбой во избежание протечек.

4.2.8 Для крепление ограждающих сэндвич-панелей к элементам рамного каркаса из стальных холодногнутых профилей используются самосверлящие винты с двумя зонами резьбы по стержню винта.

4.2.9 Детали фасонки и баз колонн соединяются на сварке в заводских условиях. Заводские сварные соединения выполнять сварочной проволокой СВ-08Г2С ГОСТ 2246-70*

5. ПРОФИЛИ

5.1 Номенклатура стальных холодногнутых профилей

5.1.1 Для строительных конструкций используют холодногнутые профили, изготовленные на основании национальных стандартов, стандартов организаций и технических условий, из оцинкованной стали толщиной до 4 мм, выполненные ГОСТ Р (ГОСТ Р 58384-2019, ГОСТ Р 58385-2019), СТО и ТУ производителей.

В целях повышения сопротивления потери устойчивости и несущей способности стенку профиля усиливают ребром жестком различной конфигурации, полки – отгибами, рис. 5.1.

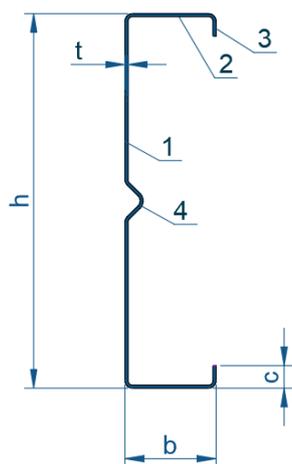


Рис. 5.1 Сечение стального холодногнутого профиля: h - высота сечения, b – ширина сечения, t – толщина сечения, c – размер отгиба, 1 – стенка, 2 – полка, 3 – отгиб, 4 – ребро жесткости

5.1.2 Для строительных конструкций применяют следующие типы сечений профилей, рис. 4.2:

С-профиль - холодногнутый профиль, образованный стенкой, двумя полками и двумя отгибами на полках. В зависимости от размера полок С-образные профили могут быть равнополочными и неравнополочными. С-профиль может быть усилен ребром для повышения несущей способности. В рамных зданиях С-профиль применяется для стоек, ригелей и прогонов.

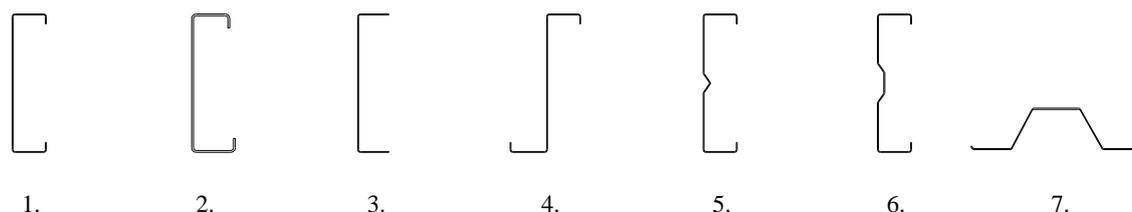
Швеллерообразный профиль - холодногнутый профиль, образованный стенкой и двумя полками, расположенными по одну сторону от стенки под прямым углом. В рамных зданиях применяется как вспомогательный элемент, например в качестве направляющей, и для неответственных конструкций. **Запрещается** использовать швеллерообразный профиль для несущих конструкций, особенно стоек каркаса, в связи с его низкой сопротивляемостью потере устойчивости ввиду отсутствия отгибов на полках.

Z-профиль (Зэт – профиль) - холодногнутый профиль, образованный стенкой и двумя полками, расположенными по разные стороны от стенки. Z-профили могут быть равнополочными и неравнополочными. Z-профиль применяется, как правило, для прогонов и элементов фахверка, но допускается использовать комбинированные сечения из нескольких Z-профилей для несущих конструкций, например, стоек сложного составного сечения.

Σ -профиль (Сигма-профиль) - С-образный профиль со стенкой, усиленной вытянутым ребром. Σ -профили могут быть равнополочными и неравнополочными. Применяется для стоек, ригелей, прогонов. Вытянутое ребро

повышает сопротивление профиля потери устойчивости. Рекомендуется для длинных стоек.

Ω-профиль (Омега-профиль или П-образный или шляпный профиль) – холодногнутый профиль, образованный тремя стенками, две из которых одинакового размера направлены в одну сторону и двумя полками, направленными наружу профиля. Как правило, изготавливают равнополочные П-профили, которые применяют для обрешетки и прогонов.



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.

Рис. 5.2. Основные типы сечений холодногнутых профилей:

1 – равнополочный С-профиль, 2 – неравнополочный С-профиль, 3 – швеллерообразный профиль; 4 – Z-профиль, 5 – С-профиль с ребром жесткости, 6 - Сигма-профиль, 7 – Омега-профиль

5.1.3 Все вышеперечисленные типы профилей могут быть просечными, то есть иметь просечки в стенке профиля. Как правило, для рамных конструкций просечные профили не используются.

5.1.4 Для вспомогательных целей также изготавливают и применяют оцинкованные холодногнутые равнополочные и неравнополочные уголки и другие элементы сложной геометрии.

5.2 Особенности изготовления холодногнутых профилей. Начальные несовершенства. Требования к профилям

5.2.1 Холодногнутый профиль изготавливается в процессе профилирования заготовки на профилегибочных агрегатах, который заключается в последовательной подгибке и формовке заготовки до требуемой конфигурации готового профиля в фасонных калибрах валков профилегибочного стана.

5.2.2 Процесс профилирования принципиально отличается от процессов прокатки и гибки в штампах. Основное отличие в характере процесса деформации металла при профилировании состоит в следующем - при профилировании необходимая форма сечения получается в результате деформации пластического изгиба металла в холодном состоянии и в полосе возникают продольные деформации, которые при прокатке не образуются. В результате последовательного формоизменения листов, полос или ленты в валках происходит

образование мест изгиба в профиле, в которых металл последовательно подвергается упругой и упруго-пластической деформации, вследствие чего после завершения процесса профилирования в данных местах возникают остаточные напряжения и деформации. Таким образом, самим процессом профилирования обусловлены определенные начальные несовершенства профиля. Наиболее часто встречаются продольная кривизна, волнистость кромок, продольное скручивание.

5.2.3 Учет начальных несовершенств элементов несущего каркаса следует выполнять в соответствии с подразделом 5.5. СП 260.1325800. В проекте необходимо указывать класс точности конструкций согласно ГОСТ 23118 по изготовлению, который будет являться одним из исходных данных при разработке технологий изготовления и монтажа конструкций.

5.2.4 Предельные отклонения по толщине материала профилей должны соответствовать предельным отклонениям по толщине заготовки нормальной точности прокатки по ГОСТ 19904 без учёта толщины защитного покрытия:

- косина реза профилей не должна выводить их длину за номинальный размер с учетом предельного отклонения по длине.
- серповидность профилей рам каркасов не должна превышать 1,0 мм на 1 м длины. Общая серповидность профиля не должна превышать 0,1 % полной длины.
- волнистость на плоских участках профилей не должна превышать 2,0 мм, а на отгибах полок не более 3,0 мм на 1 пог. м длины профиля.
- скручивание профилей вокруг продольной оси не должно превышать $1,0^\circ$ на 1 пог. м длины профиля. Общее скручивание профилей не должно превышать $6,0^\circ$.

5.2.5 В профилях не допускаются:

- искривление полок и отгибов;
- нарушение цинкового покрытия;
- местные вмятины глубиной более $\pm 1,0$ мм на полках и стенках;
- заусенцы, выступающие более чем на 1,0 мм на краях профиля и на перфорированных участках стенки.

5.2.5 Допустимое отклонение q , мм, от прямой линии – кривизна, рис. 4.3, не должна превышать $0,002L$ (длина) в мм.

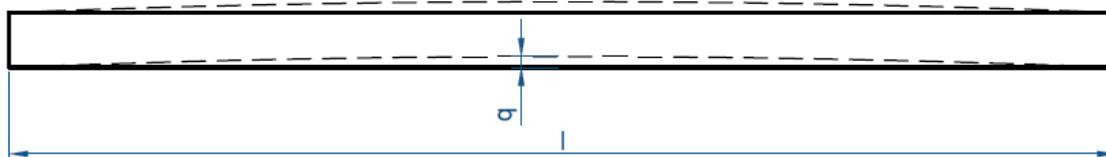


Рис. 5.3. Кривизна

В случае поставки профилей со сложным поперечным сечением, например профилей с сильно ассиметричным сечением, допустимые отклонения значения кривизны должны быть согласованы на момент оформления запроса или заказа.

5.2.6 Допустимые отклонения значений вогнутости или выпуклости плоских сторон, рис. 4.4, не должны превышать 0,8% от высоты сечения h ; при этом минимально допустимое значение равняется 0,5 мм. Допустимое отклонение значения вогнутости и выпуклости не зависит от допустимых отклонений значений поперечных сечений и не может учитываться последними. Допустимы значения вогнутости или выпуклости, которые находятся в пределах установленного диапазона отклонений.

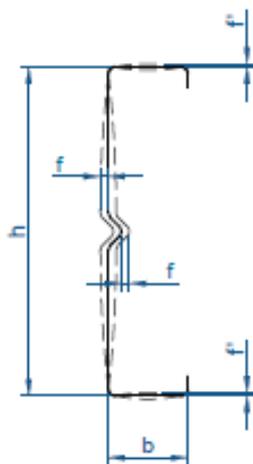


Рис. 5.4 Выпуклость, вогнутость

6. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ КОМПОНОВКИ РАМНЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ КАРКАСОВ ЗДАНИЙ ИЗ СТАЛЬНЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ (ЛСТК)

6.1 Рамный каркас состоит из следующих несущих конструкций: стойки и ригель покрытия, которые образуют поперечную раму каркаса.

В зависимости от пролета и конструктивного решения здания ригель может быть сплошностенчатый балочный, рис. 6.1а, или решетчатый (ригель-ферма) безраскосный или с раскосами, 6.1б.

В качестве ограждающих конструкций в рамных каркасах используют, как правило, сэндвич-панели и профлист.

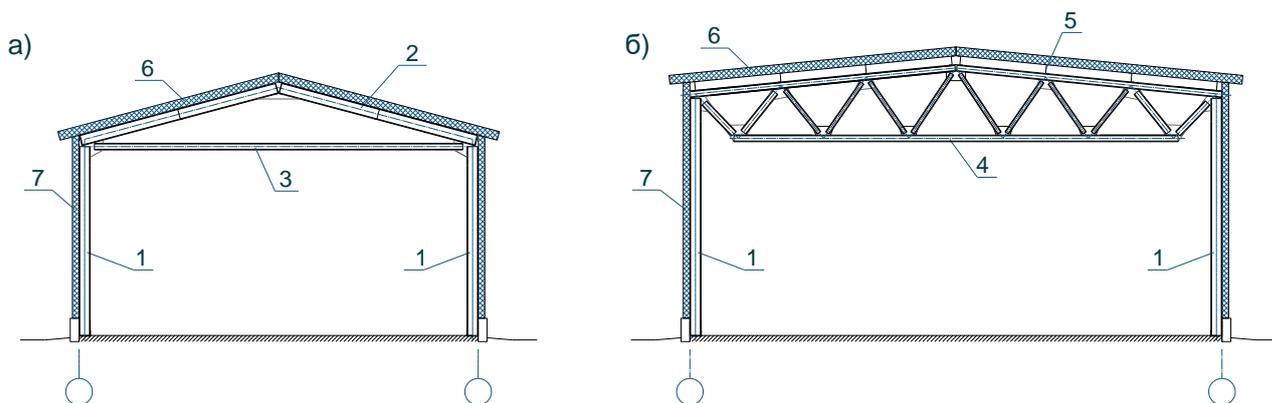


Рис. 6.1 Рамный каркас здания из ЛСТК: а – со сплошностенчатым балочным ригелем, б - с решетчатым ригелем: 1 – стойка, 2 – сплошностенчатый ригель, 3 – затяжка, 4 – решетчатый ригель, 5 – прогон, 6 – ограждающая конструкция кровли (кровельные сэндвич-панели), 7 – ограждающая стеновая конструкция (стеновые сэндвич-панели)

6.2 Для обеспечения пространственной жесткости, устойчивости и геометрической неизменяемости каркаса на период эксплуатации обязательно устройство постоянной связевой системы здания, которая состоит из вертикальных связей между стойками, горизонтальных распорок и связей по ригелям, рис. 6.2.

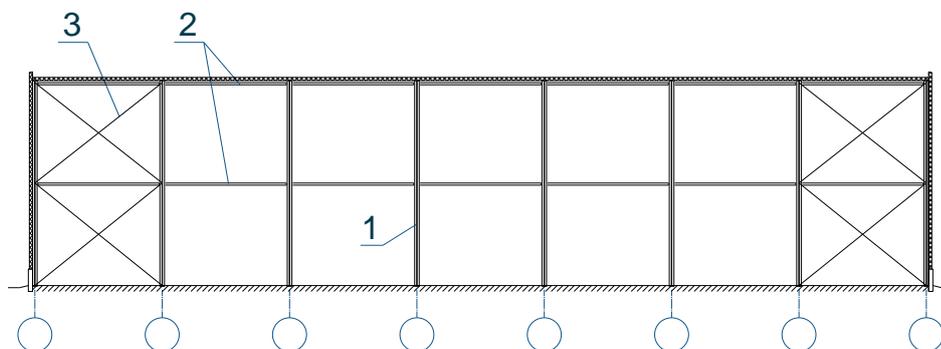


Рис. 6.2 Рамный каркас здания из ЛСТК в продольном направлении
1 – стойки, 2 – горизонтальные распорки, 3 – вертикальные связи

В случае ригель-фермы также устанавливаются вертикальные связи между фермами.

Связевая система также обеспечивает: устойчивость колонн из плоскости рамы; восприятие и передачу на фундаменты нагрузок, действующих вдоль здания; уменьшение расчетной длины элемента; условия высококачественного и удобного монтажа колонн.

6.3 Длина рамного здания определяется технологическим процессом, протекающим в здании. Шаг рам назначается по расчету в зависимости от конструктивного решения здания и снеговой нагрузки, рис. 6.3.

6.4 Для восприятия нагрузки от снега и кровли и дальнейшей передачи ее на стропильные конструкции (ригели или фермы) применяют прогоны. Для снижения материалоемкости здания достаточно часто используют беспрогонные системы.

6.5 Как правило, стеновые сэндвич-панели крепят либо непосредственно на стойки, либо используют фахверк.

6.6 Рамные здания из стальных холодногнутых профилей используются для размещения промышленных производств, складских зданий, в сельском хозяйстве для размещения животных и птиц, рис. 6.3, в качестве овоще- и фруктохранилищ как здания холодильников, рис. 6.4 и т.д., а также применяются как отдельные виды зданий общественного назначения, например объекты спорта и физкультурно-оздоровительного назначения, рис. 6.5.



Рис. 6.3 Здание птицефабрики в Тюменской области [5] из стальных холодногнутых Сигма-профилей



Рис. 6.4 – Здание глубокой заморозки и переработки ягод «Фрагария» [6] г. Липецк с наружным каркасом из стальных холодногнутых профилей



Рис. 6.5 – Физкультурно-оздоровительный комплекс (ФОК) [7] г. Челябинская обл.

Здания холодильники

6.7 В зданиях холодильниках установку ограждающих конструкций выполняют изнутри помещения, рис. 6.5, каркас из стальных холодногнутых профилей размещается снаружи. Это необходимо для поддержания соответствующего холодного микроклимата помещений и в целях защиты от коррозии несущих конструкций здания.

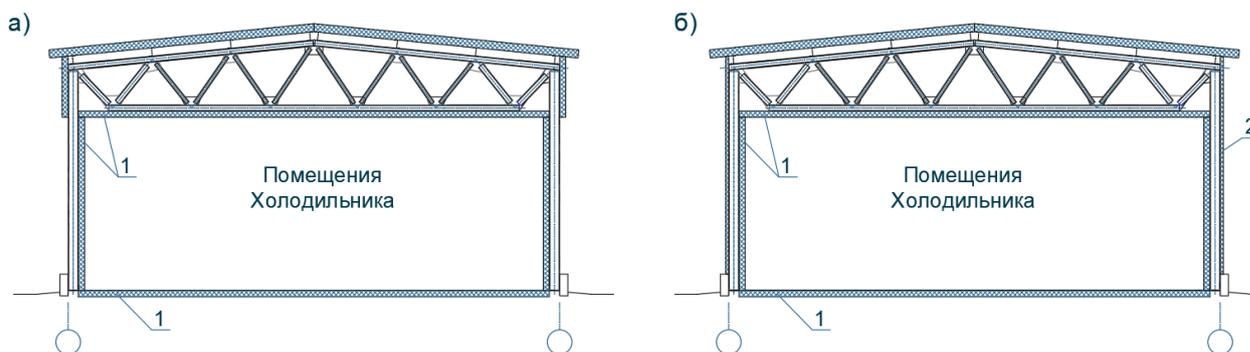


Рис. 6.5 Здание холодильника с рамным каркасом из ЛСТК:

- а – без наружного экрана из ограждающих конструкций с открытым каркасом;
 - б – с наружным экраном из ограждающих конструкций с закрытым каркасом
- 1 – теплоизоляция (сэндвич-панели), 2 – наружный экран

6.8 Ограждающие конструкции выполняются из профлиста или сэндвич-панелей с гладкими поверхностями, легко поддающимися влажной уборке, а отсутствие выступов от несущего каркаса в помещение способствует предотвращению перекрестного загрязнения, появления пыли или грязи, что может способствовать ухудшению санитарно-гигиенического состояния в помещениях, и облегчает задачу обслуживания. Для зданий холодильников рекомендованы ограждающие конструкции по ГОСТ 32603–2021 «Панели трехслойные с металлическими облицовками и сердечником из минеральной ваты Технические условия».

6.9 Здания холодильники, включая определение типа и вида теплоизоляции, проектируют с учетом требований СП 109.13330, Методического пособия ФАУ ФЦС «Проектирование зданий холодильников» [12].

7. КОНСТРУКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ОДНОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ РАМНОГО КАРКАСА ИЗ СТАЛЬНЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ

7.1 Рамные каркасы из стальных холодногнутох профилей в зависимости от типа стоек и ригеля, их сочетания и длины пролета классифицируются следующим образом, рис. 7.1:

- со сплошностенчатыми стойками и ригелем, рис. 7.1.а, б, в;
- с решетчатыми стойками и сплошностенчатым ригелем, рис. 7.1.г, д, е;
- со сплошностенчатыми стойками и решетчатым ригелем, рис. 7.1.ж, и, к, л, м, н;
- с решетчатыми стойками и ригелями, рис. 7.1.п, р.

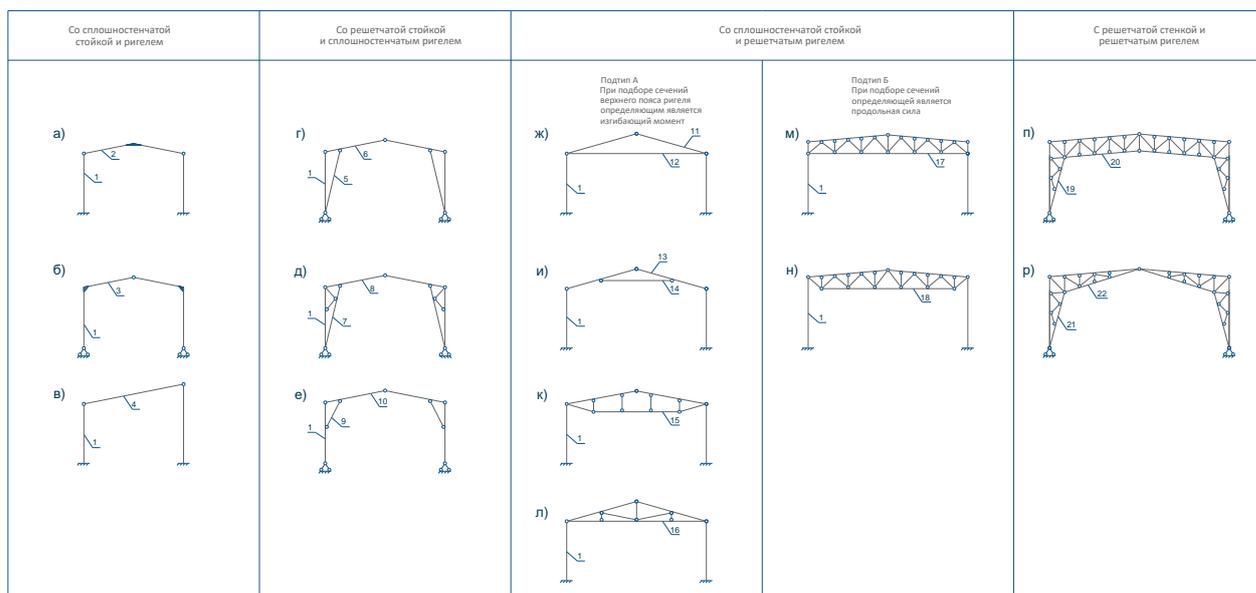


Рис. 7.1 Конструктивные системы рамных каркасов одноэтажных зданий из ЛСТК:

а – сплошностенчатые стойки и ригель с жестким узлом в коньке и с жестким опиранием на опорах, б – сплошностенчатые стойки и ригель с шарнирным узлом в коньке и со свободным опиранием на опорах, в – односкатный ригель с жестким опиранием стоек на опоры, г – решетчатые стойки и сплошностенчатый ригель с устройством подкосов на всю высоту стоек; д - решетчатые стойки и сплошностенчатый ригель со шпренгельным подкосом; е - решетчатые стойки и сплошностенчатый ригель с устройством подкоса заданной высоты; ж – сплошностенчатые стойки и решетчатый ригель с затяжкой на всю длину пролета; и - то же с затяжкой заданной длины; к – безраскосная ригель-ферма с опиранием по верхнему поясу; л – треугольная ригель-ферма; м – решетчатая ригель-ферма, н – ригель-ферма с опиранием по верхнему поясу; п, р – решетчатые стойки и ригель: 1 – стойка, 2 – сплошностенчатый ригель с шарнирным опиранием на стойки, 3 – то же с жестким опиранием на стойки, 4 – односкатный ригель с шарнирным опиранием на стойки, 5, 7, 9 – подкос, 6, 8, 10 – ригель с шарнирным опиранием, 11, 13 – ригель, 12, 14 – затяжка, 15 – безраскосная ригель-ферма, 16 – треугольная ригель-ферма, 17, 18, 20, 22 – решетчатый ригель-ферма, 19, 21 – решетчатые стойки.

7.2 Конструктивные системы рамного каркаса со сплошностенчатыми стойками и ригелем, рис. 7.1.а, б, в, применяется в основном для зданий малого пролета (5-9 м) различного назначения. Преимуществом данного типа каркаса является малое количество элементов, простота монтажа.

Использование подкосов в рамных каркасах, рис. 7.1.г, д, е, позволяет уменьшить расчетную длину ригеля, при этом увеличив пролет самого здания, и повысить жесткость опорного узла, соединяющего ригель со стойкой. Данные каркасы рекомендованы для зданий пролетом 7-12 м, для которых подкосы не ограничивают технологические процессы, протекающие в здании.

Рамные каркасы с затяжками, рис. 7.1.ж, и, рекомендованы для зданий среднего пролета (9-18 м), затяжки устанавливаются для восприятия усилий распора, связанного с увеличением пролета здания. Схема с затяжкой заданной длины, рис. 7.1.и, позволяет увеличить полезную высоту помещения, но снижается величина воспринимаемого ей распора.

Рамные каркасы с ригель-фермами, рис. 7.1.к, л, рекомендованы для зданий увеличенного пролета 12-24 м. Данное конструктивное решение позволяет минимизировать высоту стоек для снижения отапливаемого и вентилируемого объема помещений, при этом у каркаса с треугольной ригель-фермой высота стоек еще меньше, чем у ферм с опиранием по верхнему поясу.

Рамные каркасы с ригель-фермами, рис. 7.1.м, н, применяются для зданий большого пролета 18-24 м и могут применяться для зданий большого пролета до 30 м, но с уменьшенным шагом стоек по длине здания.

Рамные каркасы с решетчатыми стойками и ригелями, рис. 7.1.п, р, применяются для большепролетных сооружений пролетом более 36 м (складские ангары, ангары для самолетов и другой техники).

7.3 Конструктивная система рамного каркаса определяется на этапе проектирования в зависимости от назначения и условий эксплуатации здания, протекающих в нем технологических процессов, и требуемого пролета, а также на основе прочностного расчета с учетом действующих нагрузок, включая температурные напряжения, и экономического обоснования. Каждая конструктивная система имеет свою достаточно узкую область применения и не рекомендуется их нецелевое использование. Так при пролетах более 24 м требуется применять только решетчатые ригели, сплошностенчатые не допускаются.

В настоящее время ведущими производителями холодногнутых профилей разработаны серии рамных зданий из холодногнутых профилей, в частности серия СТЕРК® [9] для пролетов 12-24 м, Кайман® [6] для 12-24 м, "УНИТЭКС-Р1" (Серия 1.420.3-39.08 каркасы стальные "УНИТЭКС-Р1" одноэтажных производственных зданий с применением рам из гнутых (в том числе оцинкованных) профилей) [10] для пролетов 9-21 м и др.

7.4 В целом для монтажа зданий из стальных холодногнутых профилей не требуется использование тяжелой грузоподъемной техники, за исключением рам большого пролета.

7.5 Согласно п. 5 СП 56.13330 объемно-планировочное и конструктивное решения рамных зданий производственного назначения должны способствовать исключению возможности получения травм при нахождении в нем людей в процессе передвижения, работы, пользования передвижными устройствами, технологическим и инженерным оборудованием.

Объемно-планировочные решения следует разрабатывать с учетом необходимости снижения динамических воздействий на строительные конструкции, технологические процессы и работающих, вызываемых виброактивным оборудованием или внешними источниками колебаний.

В целях снижения эксплуатационных энергетических затрат целесообразно принимать объемно-планировочные решения здания с минимальным значением показателя компактности, равного отношению площади поверхности наружной оболочки здания к заключенному в ней объему.

8. ЭЛЕМЕНТЫ РАМНОГО КАРКАСА

8.1 Стойки рам

8.1.1 Стойки рам выполняются из равнополочных Сигма или С-профилей, объединенных в двутавровое или коробчатое сечение, рис. 8.1. Для стоек, как правило, не применяют неравнополочные сечения.

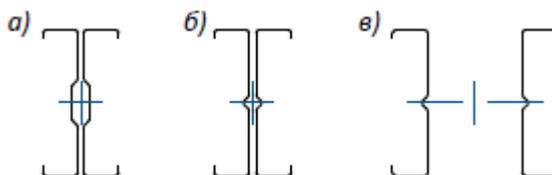


Рис. 8.1 Сечения стоек рамного каркаса: а – составное двутавровое сечение из равнополочных Сигма-профилей; б – составное двутавровое сечение из равнополочных С-профилей; в – сквозное коробчатое сечение из С-профилей

8.1.2 С точки зрения эффективного сечения, преимуществом при выборе профиля для стоек обладают Сигма-профили, так как имеют развитое ребро жесткости, что повышает несущую способность стоек и сопротивление любым формам потери устойчивости.

8.1.3 Размер сечения профилей определяют расчетом в соответствии с требованиями СП 260.1325800, но как правило, для стоек применяют сечения не менее 250 мм высотой.

8.1.4 Соединение профилей в двутавровое сечение осуществляют с использованием фасонки из углеродистой стали либо на всю длину стойки, либо с заданным шагом («сухари») при помощи болтов. Шаг установки фасонки определяется расчетом с учетом требования п.7.7.2.6 СП 260.1325800: участки между центрами крайних болтов не превышают $30i_{ef}$ – для сжатых элементов и $70i_{ef}$ – для растянутых, при условии проверки ветвей на изгибно-крутильную форму потери устойчивости с учетом расцентровки. Толщина фасонки определяется расчетом, находится в пределах 6-12 мм, но не менее 6 мм. Болтовое соединение рассчитывается в соответствии с п.10.1 СП 260.1325800.

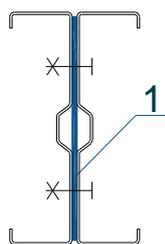


Рис. 8.2 Составное двутавровое сечение из Сигма-профилей: 1 - фасонка

8.1.5 Соединение профилей в сквозное коробчатое сечение осуществляют либо при помощи раскосов из одинарного оцинкованного профиля (уголок, пр.), либо при помощи планок, рис. 8.3. Расчет стоек сквозного сечения и определение расстояния между соединительными элементами производится в соответствии с требованиями с п 7.7.11 СП 260.1325800.

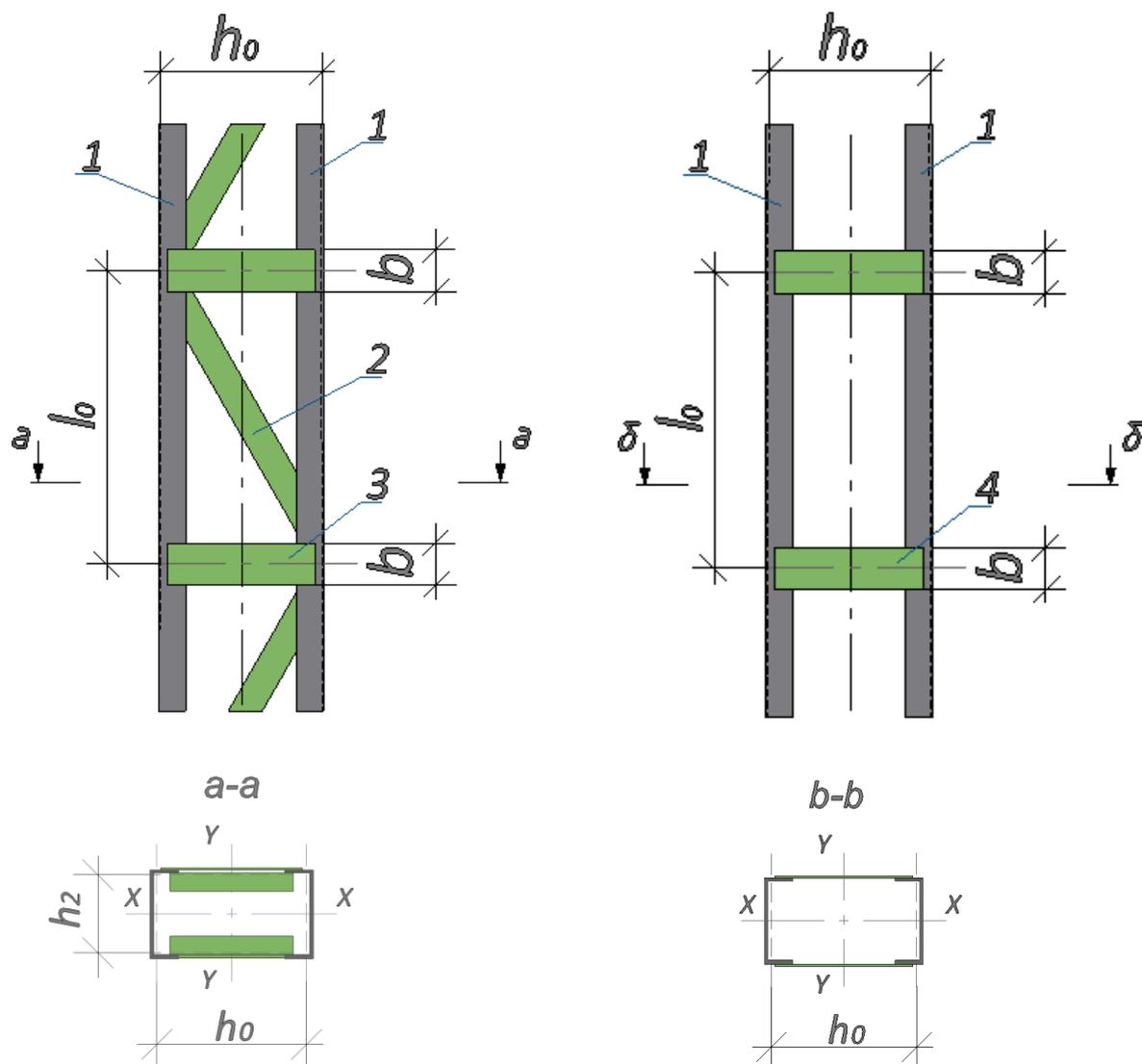


Рис. 8.3 Стойки сквозного сечения, объединенные: а) раскосами, б) планками:

1 - стойка, 2 – раскос, 3 – оцинкованный уголок, 4 - планка

8.1.6 Конструкция колонны составного двутаврового сечения из равнополочных Сигма-профилей с устройством прокладок из пластин по высоте представлена на рис. 8.4. Образец чертежа колонны приведен в Приложении А.

8.1.7 База и оголовок колонны выполняются сварными из углеродистой стали и крепятся при помощи болтовых соединений. Узлы представлены в разделе 10. Количество болтов определяется расчетом согласно п.10.1 СП 260.1325800 и в

соответствии с конструктивными требованиями, как правило принимается не менее 3-х рядов болтов по высоте.

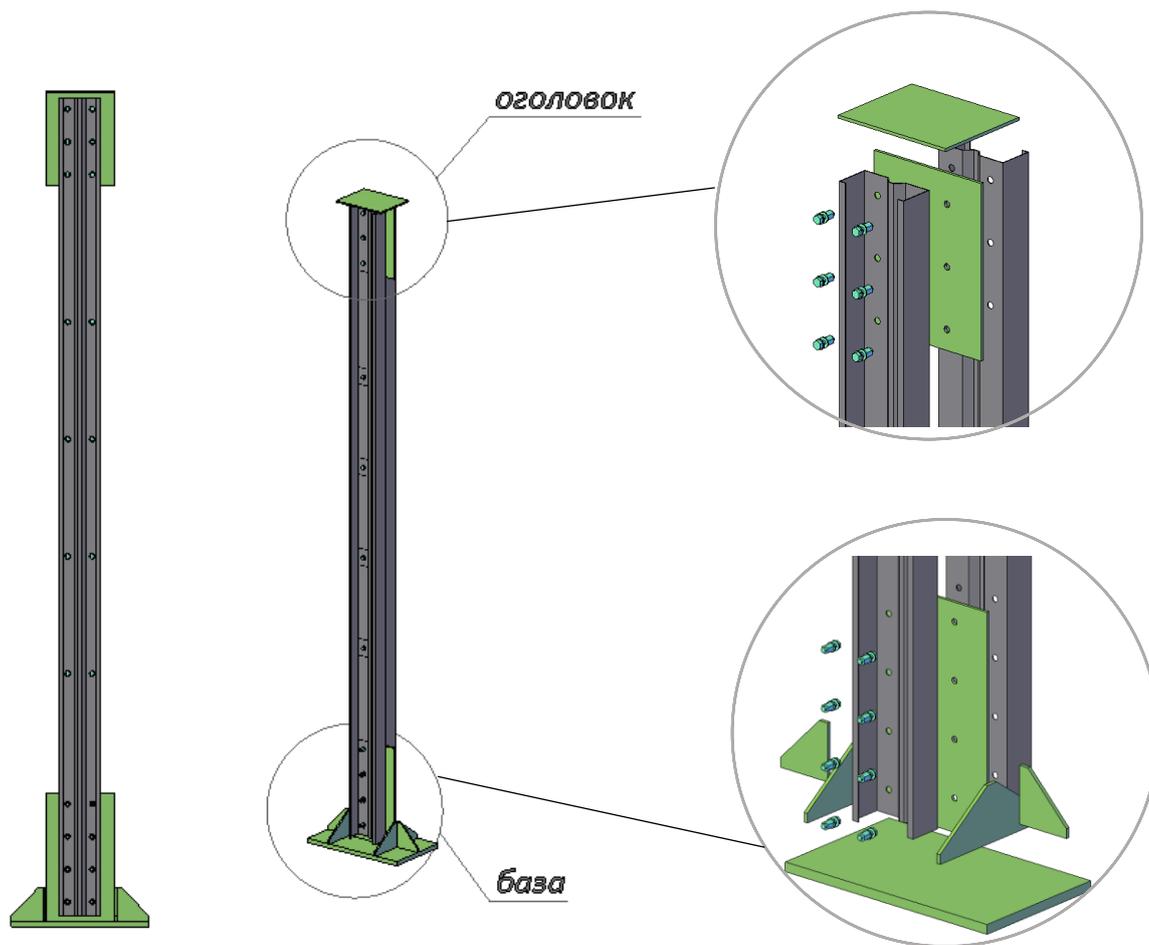


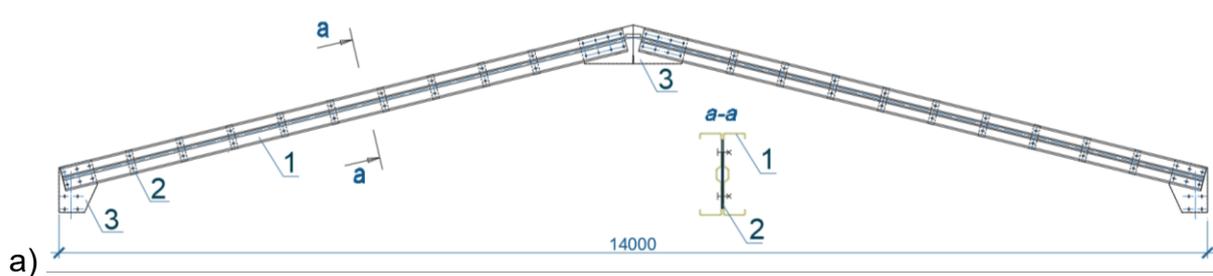
Рис. 8.4 Конструкция колонны составного двутаврового сечения из равнополочных Сигма-профилей с устройством прокладок из пластин по высоте

8.2 Ригель рамы

8.2.1 Ригели рамных зданий из холодногнутого профиля делятся на два типа: сплошнотенчатый балочный и ригель-ферма, рис. 8.5.

Выбор типа ригеля выполняется на основании конструктивного решения и экономического обоснования в зависимости от пролета здания. С увеличением пролета ригель-ферма становится экономически выгоднее по сравнению с балкой.

Уклон ригеля принимается в зависимости от типа кровли.



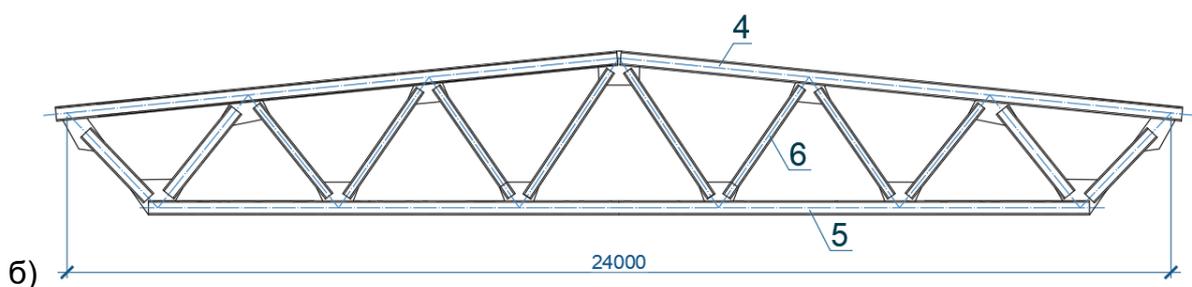


Рис. 8.5 Схемы ригелей рамных зданий: а - балочный ригель составного двутаврового сечения из равнополочных Сигма-профилей с устройством прокладок из пластин по длине; б – ригель-ферма: 1 – Сигма-профили, 2 – прокладки из малоуглеродистой стали, 3 – фасонки из малоуглеродистой стали, 4 – верхний пояс фермы, 5 – нижний пояс фермы, 6 – раскос фермы

8.2.2 Рамные ригели выполняются из равнополочных Сигма или С-профилей, одиночных или объединенных в двутавровое или коробчатое сечение, рис. 8.6.

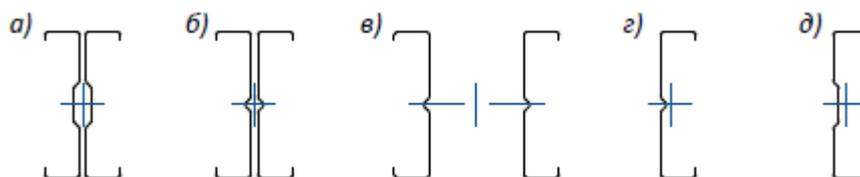


Рис. 8.6 Сечения ригелей рамного каркаса: а – составное двутавровое сечение из равнополочных Сигма-профилей; б – составное двутавровое сечение из равнополочных С-профилей; в – коробчатое сечение из равнополочных Сигма-профилей, г – равнополочный С-профиль с ребром жесткости, д – Сигма-профиль

8.2.3 Соединение профилей в двутавровое сечение осуществляется с использованием фасонки из углеродистой стали, размещенных с заданным шагом («сухари»), при помощи болтов или самонарезающих винтов. Расчет соединений и определение количества болтов или самонарезающих винтов производят согласно п.10.1 СП 260.1325800.

8.2.4 Соединение профилей в коробчатое сечение осуществляют либо при помощи планок, либо раскосов из одинарного профиля.

8.2.5 Конструкция ригеля составного двутаврового сечения из равнополочных Сигма-профилей с устройством прокладок из пластин по длине приведена в Приложении В. Особенности конструирования и расчета элементов ригеля и узлов сопряжения ригеля со стойкой приведено в п.10 настоящего Руководства.

8.2.6. Для ригелей из стальных холодногнутых профилей не допускается устройство строительного подъема, так как это может привести к преждевременной потере устойчивости сечений ригеля.

8.3 Связевая система рамного каркаса

8.3.1 Связевая система рамного каркаса состоит из системы связей по стойкам (вертикальные связи по стойкам) и системы связей по ригелям.

Связевая система проектируется на основе расчетного обоснования зон установки связей по результатам расчета пространственной схемы каркаса на общую устойчивость. Данный расчет является обязательным. Согласно п.4.2.6 СП 16.13330 оценка общей устойчивости каркаса происходит по недеформированной или деформированной схеме (с учетом геометрической нелинейности)

Система связей по стойкам

8.3.2. Система связей по стойкам состоит из распорок (горизонтальный элемент каркаса, препятствующий взаимному сближению или удалению смежных рам в продольном направлении) и связевых блоков (решетки), рис. 8.7. Связевые блоки составляют основу связевой системы здания, с их помощью осуществляется прикрепление всех прочих элементов связей к фундаментам.

В зависимости от длины, конструктивного решения и условий эксплуатации (температура внутри помещений) здания связевые блоки могут располагаться как по середине, так и по торцам здания, рис. 8.7.

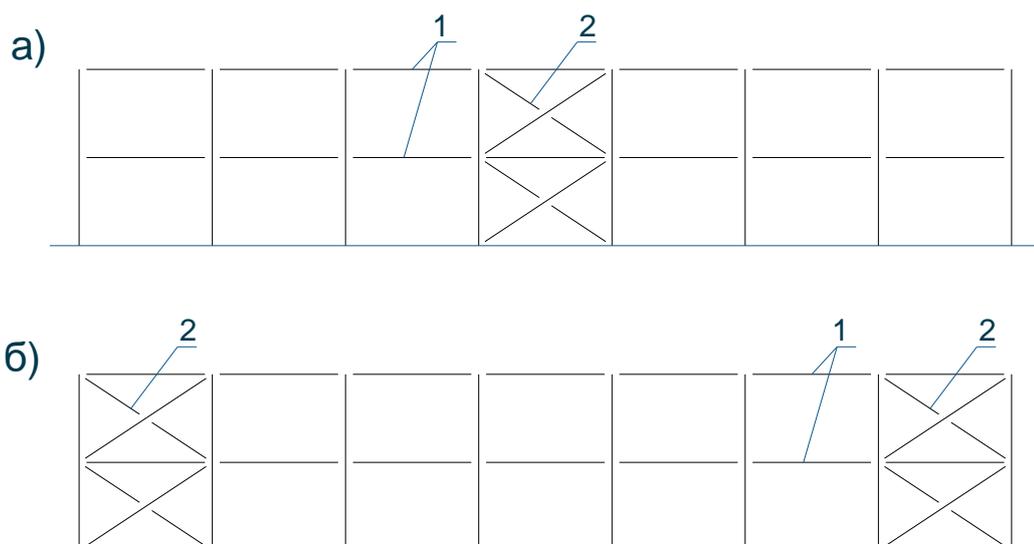


Рис. 8.7 Схемы расположения связевых блоков в каркасе здания из ЛСТК:
а – связевой блок в середине здания; б – связевые блоки по торцам здания

1 – распорка; 2 – связевой блок

8.3.3 В зависимости от технологических процессов, микроклимата и длины здания, на основании расчета на температурные напряжения и в соответствии с конструктивными требованиями, здание делится на температурные блоки температурными швами, рис. 8.8. Конструктивные требования к расстояниям между температурными швами стальных каркасов одноэтажных зданий определяются в соответствии с п.15.1 СП 16.133330.2017.

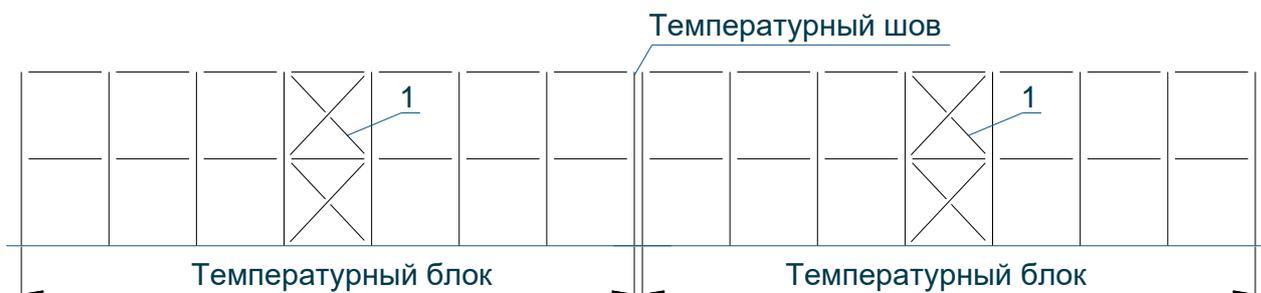


Рис. 8.8 Схема устройства температурных блоков

1 – связевой блок

8.3.4 В пределах температурного блока должно быть не менее одного жесткого диска связевого блока по каждому ряду колонн.

8.3.5 Связевые блоки образуют геометрически неизменяемые неподвижные в продольном направлении диски. Свобода или стесненность деформации присоединенных к таким дискам других элементов каркаса существенно зависят от количества жестких блоков и их расположения вдоль каркаса.

Размещение связевого блока в середине температурного блока (рис. 8.3, а) обеспечивает свободу температурных перемещений по обе стороны от связевого блока (Δt_0) и исключает появление дополнительных напряжений в продольных элементах каркаса. При этом расстояние от торца здания (отсека) до оси ближайшей вертикальной связи и расстояния между связями в одном отсеке не должны превышать значений, приведенных в табл. 44 п.15.1 СП 16.133330.2017. При расположении связевых блоков по торцам температурного отсека (рис. 8.3, б) при повышении температуры и отсутствии свободы деформаций возможна потеря устойчивости сжатых элементов.

8.3.6 В зданиях длиной более 60 м температурные напряжения могут существенно сказаться на устойчивости продольных элементов каркаса в продольном направлении, поэтому связевые блоки следует размещать в середине температурного блока (рис. 8.3, а), обеспечивая ему свободу температурных перемещений. В этом случае усилия от ветровой нагрузки, действующие на торец здания, будут передаваться от ветровой фермы к связевому блоку через распорки,

в зависимости от того, какие из них расположены в плоскости ветровой фермы. Распорки и узлы их сопряжения с колоннами должны быть проверены расчетом на передачу ветровой нагрузки. Связи выполняют еще одну функцию: они облегчают монтаж колонн, обеспечивая их фиксацию в проектном положении.

В коротких зданиях длиной 40...60 м связевые блоки можно установить в торцах здания (рис. 8.3, б), обеспечив кратчайший путь передачи на фундамент ветровой нагрузки на торец здания, но лишив здание свободы температурных перемещений.

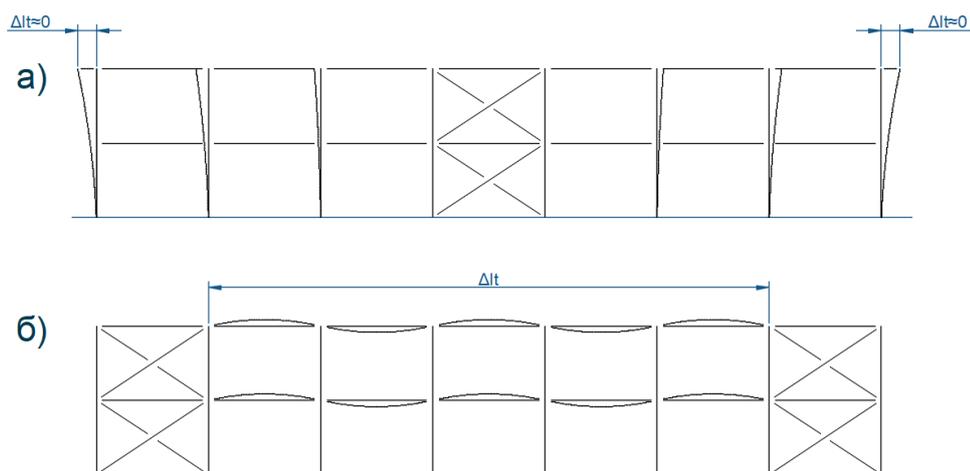


Рис. 8.9 Влияние места расположения связевых блоков в каркасе здания на развитие температурных деформаций: а – схема со связевым блоком в середине; б – схема со связевыми блоками по торцам здания

Связевые блоки

8.3.7 Связевые блоки выполняются между вертикальными несущими конструкциями и в покрытии. Вертикальные связи по колоннам выполняются на всю высоту колонн, воспринимают все продольные усилия и обеспечивают неизменяемость каркаса в продольном направлении.

8.3.8 Связевые блоки могут иметь различную геометрию в зависимости от архитектурных требований. В рамных зданиях из холодногнутых профилей применяются следующие типы связевых решеток: крестовая, раскосная, полураскосная, рис. 8.4.

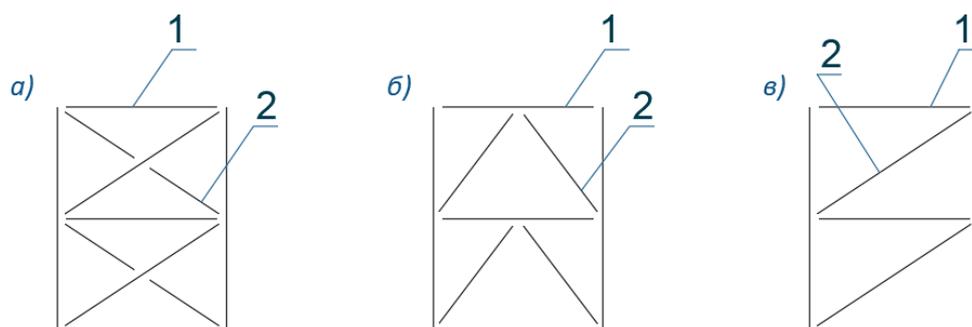


Рис. 8.10 Схемы решеток связей ЛСТК каркаса:
 а – крестовая; б – раскосная; в – полураскосная
 1 – распорка; 2 – связь

8.3.9 Связи рамного каркаса выполняют из равнополочных С- или Сигма-профилей, объединенных в двутавровое сечение, круглой стали, тросов, гнутосварных квадратных профилей (ГСП), одиночных равнополочных С- или Сигма-профилей, рис. 8.3.

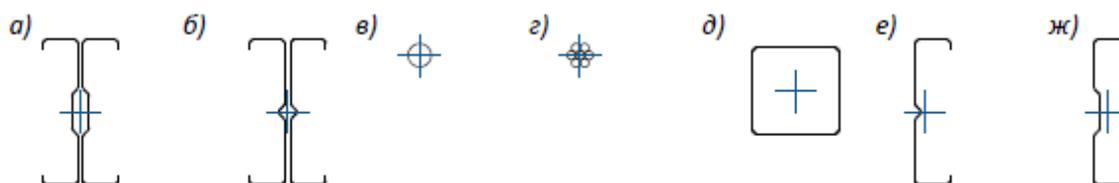


Рис. 8.11 Сечения связей рамного каркаса: а – составное двутавровое сечение из равнополочных Сигма-профилей; б – составное двутавровое сечение из равнополочных С-профилей; в – круглая сталь, г – трос, д – гнутосварной профиль, е – равнополочный С-профиль, ж – равнополочный Сигма-профиль

8.3.10 По характеру работы связевых элементов решетки можно разделить на две группы: решетки с гибкими (работающими только на растяжение) и жесткими (работающими как на растяжение, так и на сжатие) связевыми элементами.

8.3.11 Элементы решеток с жесткими связевыми элементами рекомендуется выполнять составного сечения из одиночных равнополочных С- или Сигма-профилей или ГСП; с гибкими связевыми элементами - из стальных тросов или круглого проката. Использование С- и Сигма-профилей в качестве гибких связей затруднительно ввиду наличия ребра жесткости, который осложняет монтаж.

Распорки

8.3.12 Распорки рекомендуется выполнять составного сечения из одиночных равнополочных С- или Сигма-профилей или из ГСП, рис. 8.3

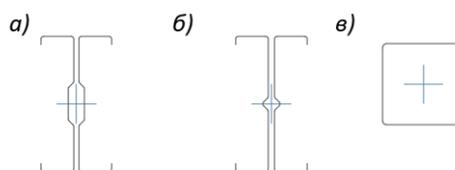


Рис. 8.12 Сечения распорок рамного каркаса: а – составное двутавровое сечение из равнополочных Сигма-профилей; б – составное двутавровое сечение из равнополочных С-профилей; в – гнутосварной квадратный профиль

8.3.13 Угол между осями связевых элементов решетки и распорками рекомендуется принимать в диапазоне от 30 до 60 градусов.

8.3.14 С помощью распорок, закрепленных в узел связевого блока, можно уменьшить расчетную длину колонн из плоскости рамы, если не выполняется проверка их устойчивости из этой плоскости. Вопрос выбора между увеличением сечения колонн или установкой распорок решается на основании технико-экономического анализа.

Система связей по покрытию

8.3.15 Система связей по покрытию устраивается для обеспечения пространственной жесткости покрытия, также она придает устойчивость сжатым поясам ферм и балок, воспринимает ветровые нагрузки, действующие на торец здания.

Система связей по покрытию должна работать совместно с элементами каркаса здания и системой связей по стойкам, повышая общую пространственную жесткость здания. Ветровые и сейсмические нагрузки, действующие на покрытие и верхнюю часть торцевых стен и направленные вдоль пролета здания, должны передаваться системой связей по покрытию на систему продольных вертикальных связей по стойкам.

8.3.16 Фермы хорошо работают на восприятие вертикальных нагрузок, действующих в их плоскости, но они не предназначены для сопротивления горизонтальным нагрузкам, действующим из плоскости, так как фермы обладают очень малой жесткостью из своей плоскости. Горизонтальная сила, приложенная к покрытию, может привести к значительным деформациям ферм из плоскости. Металлические фермы достаточно гибки (довольно узки по ширине относительно своей высоты и пролета) и легко могут потерять устойчивость под действием нагрузки.

Балочный ригель, как и ригель-ферма, работает в целом на изгиб, поэтому потеря плоской формы изгиба происходит в результате продольного изгиба с кручением. Для ригелей из холодногнутого тонкостенного профиля это явление осложняется явлением потери местной устойчивости.

Для того, чтобы предотвратить потерю общей устойчивости ригеля и отдельных его элементов при действии приложенных сил, сохранить геометрическую неизменяемость его формы необходимо обеспечить пространственную жесткость путем установки системы связей по покрытию.

8.3.17 Система связей покрытия соединяет в пространственный элемент попарно конструкции покрытия по краям здания рис .8.8, и связывает их между собой вдоль здания для восприятия горизонтальных усилий любого направления. В зданиях длиной более 60 м рекомендуется устройство дополнительного блока связей в середине температурного отсека. В коротких зданиях длиной менее 40 м допускается устройство связевого блока покрытия только в середине здания.

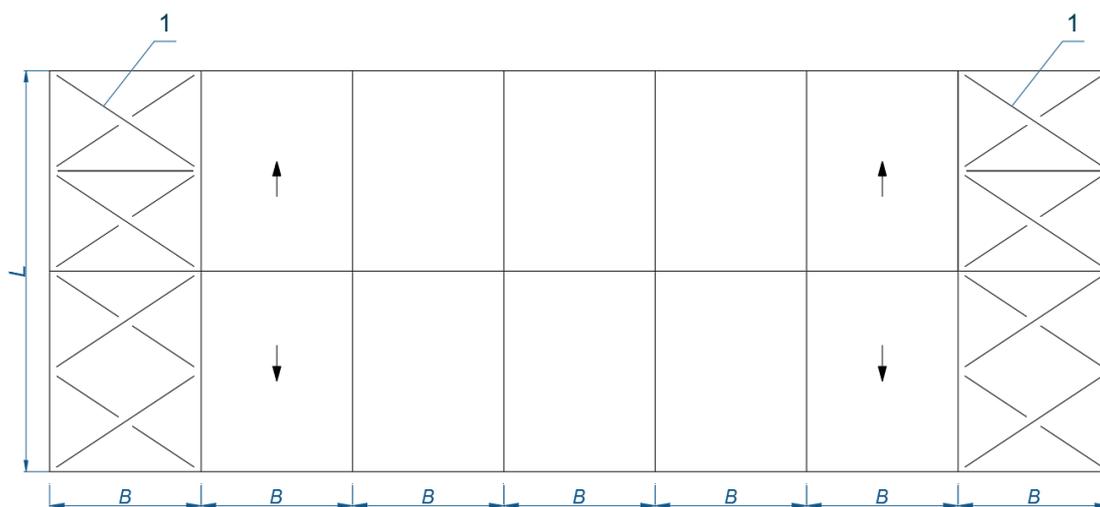


Рис. 8.13 Схема установки связей по покрытию: 1 – связевой блок покрытия

8.3.18 Связи по покрытию подразделяются на продольные и поперечные (так называемые диагональные). Дополнительно для ферм из холодногнутого профиля предусматривают связи в плоскости решетки фермы горизонтальные одиночные и диагональные, установленные под соответствующими углами. Диагональные связи обеспечивают поддержку под нужными углами плоскости фермы для обеспечения проектного положения ее элементов. Это обусловлено особенностями работы тонкостенных профилей.

8.3.19 Связи по покрытию рекомендуется выполнять составного сечения из одиночных равнополочных С- или Сигма-профилей или из ГСП, рис. 8.3. Допускается выполнять связи из любого профиля, если это обосновано расчетом.

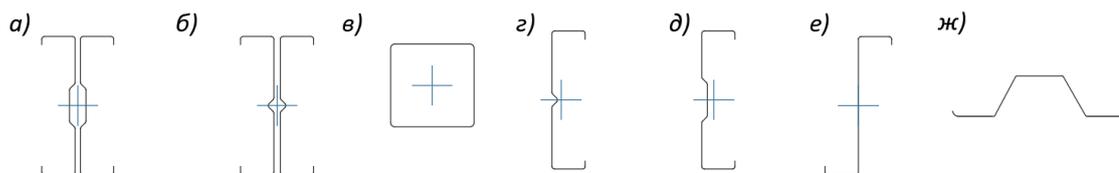


Рис. 8.14 Сечения элементов связей по покрытию: а – составное двутавровое сечение из равнополочных Сигма-профилей; б – составное двутавровое сечение из равнополочных С-профилей; в – гнутосварной профиль, г - С-профиль, д - Сигма-профиль, е – Z-профиль, ж – Омега-профиль

Система монтажных связей

8.3.20 Потеря общей устойчивости фермы и потеря элементами местной устойчивости может произойти еще на стадии монтажа, поэтому при монтаже элементов покрытия и каркаса необходимо предусматривать дополнительную группу связей - систему временных монтажных связей.

При правильном планировании большая часть системы современных связей может стать частью системы постоянных связей, увеличив общую надежность системы связей.

8.3.21 Система монтажных связей назначается на основании расчета на монтажные нагрузки в зависимости от выбранного типа сборки элементов, см. п.12.4. Схема установки монтажных связей прописывается в ППР, описание монтажных связей приводится в чертежах КМ и КМД.

Покрытие с профлистом

8.3.22 При экономических преимуществах замены связей настилом, прикрепленным к поясам, покрытия оказываются лишенными одной немаловажной функции, выполняемой связями. Связи по верхним поясам кроме того, что обеспечивают устойчивость ферм, являются также фиксаторами правильного взаимного положения ферм во время монтажа. Поэтому при монтаже покрытия без связей рекомендуется предусматривать использование временных (съёмных) инвентарных связей, т.е. монтажных кондукторов.

8.4 Кровельные прогоны

8.4.1 Кровельные прогоны воспринимают нагрузку от кровли и передают ее на стропильные конструкции (ригели или фермы).

8.4.2 Кровельные прогоны изготавливают из одиночных С-, Сигма- или Z-профилей, рис.8.7. Прогоны, которые играют роль распорок в покрытии, обычно выполняются составного сечения из спаренных С- или Сигма-профилей, рис. 8.7.

Для рамных зданий не рекомендуется использовать Омега-профили в качестве прогонов в виду их малой жесткости.

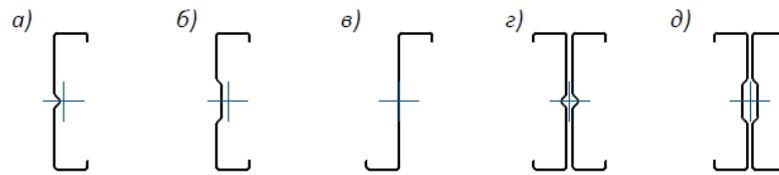


Рис. 8.16 Сечения прогонов рамного каркаса: а – С-профиль, б – Сигма-профиль, в - Z-профиль, г – составное двутавровое сечение из равнополочных С-профилей; д – составное двутавровое сечение из равнополочных Сигма-профилей

8.4.3 Пргоны выполняются по разрезной или неразрезной схеме, рис. 8.8. Выбор схемы определяется проектом в зависимости от типа кровли и рамы здания.

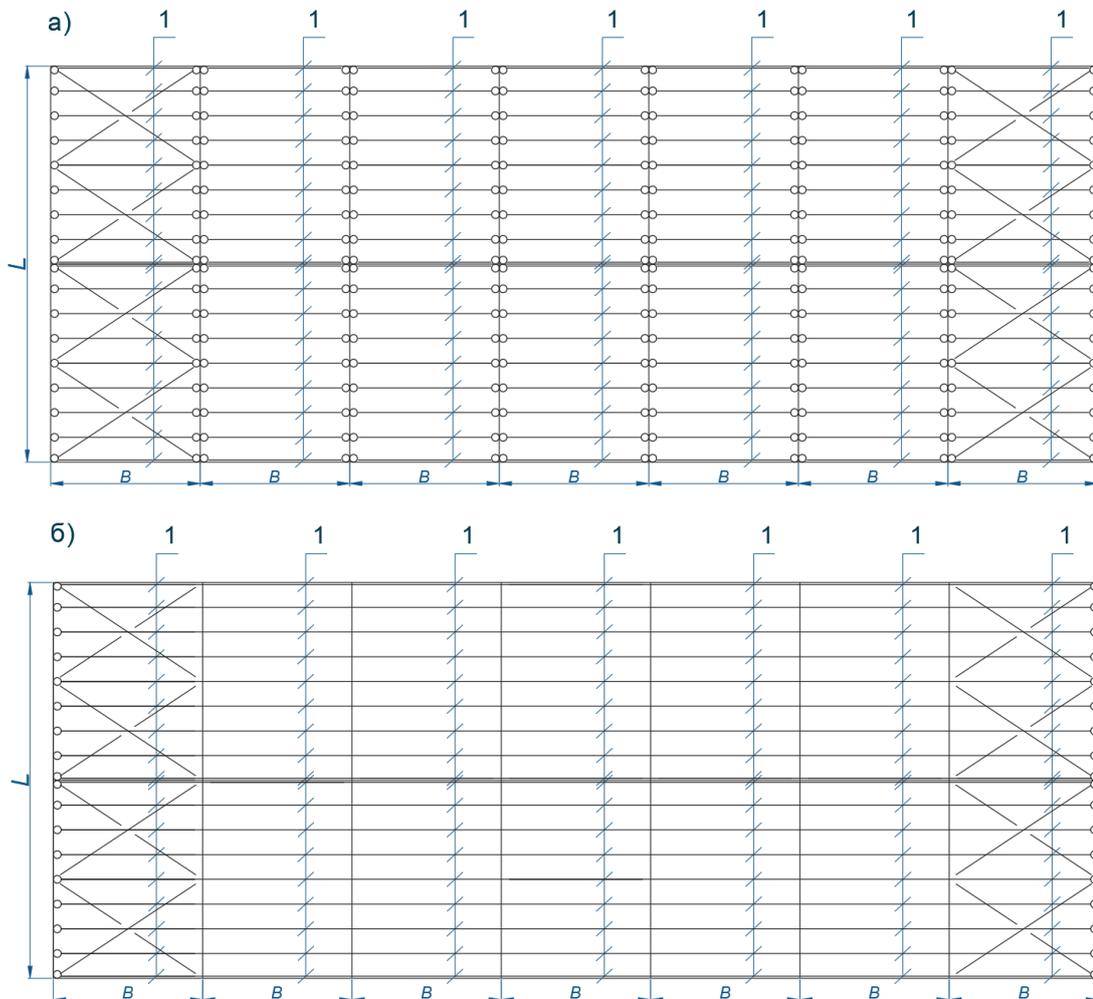


Рис. 8.17 Схемы прогонов: а – разрезная схема, б – неразрезная схема: 1 - прогон

При использовании неразрезной схемы снижается металлоемкость, но повышается трудоемкость монтажа, по сравнению с разрезной схемой.

Эффективность неразрезной прогонной схемы падает с увеличением длины здания и соответственно количества шага колонн.

8.4.4 По разрезной схеме прогоны устанавливаются либо по верхнему поясу ригеля, рис. 8.4 а, либо в уровне ригелей, рис. 8.4 б. Прогоны крепят к верхнему поясу ригеля (балки или фермы) при помощи вспомогательной детали: коротыши из уголков, планок, гнутых элементов из листовой стали.

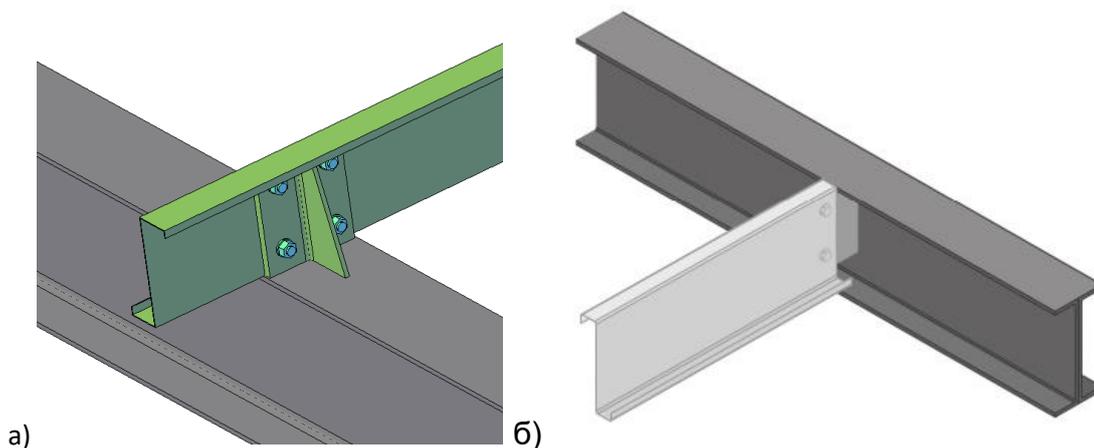


Рис. 8.19 Схема установки прогона: а – по верхнему поясу ригеля, б – сбоку, в уровне верхнего пояса ригеля

При неразрезной схеме – прогоны выполняются по верхнему поясу с обязательным обеспечением перехлеста на опоре.

Неразрезные прогонные системы дают заметную эффективность при некотором минимальном количестве пролетов из-за необходимости сплошного перехлеста первого и последнего шага по всей длине. При увеличении шага колонн в связи с увеличением количества перехлестов, металлоемкость и трудоемкость возрастают, экономичность снижается.

8.4.5 Требования к неразрезным прогонам, соединенных внахлестку или накладками, приведены в п. А.1 Приложения А СП 260.1325800.

8.4.6 Шаг и сечение прогонов определяется типом и весом кровельного покрытия (профнастил, металлочерепица, мягкая кровля, сэндвич и т.д.) и схемой.

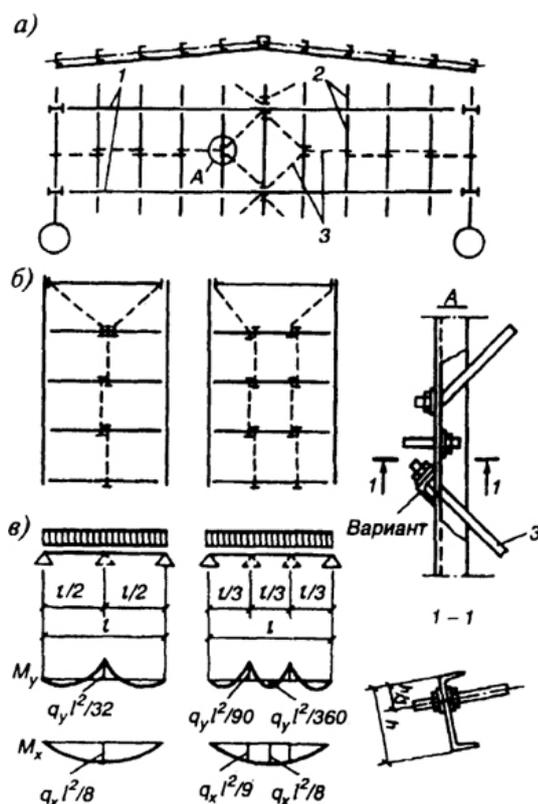
8.4.7 Не рекомендуется использовать одиночные С-профили в качестве неразрезных прогонов из-за конструктивных особенностей установки: для организации перехлеста на опоре прогоны смежных пролетов необходимо устанавливать стенкой друг к другу, т.е. в полки прогонов в соседних пролетах будут ориентированы в разные стороны, что усложняет монтаж кровельных панелей.

8.4.8 Прогоны должны быть защищены конструктивными способами (профлист, установленный на покрытие; связи из тяжей, лент и пр.) от кручения и

горизонтального бокового смещения на опорах. При расчете опорных деталей необходимо учитывать влияние усилий в плоскости настила, которые передаются на опоры прогона.

8.4.9 Чтобы уменьшить изгибающий момент от скатной составляющей, прогоны раскрепляют тяжами из круглой стали, рис. 8.20, уменьшающими расчетный пролет прогона в плоскости ската. Тяжи ставят между всеми прогонами, за исключением конькового. В панелях у конька тяжи крепятся к стропильной ферме или к коньковому прогону вблизи опор.

Значения изгибающих моментов в плоскости меньшей жесткости прогона зависят от числа тяжей (рис. 8.20, б). При постановке одного тяжа расчетный момент M_y в плоскости ската находится как опорный момент в двухпролетной неразрезной балке (в том же сечении, где M_x максимален). Значения изгибающих моментов при постановке двух тяжей даны на рис. 8.20, в. Предпочтение следует отдавать установке двух тяжей по скату.



а - схема размещения прогонов; б, в - к определению усилий в прогоне; 1 - фермы; 2 - прогоны; 3 - тяжи

Рис. 8.20 Схема установки связей по прогонам

8.4.10 Если кровельный настил крепится к прогонам жестко и образует сплошное полотнище (например, плоский стальной лист, приваренный к прогонам, или профилированный настил, прикрепленный к прогонам самонарезающими

болтами и соединенный между собой заклепками и т.п.), то скатная составляющая будет восприниматься самим полотнищем кровли. В этом случае необходимость в тяжах отпадает. Общая устойчивость прогонов обеспечивается элементами крепления кровельных плит или настила к прогонам и силами трения между ними. Однако, как показывает эксплуатация, силы трения при свободном опирании кровельных элементов недостаточны и в этом случае возможна потеря устойчивости прогона.

8.4.11 Тяжи выполняются из круглой стали диаметром 10-16 мм с резьбовыми креплениями, крепятся к стенке прогона, рис. 8.4а. В стенке прогона должны быть предусмотрены отверстия, в которое вставляется тяж и закручивается гайками.

Ленты выполняются из полосовой оцинкованной стали шириной 50-100 мм, крепятся к полкам прогона самонарезающими винтами, рис. 8.4б. Для устранения провисания листовых связей их сечение может выполняться в виде швеллеров с небольшими полками, рис. 8.4в. Для обеспечения компактности пакетировки и неповреждаемости при перевозке, полки таких связей загибаются под углом 80—85°.

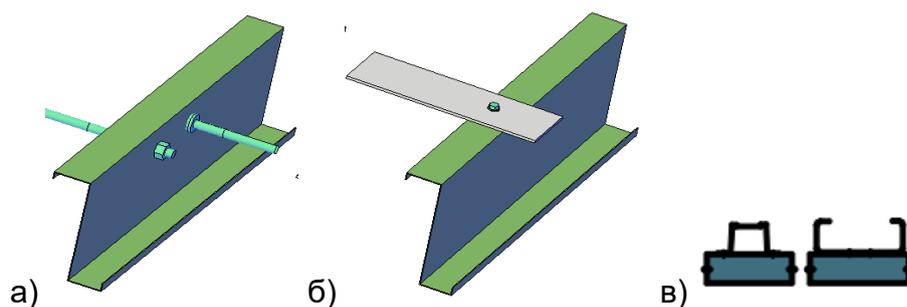


Рис. 8.21 Связи по прогонам: а) тяжи из круглой стали, б) ленты из полосы, в) из швеллеров и омега-профиля

8.4.12 Для уменьшения крутящего момента прогоны из С- и Сигма-профилей следует устанавливать полками в сторону конька, рис.8.8а, и дополнительно крепить уголком для восприятия скатной составляющей; прогоны из Z-профиля - верхней полкой к коньку, рис. 8.8б, с установкой либо уголка, либо детали с ребром.

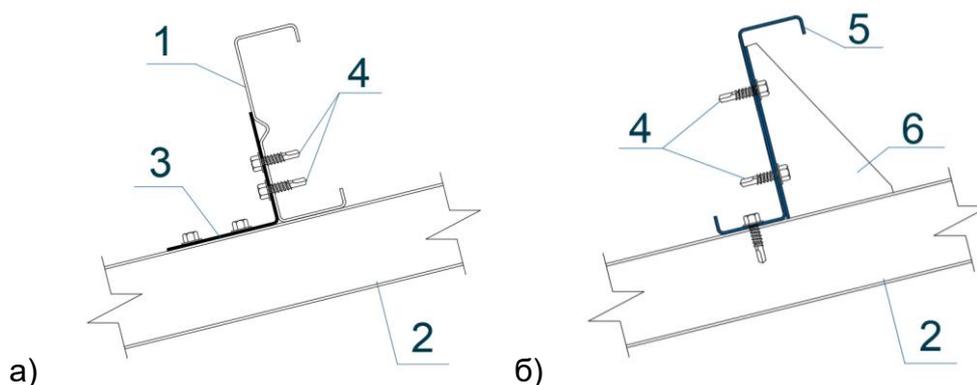


Рис. 8.22 Схема установки прогонов по скату покрытия: 1 – прогон из С-профиля; 2 – ригель покрытия; 3 – уголок, 4 – самонарезающие винты, 5 – прогон из Z-профиля, 6 - вспомогательная деталь с ребром

8.4.13 Допускается выполнять связи по прогонам в виде диагональных перекрестных элементов, соединяющих верхние и нижние пояса прогонов, рис. 8.4а, или связей, расположенных в уровне верхней полки прогонов, рис. 8.4 б.

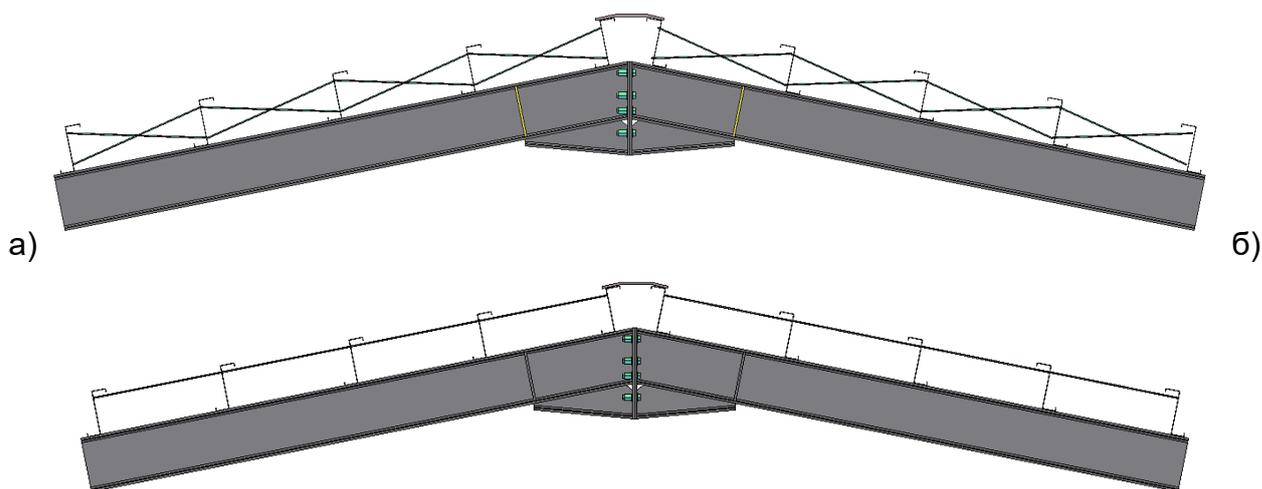


Рис. 8.23 Схема установки связей по прогонам покрытия: а - диагональные перекрестные связи, соединяющих верхние и нижние пояса прогонов, б - связи в уровне верхней полки прогонов: 1 – прогон; 2 – ригель покрытия; 3 – связи

8.4.14 При использовании связей, соединяющих только сжатые полки прогонов (рис. 8 б), они должны быть зафиксированы от перемещений в коньке здания. Фиксация обычно выполняется путем скрепления коньковых прогонов, друг с другом при помощи специальных элементов (рис. 8 д).

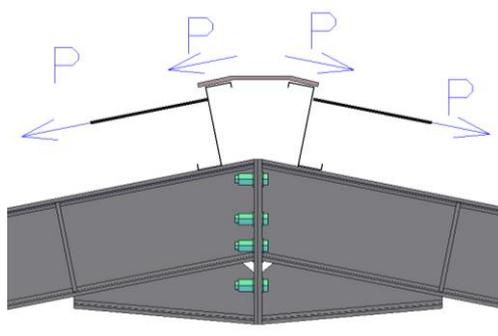


Рис. 8.24 Схема закрепления прогонов в коньке здания при использовании связей, соединяющих только сжатые полки прогонов

Такие связи не только раскрепляют прогоны от закручивания, но и уменьшают его пролет по скату кровли, что позволяет существенно уменьшить изгибающие моменты из плоскости главного изгиба и снизить расход стали на прогоны.

При использовании профилированного листа или кровельных панелей покрытия, для раскрепления прогонов также рекомендуется объединение коньковых прогонов для восприятия скатной составляющей вертикальной нагрузки.

8.4.15 При увеличении шага рам более 5м и снеговой нагрузки целесообразным становится применение решетчатых прогонов в виде ферм из холодногнутых профилей, которые могут иметь различные конструктивные решения. К недостаткам решетчатых прогонов можно отнести увеличение числа элементов и узловых деталей, и как следствие, увеличение трудоемкости изготовления, но при увеличенном шаге рам они легче балочных прогонов из спаренных С- или Сигма-профилей, имеют меньшую металлоемкость и шаг. При высокой снеговой нагрузке при невозможности подобрать сечение балочного прогона из профилей, рекомендуется перейти на решетчатые прогоны.

8.5 Беспрогонные покрытия

8.5.1 В беспрогонных покрытиях профлист укладывается непосредственно на ригель рамы. При этом существуют два конструктивных и соответственно расчетных случая:

а) профлист не участвует в связевой работе каркаса и в расчетную схему он не включается. В данном случае необходимо учитывать коэффициент неразрезности в ригеле, если профлист работает по неразрезной схеме.

б) когда профлист выполняет еще и связевую функцию. Данный случай в расчете достаточно сложен и должен применяться на основе испытаний.

8.6 Стеновые прогоны

8.6.1 При использовании в качестве ограждающих конструкций профлиста, вертикальных сэндвич-панелей применяются стеновые прогоны для их крепления, а также стеновые прогоны применяются при креплении ограждающих конструкций в сейсмических районах.

8.6.2 Стеновые прогоны изготавливают из одиночных С- или Z-профилей, рис.8.7. Допускается использование швеллерного сечения, гнутосварной трубы и шляпного профиля.

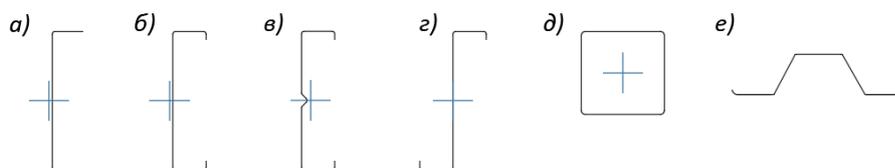


Рис. 8.25 Сечения стеновых прогонов рамного каркаса: а – швеллерообразный профиль; б – С-профиль, в - С-профиль с ребром жесткости, г - Z-профиль, д – гнутосварной профиль, е – шляпный профиль

8.6.2 Стеновые прогоны крепятся к стойкам при помощи вспомогательных уголков, изготовленных из оцинкованного проката или углеродистой стали в зависимости от действующих усилий. Крепление к оцинкованным уголкам выполняется через самонарезающие винты, крепление к уголкам из углеродистой стали – при помощи болтов.

8.7 Краны и технологическое оборудование и коммуникации

8.7.1 Как правило в рамных зданиях из стальных холодногнутых профилей применяются только отдельно стоящее крановое оборудование приставное на отдельных крановых эстакадах.

Размещение подкрановых балок и подвесного кранового оборудования в самом каркасе из стальных холодногнутых профилей не допускается.

В случае комбинированного решения каркаса, когда стойки выполняются из углеродистой стали, а ригели из стальных холодногнутых профилей, допускается установка кранового оборудования на стойках при соответствующем расчетном обосновании.

8.7.2 Технологическое оборудование и коммуникации допускается крепить к рамному каркасу из стальных холодногнутых профилей только при соответствующем расчетном обосновании.

9. РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ РАМНЫХ ЗДАНИЙ

9.1 Нагрузки и воздействия

9.1.1 Расчет конструкций выполняют по двум группам предельных состояний с учетом неблагоприятных сочетаний нагрузок.

9.1.2 Сбор нагрузок выполняют в соответствии с СП 20.13330.2016.

9.1.3 В расчете по 1-й группе предельных состояний (по прочности) в расчетной схеме используют расчетные значения нагрузок. Это нормативные значения нагрузок, умноженные на коэффициент надежности по нагрузке γ . Значения нормативных нагрузок и коэффициенты надежности по нагрузке принимают согласно СП 20.13330.2016. В расчете по второй группе предельных состояний вводят нормативные нагрузки.

При выполнении расчета рассматривают несколько расчетных сочетаний нагрузок (РСН) - все возможные неблагоприятные комбинации нагрузок, которые необходимо учитывать при проектировании объекта.

Для рамных зданий обязательным, влияющим на сечение элементов покрытия, является расчет на снеговую нагрузку с учетом положений приложения Б СП 20.13330

9.1.4 При расчете рамных зданий особое внимание следует уделить проверке по гибкости в соответствии с требованиями п.10.4 СП 16.13330 и п.7.7 СП 260.1325800. Элементы связей, длинные стойки могут отвечать требованиям прочности, но не отвечать проверке по гибкости.

9.1.5 Для рамных зданий является обязательным расчетное обоснование зон установки связей по результатам расчета пространственной схемы каркаса на общую устойчивость. Согласно п.4.2.6 СП 16.13330 оценка общей устойчивости каркаса происходит по недеформированной или деформированной схеме (с учетом геометрической нелинейности)

9.2 Особенности расчета конструкций из стальных холодногнутых профилей

9.2.1 При расчете конструкций из стальных холодногнутых профилей следует соблюдать требования СП 260.1325800, ГОСТ 27751, СП 16.13330, СП 294.1325800

Конструкции, выполненные из стальных холодногнутых профилей, согласно СП 260.1325800 по напряженно-деформированному состоянию относятся к 4 классу конструкций. В таких конструкциях потеря местной устойчивости наступает до достижения предела текучести в одной или более зонах поперечного сечения,

что необходимо предупреждать на стадии расчета путем использования в расчетах и по первой и второй группе предельных состояний геометрических характеристик редуцированного сечения, определяемого согласно п. 7.4 – 7.6 СП 260.1325800.

Геометрические характеристики редуцированного сечения определяются расчетно-аналитическим путем или с использованием программного комплекса. Программный комплекс (ПК) должен быть сертифицирован на соответствие требованиям СП 16.13330 и СП 260.1325800. При расчете в ПК рекомендуется обязательная проверка расчетно-аналитическим методом.

9.2.2 В связи с тем, что геометрические параметры стержня из холодногнутого профиля выражаются величинами разных порядков: толщина стенок t профиля намного меньше размеров ширины поперечного сечения b и высоты сечения h , а размеры b и h намного меньше длины стержня, рис. 9.1, конструкции, выполненные из холодногнутых профилей, относят к тонкостенным конструкциям.

9.2.3 Тонкостенным конструкциям присущи свойства и бруса, и оболочки, что влияет на выбор расчетной модели при выполнении расчетов. В определенных случаях недостаточно выполнять расчет только стержневой конструкции, необходимо дополнительный расчет с пластинчатыми элементами.

9.2.4 Тонкостенным конструкциям характерны нестандартные формы потери устойчивости, депланация сечения и др.

Для конструкций из холодногнутого профиля характерны следующие формы потери устойчивости, рис. 9.1:

- местная (локальная) – характеризуется изменением первоначальной формы сечения отдельного элемента конструкции при сохранении формы всей остальной конструкции;

- общая (изгибная, крутильная, изгибно-крутильная) – характеризуется изменением первоначальной формы деформирования всей конструкции;

- потеря формы сечения (искажение) – характеризуется изменением геометрии полок и стенки сечения профиля;

а также возможны различные комбинации вышеуказанных форм в зависимости от характера нагружения и работы конструкции

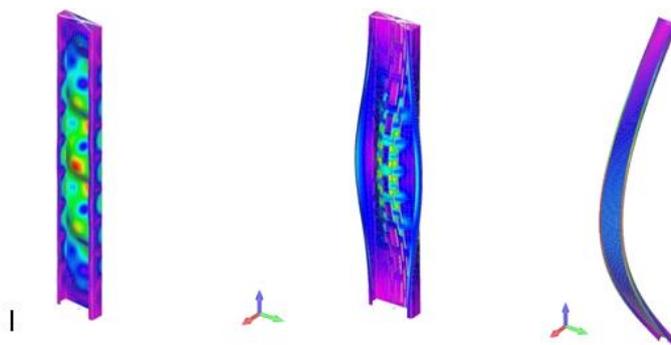


Рис. 9.1. Формы потери устойчивости стойки из холодногнутого профиля

При проектировании и расчете необходимо учитывать тонкостенность профилей и предупреждать все возможные формы потери устойчивости, вне зависимости от вида НДС, расчетом и конструктивными мероприятиями.

9.2.5 Мероприятия по предотвращению потери устойчивости разделяются на проектные расчетные и конструктивные.

- Требуется учитывать коэффициенты условий работы согласно табл. 5.1 СП 260.1325800.

- Требуется повышать жесткость стержней из открытого профиля различными способами (планками, диафрагмами, решетками и т.д.).

9.2.6 На напряженно-деформированное состояние конструкции из холодногнутого профиля оказывают влияние следующие факторы: неоднородные пластические свойства по сечению в результате особенностей изготовления профиля, наличие начальных несовершенств, геометрия сечения, размер отгибов, наличие просечек или ребра жесткости в стенке профиля, величина эксцентриситета приложения нагрузки, величина редуцированной площади, расположение эффективных зон сечения. Многообразие факторов не позволяет применить единую расчетную схему и необходим итерационный расчет несущей способности с учетом различных факторов по нескольким расчетным схемам.

9.2.7 Расчет конструктивной схемы здания из стального холодногнутого профиля следует выполнять в пространственной постановке. В определенных случаях допускается рассчитывать отдельные плоские конструкции, но расчет вести с учетом взаимодействия данных элементов с остальными и с основанием.

9.2.8 Расчетные схемы и основные расчетные предпосылки должны максимально отражать действительные условия работы рамных конструкций.

9.3 Расчет по первой и второй группам предельных состояний

9.3.1 Прочностной расчет стержневых конструкций

1. Центально-растянутые элементы

Проверка несущей способности выполняется в соответствии с п. 7.7.2 СП 260.1325800:

$$\frac{N}{A_{gn} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1,$$

где N - продольная сила; A_{gn} - полная площадь поперечного сечения нетто; R_y - расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести (принимается по таблице 6.2 СП 260.1325800.2016); γ_c - коэффициент условия работы (принимается по таблице 5.1. СП 260.1325800.2016).

2. Центральнo-сжатые элементы

Проверка несущей способности выполняется в соответствии с п. 7.7.2 СП 260.1325800:

$$\frac{N}{A_{ef,n} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1,$$

где N - продольная сила; $A_{ef,n}$ - эффективная площадь нетто; R_y - расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести (принимается по таблице 6.2 СП 260.1325800.2016); γ_c - коэффициент условия работы (принимается по таблице 5.1. СП 260.1325800.2016).

Если центр тяжести эффективного поперечного сечения не совпадает с центром тяжести полного сечения, то следует учитывать момент от смещения $e_{N(x,y)}$ центральных осей x - x и y - y относительно положения оси действия силы. Дополнительные моменты ΔM_y и ΔM_x от смещения центральных осей определяют по формулам:

$$\Delta M_y = N \cdot e_{N(y)};$$

$$\Delta M_x = N \cdot e_{N(x)},$$

где $e_{N(x)}$ и $e_{N(y)}$ - смещение центральных осей x - x и y - y относительно осевых усилий.

Расчет на устойчивость центрально сжатых стержней производится в соответствии с п. 7.7.8 СП 260.1325800

$$\frac{N}{\varphi \cdot A_{ef} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1,$$

где N - продольная сила; A_{ef} - эффективная площадь; R_y - расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести (принимается по таблице 6.2 СП 260.1325800.2016); γ_c - коэффициент условия работы (принимается по таблице 5.1. СП 260.1325800.2016); φ - коэффициент устойчивости при центральном сжатии, принимаемый в зависимости от

приведенной гибкости $\bar{\lambda}$ по СП 16.13330.2011 (пункт 7.1.3 или таблица Д.1 приложения Д, тип сечения в соответствии с данными таблицы 6.3):

$$\bar{\lambda} = \frac{l_{ef}}{i_{ef}} \sqrt{\frac{R_y \cdot A_{ef}}{E \cdot A_g}},$$

где l_{ef} - расчетная длина стержня; i_{ef} - радиус инерции эффективного сечения, брутто; R_y - расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести (принимается по таблице 6.2 СП 260.1325800.2016); A_{ef} - эффективная площадь; A_g - полная площадь поперечного сечения.

Кроме проверки устойчивости продольного изгиба стержень следует проверять на изгибно-крутильную форму потери устойчивости при открытых сечениях с одной осью симметрии (двутавровые сечения колонн, балок и прочее).

3. Изгибаемые элементы

Проверка несущей способности выполняется в соответствии с п. 7.7.3 СП 260.1325800:

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

$$\frac{M_x}{W_{x,ef} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1,$$

где M_x - изгибающий момент; $W_{x,ef}$ - момент сопротивления эффективного сечения; R_y - расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести (принимается по таблице 6.2 СП 260.1325800.2016); γ_c - коэффициент условия работы (принимается по таблице 5.1. СП 260.1325800.2016).

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

$$\frac{M_x}{W_{x,min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1,$$

где M_x - изгибающий момент; $W_{x,min}$ - момент сопротивления полного упругого сечения; R_y - расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести (принимается по таблице 6.2 СП 260.1325800.2016); γ_c - коэффициент условия работы (принимается по таблице 5.1. СП 260.1325800.2016).

- при изгибе в двух главных плоскостях

$$\frac{M_x}{W_{x,ef} \cdot R_y \cdot \gamma_c} + \frac{M_y}{W_{y,ef} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1,$$

где $M_{x(y)}$ - изгибающий момент; $W_{x(y),ef}$ - момент сопротивления эффективного сечения; R_y - расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести (принимается по таблице 6.2 СП 260.1325800.2016); γ_c - коэффициент условия работы (принимается по таблице 5.1. СП 260.1325800.2016).

9.3.2 Расчет на совместное действие изгиба и продольной силы выполняется в соответствии с п. 7.7.4 СП 260.1325800.

9.3.3 Расчет на поперечную силу выполняется в соответствии с п. 7.7.6 СП 260.1325800.

9.3.4 Расчет на кручение выполняется в соответствии с п. 7.7.7 СП 260.1325800

9.4 Особенности проектирования и расчета элементов рамных зданий из тонкостенных стальных холодногнутох профилей

Общие рекомендации по расчету

9.4.1 Перед началом расчета и проектирования проектировщику следует внимательно ознакомиться с сортаментом холодногнутох профилей, принятых для изготовления каркаса здания, изучить особенности изготовления заданного типа профиля, выполнить анализ возможных начальных несовершенств.

Производитель профиля должен предоставить редуцированные характеристики профиля, в ином случае, проектировщику потребуется определить их самостоятельно в соответствии с п. 7.4 – 7.6 СП 260.1325800.

9.4.2 Проектирование, расчет, разработка чертежей марок КМ, КМД, конструкций рамных зданий из тонкостенных холодногнутох профилей должно выполняться «Специалистами по проектированию строительных конструкций из металлических тонкостенных профилей» (Профессиональный стандарт 16.130 (приказ Минтруда России от 31.08.2021 г. № 606н).

9.4.3 Для холодногнутох профилей, применяемых в проекте, требуется проверить соотношение b/t , c/t , которые должны удовлетворять требованию: $b/t \leq 60$, $c/t \leq 50$ для предотвращения потери устойчивости.

9.4.4 Расчет пространственной расчетной схемы и проверка на соответствие требованиям двух групп предельных состояний должно быть выполнено с учетом редуцированных характеристик при расчете на обе группы предельных состояний. Это можно сделать несколькими способами: а) непосредственно сразу задать жесткости эффективного сечения, определенные с учетом редукиции, от производителя; б) выполнить итерационный расчет с определением

редуцированных характеристик от реальных усилий в схеме в соответствии с методикой, приведенной в п. 7.4 – 7.6 СП 260.1325800. Выбор методики влияет на фактическую металлоемкость здания и определяется проектировщиком.

Пример расчета с учетом редуцированных характеристик с итерационным подходом приведен в Приложении А настоящего Руководства.

9.4.5 Расчет составных сечений из С- и Сигма-профилей, соединенных вплотную или через фасонки, следует выполнять согласно п.7.7.2.6 СП 260.1325800 как для сплошностенчатых при условии, что участки между центрами крайних болтов не превышают $30i_{ef}$ – для сжатых элементов и $70i_{ef}$ – для растянутых, при условии проверки ветвей на изгибно-крутильную форму потери устойчивости с учетом расцентровки, на расчетной длине ветви, равной расстоянию между планками или узлами соединяющей решетки.

Вертикальные связи

9.4.6 Расчет вертикальных связей выполняют на большую из величин: сумма реальных продольных усилий от ветра или условную поперечную силу Q_{sic} , при этом количество стоек, от которых определяется Q_{sic} , принимают, исходя из следующего:

$$n_{расч} = \sqrt[3]{n}, \text{ но не менее } 2,$$

где $n_{расч}$ - расчетное количество стоек, от которых определяют Q_{sic} ; n – количество стоек в ряду.

9.4.7 Расчет распорок, уменьшающих расчетную длину сжатых элементов, выполняют в соответствии с п. 7.7.2.7 СП 260.1325800

Прогоны

9.4.8 Расчет прогонов выполняют на нагрузки от веса кровли, собственного веса прогонов, снега и ветра, в необходимых случаях учитывают нагрузку от пыли как технологическую по заданиям от технологов. При кровле с уклоном меньше 20° нагрузка от ветра (отсос) действует снизу вверх и разгружает прогоны. В этом случае нужно проверить прогон на возможность отрыва от несущих конструкций.

Вертикальную нагрузку на прогон определяют по формуле

$$q = \left(\frac{g_k}{\cos\alpha} + s \right) b + q_p,$$

где g_k - расчетная нагрузка от веса 1 м² кровли; α - угол наклона кровли к горизонту (при уклоне кровли $i \leq 1/8$ можно принять $\cos\alpha = 1$); s - расчетная нагрузка от снега; b - расстояние между прогонами; q_p - расчетная нагрузка от веса прогона.

9.4.9 При расчете прогонов покрытий на снеговую равномерно распределенную нагрузку в соответствии с прим. 4 п.10.4 СП 20.13330 следует учесть локальную неравномерность снегоотложений введением дополнительного коэффициента $\mu = 1,1$.

9.4.10 Если покрытие имеет фонарные или другие надстройки или здание имеет перепады высот, то в этих местах образуются зоны повышенного снегоотложения ("снеговые мешки"), которые учитывают в соответствии с прил. Б СП 20.13330.

9.4.11 При расчёте прогонов при неразрезных конструкциях кровли (профлист, работающий по многопролётной схеме, сэндвич-панели) следует учитывать коэффициент неразрезности. Рекомендуется принимать коэффициент неразрезности 1,25.

9.4.12 В общем случае прогоны, расположенные на скате кровли, рис. 9.2, работают на изгиб в двух плоскостях (косой изгиб). Составляющие нагрузки P_x и P_y равны:

$$P_x = P \cos\alpha; P_y = P \sin\alpha$$

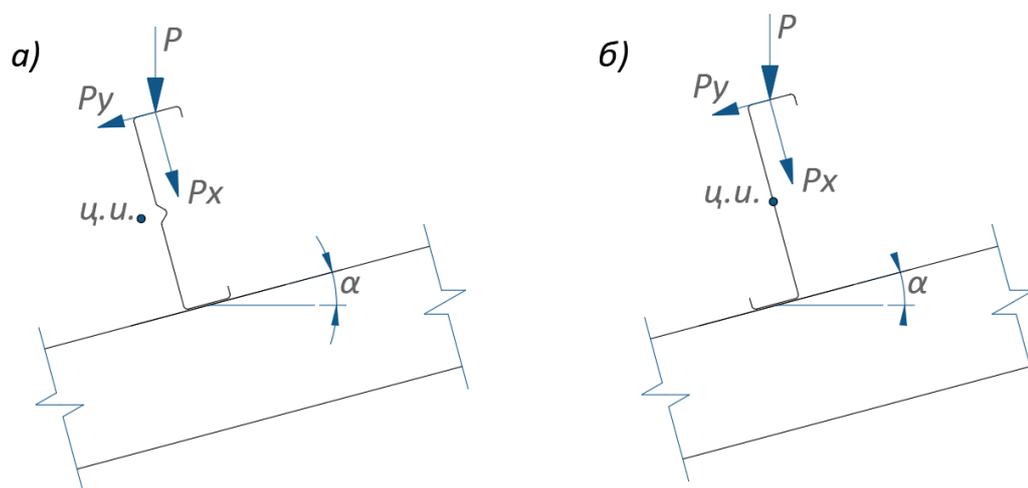


Рис. 9.2 Схема действия нагрузки на прогон: а - из С-профиля, б – из Z-профиля

В отличие от Z-прогона у С-прогона центр изгиба (ц.и.) лежит вне сечения, поэтому С-прогон обязательно надо устанавливать полками вверх к коньку кровли.

Кроме того, поскольку кровля опирается на верхний пояс прогона, от составляющей P_y , приложенной с плечом $h/2$, рис. 9.4, возникает еще и крутящий момент M_t . Для того чтобы его уравновесить этот момент, С-прогоны следует

устанавливать стенкой по направлению ската. В этом случае крутящий момент от составляющей P_y уравнивается крутящим моментом от составляющей P_x и воздействием M_t можно пренебречь.

9.4.13 В п. А.2 Приложения А СП 260.1325800 приведен метод расчета прогонов из С- и Z-профилей. Данный метод не может быть использован для систем, использующих стержни в качестве раскрепления; для систем с перехлестом и на накладках, для таких соединений требуется разработка отдельной методики расчетов и проведения натуральных испытаний для определения расчетных характеристик.

9.4.14 Связи по прогонам должны быть рассчитаны на суммарное действие поперечной силы и скатной составляющей вертикальной нагрузки, которые определяются по имеющимся методикам расчета стальных и деревянных прогонов. При протяженных скатах и больших внешних нагрузках, эти усилия могут достигать значительной величины, и в таких случаях рекомендуется установка дополнительных связей, передающих скатную составляющую на промежуточные точки — опорные узлы прогонов или непосредственно на раму.

Как правило, при небольшом угле наклона кровли рамного здания скатная составляющая нагрузки P_y в 3-5 раз меньше P_x , однако жесткость прогона в плоскости ската мала и напряжения от скатной составляющей получаются большими.

Чтобы уменьшить изгибающий момент от скатной составляющей, прогоны раскрепляют тяжами из круглой стали, рис. 8.20, уменьшающими расчетный пролет прогона в плоскости ската. Тяжи ставят между всеми прогонами, за исключением конькового. В панелях у конька тяжи крепятся к стропильной ферме или к коньковому прогону вблизи опор.

Значения изгибающих моментов в плоскости меньшей жесткости прогона зависят от числа тяжей (рис. 2.40, б). При постановке одного тяжа расчетный момент M_u в плоскости ската находится как опорный момент в двухпролетной неразрезной балке (в том же сечении, где M_x максимален), при постановке двух тяжей - как для многопролетной балки.

9.4.15 Прогиб прогонов проверяют только в плоскости, нормальной к скату, он не должен превышать предельного, регламентируемого Приложением Е СП 20.13330. Прогиб определяют от постоянных и временных длительных нормативных нагрузок.

9.4.16 Решетчатые прогоны рассчитывают как фермы с неразрезным верхним поясом. Верхний пояс при этом работает на сжатие с изгибом (в одной плоскости, если отсутствует скатная составляющая нагрузки, или в двух плоскостях), остальные элементы испытывают продольные усилия.

9.4.17 Соединение прогона с настилом может допускать частичное закрепление прогона от кручения, которое может быть представлено в виде угловой связи с жесткостью C , см. п.А.1.7 СП 260.1325800. Напряжения в свободном поясе, не соединенном непосредственно с настилом, следует также рассчитывать с учетом влияния изгиба в рабочей плоскости и кручения, включая изгиб из плоскости в результате искривления поперечного сечения.

10. УЗЛЫ СОПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РАМНОГО КАРКАСА

10.1 Особенности конструирования узлов

10.1.1 Сопряжение стойки с фундаментом осуществляется при использовании черных фасонок, рис. 10.1.

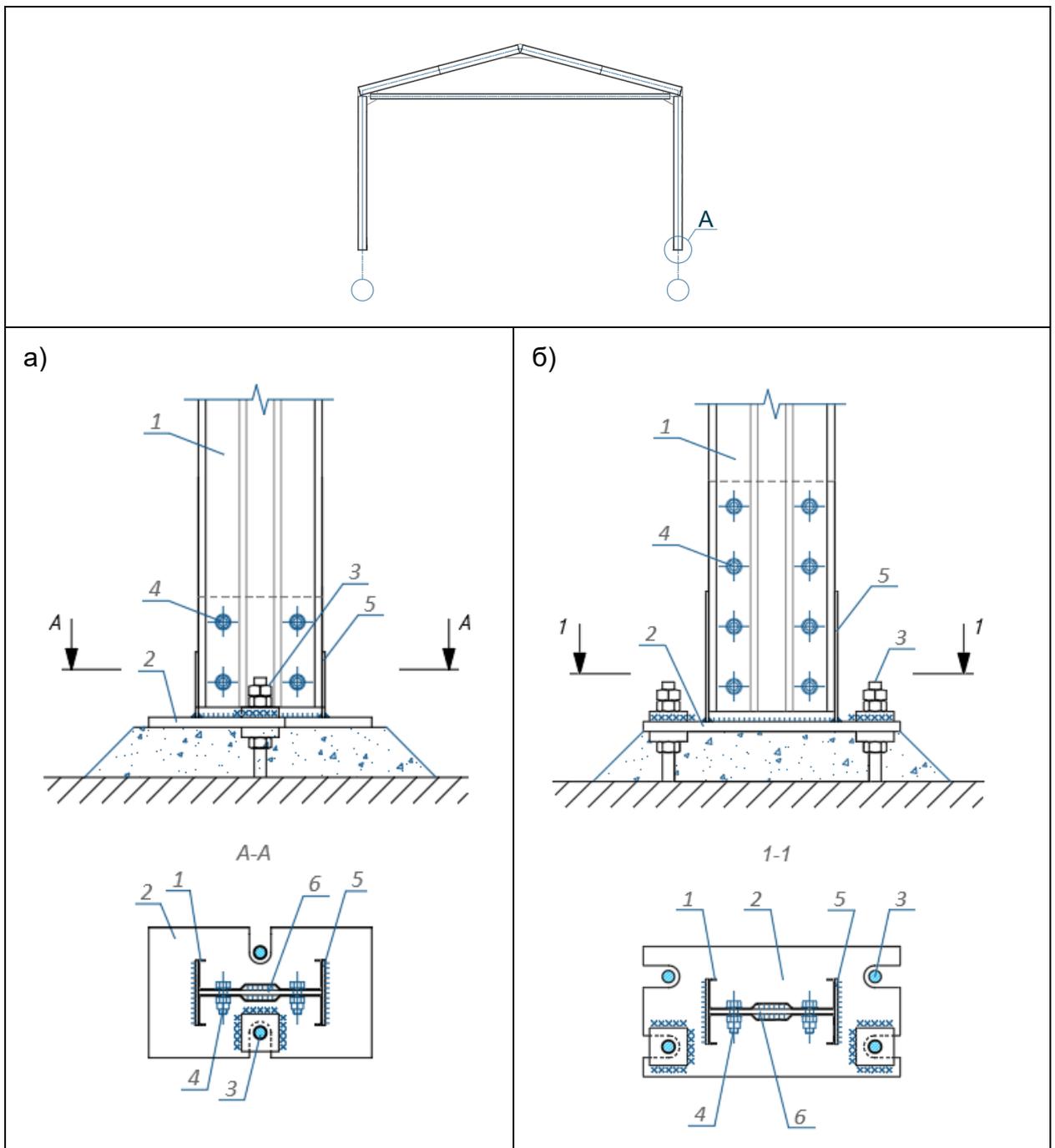


Рис. 10.1 Узлы сопряжения стойки с фундаментом: а – шарнирное сопряжение стойки с фундаментом; б - жесткое сопряжение с фундаментом

1 – стойка из спаренных Сигма-профилей; 2 – опорная плита; 3 – анкерные болты;
4 – болты; 5 – траверса, 6 - фасонка

10.1.2 Сопряжение ригелей со стойками осуществляется через вспомогательную фасонку при помощи болтов, рис. 10.2

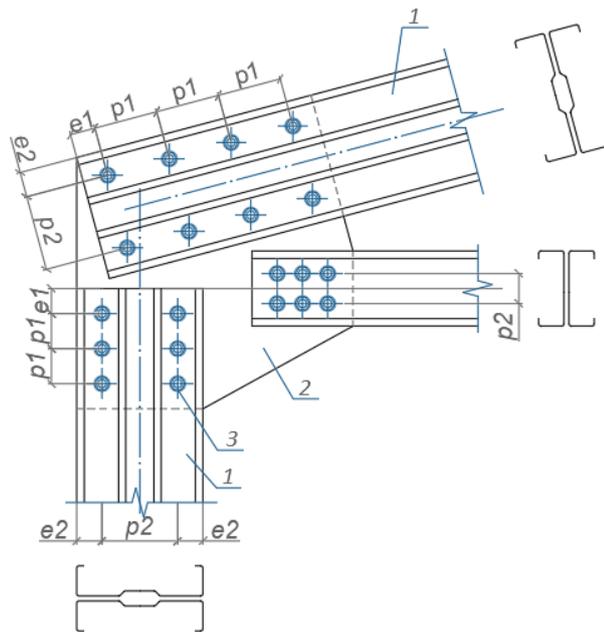


Рис. 10.2 Узел сопряжения стойки и ригеля: 1 – стойка из спаренных Сигма-профилей; 2 – верхний пояс ригеля из спаренных Сигма-профилей; 3 - нижний пояс ригеля из спаренных С-профилей; 4 - фасонка из малоуглеродистой стали; 5 – болты

10.1.3 Сопряжение ригелей в коньковом узле также осуществляется через вспомогательную фасонку при помощи болтов, рис. 10.3.

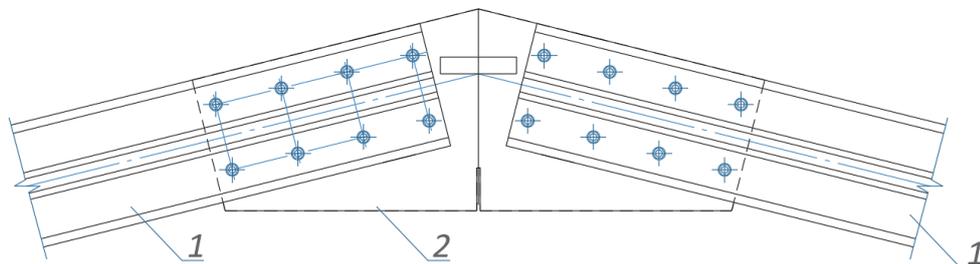


Рис. 10.3 Коньковый узел: 1 - ригель; 2 – фасонка из малоуглеродистой стали

10.1.4 Сопряжение элементов решетчатого ригеля осуществляется при помощи самонарезающих винтов или болтов.

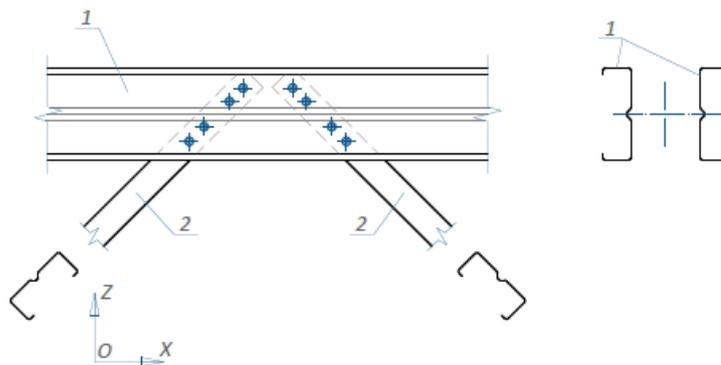


Рис. 10.4 Узел решетчатой рамы с поясами из парных С-профилей:

1 – элемент пояса; 2 – элемент решетки

10.1.5 Сопряжение элементов вертикальных связей со стойками осуществляется различными способами: а) вариант снаружи с одной стороны стойки на накладках, рис. 10.5. Расположение связей в данном случае препятствует установке ограждающих сэндвич панелей, поэтому сэндвич-панели крепятся к стойке с одной стороны, связи располагаются с противоположной стороны. Для зданий холодильников связи идут снаружи стойки, для всех остальных зданий - изнутри; б) более корректным является вариант устройства связей по оси стоек через деталь косынку, рис. 10.6. В этом случае в связи с наличием ребра жесткости у Сигма- и С-профилей необходимо использовать специальные прокладки, поз. 4; в) вариант устройства связей по оси с накладками оцинкованного проката в обхват, рис. 10.7, при помощи самонарезающих винтов; г) вариант с гибкими связями с креплением при помощи талрепов, рис. 10.8.

Расстояние от края профиля до оси болта e_1 , между болтами p_1 , в перпендикулярном направлении соответственно e_2 , p_2 , а также расстояние между профилями e_3 принимается в соответствии с п.10.2 и табл. 10.2 СП 260.1325800.

Толщина накладок и фасонки из стали определяется по расчету, но рекомендуется не менее 4 мм и не более 8 мм, иначе жесткость фасонки будет превышать жесткость профиля.

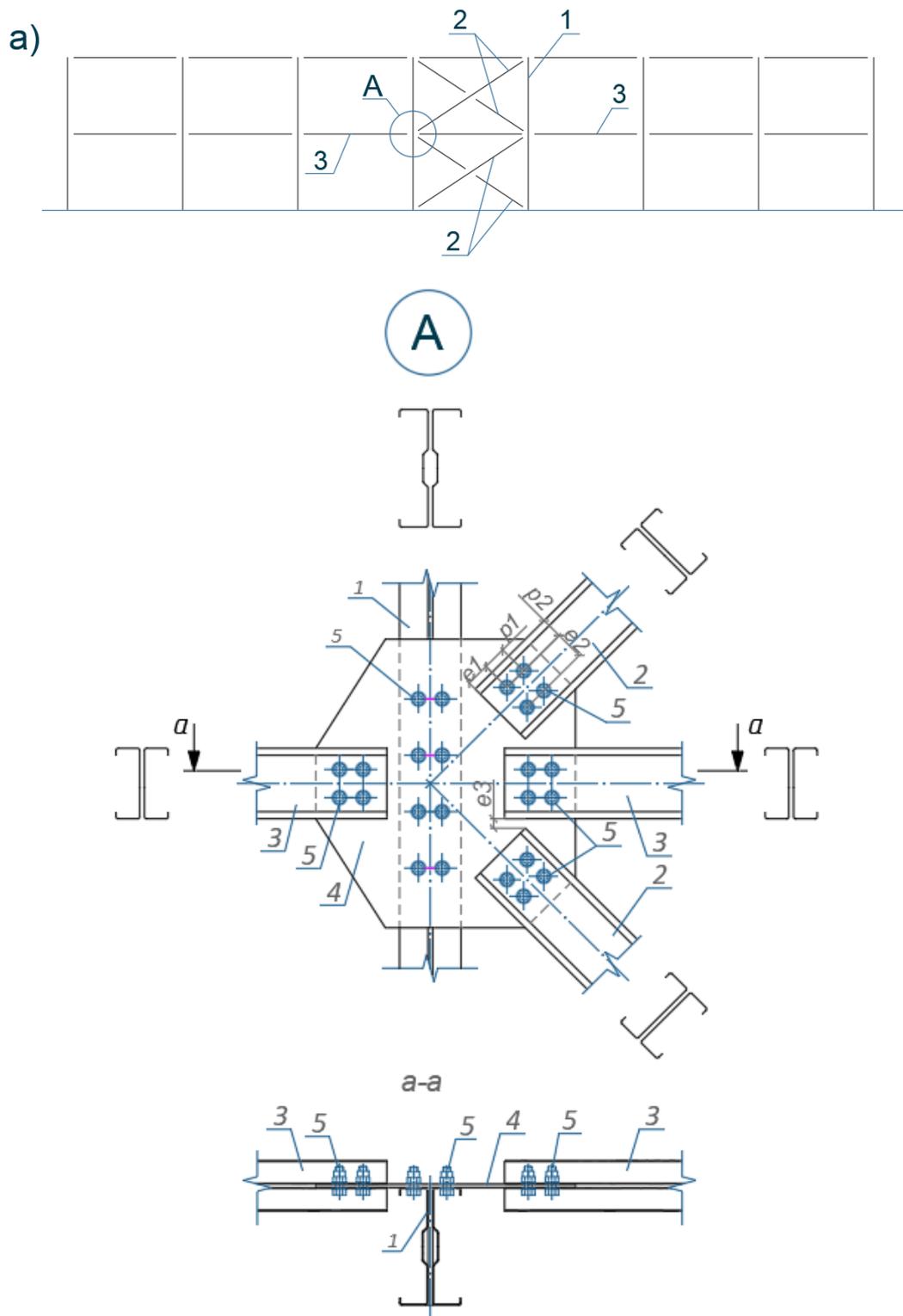


Рис. 10.5 Узел крепления вертикальных связей к стойкам: 1 – стойка из спаренных Сигма-профилей, 2 – элемент связевого блока: 3 – распорка, 4 – накладка из стали; 5 – болты

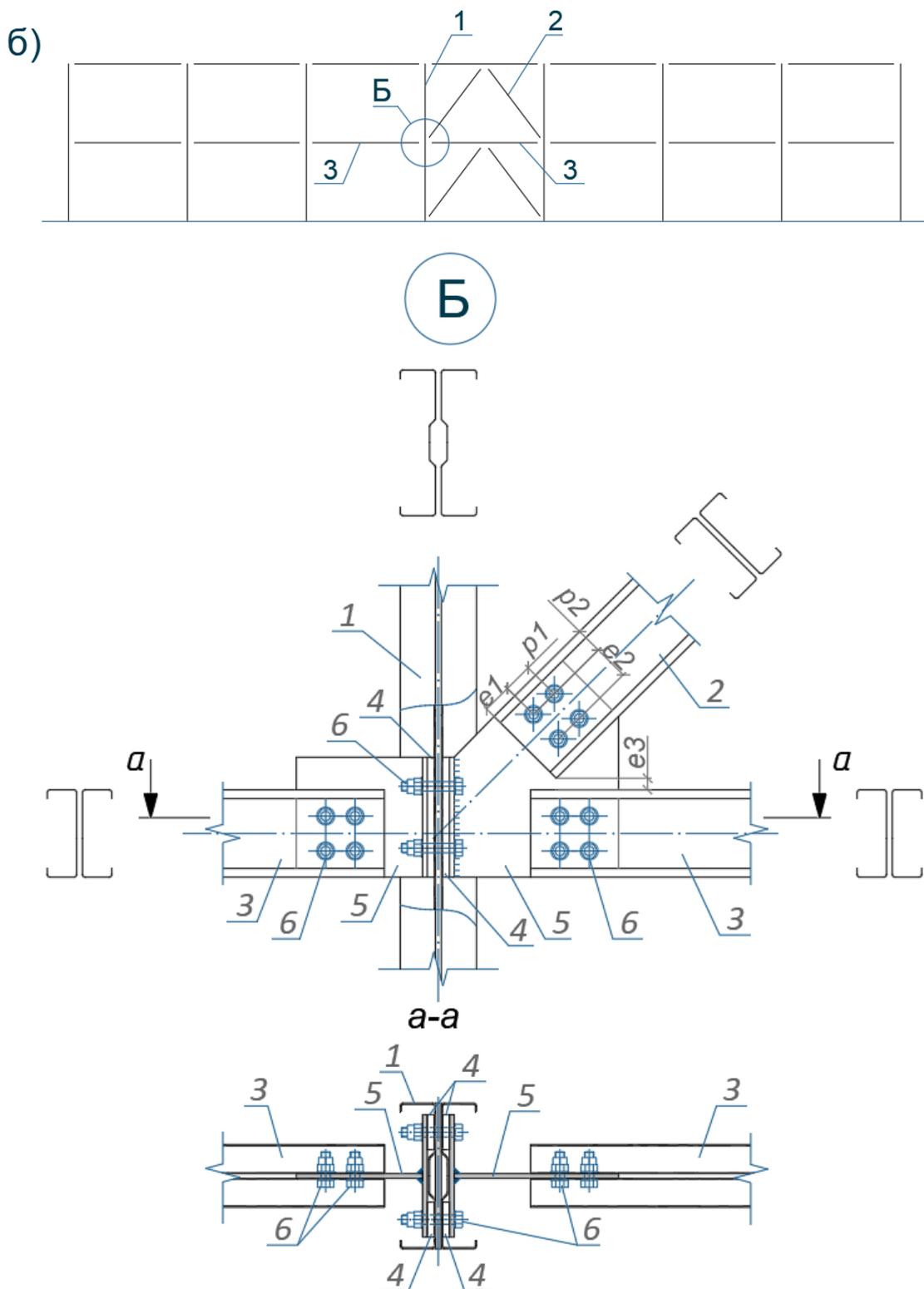


Рис. 10.6 Узел сопряжения вертикальных связей со стойками: 1 – стойка из спаренных Сигма-профилей, 2 – элемент связевого блока: 3 – распорка, 4 – монтажные прокладки, 5 - деталь косынка, 6 – болты

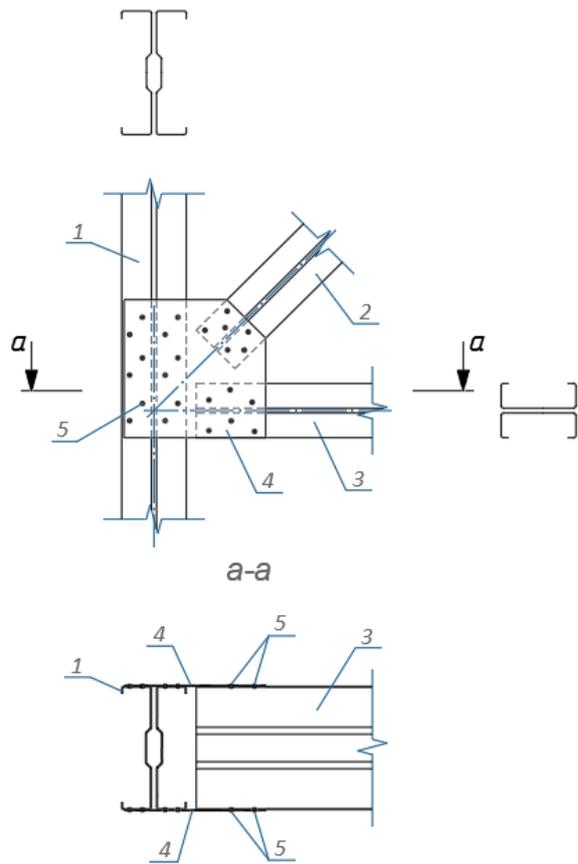


Рис. 10.7 Узел сопряжения вертикальных связей со стойками: 1 – стойка из спаренных Сигма-профилей, 2 – элемент связевого блока: 3 – распорка, 4 – накладка, 5 – самонарезающие винты

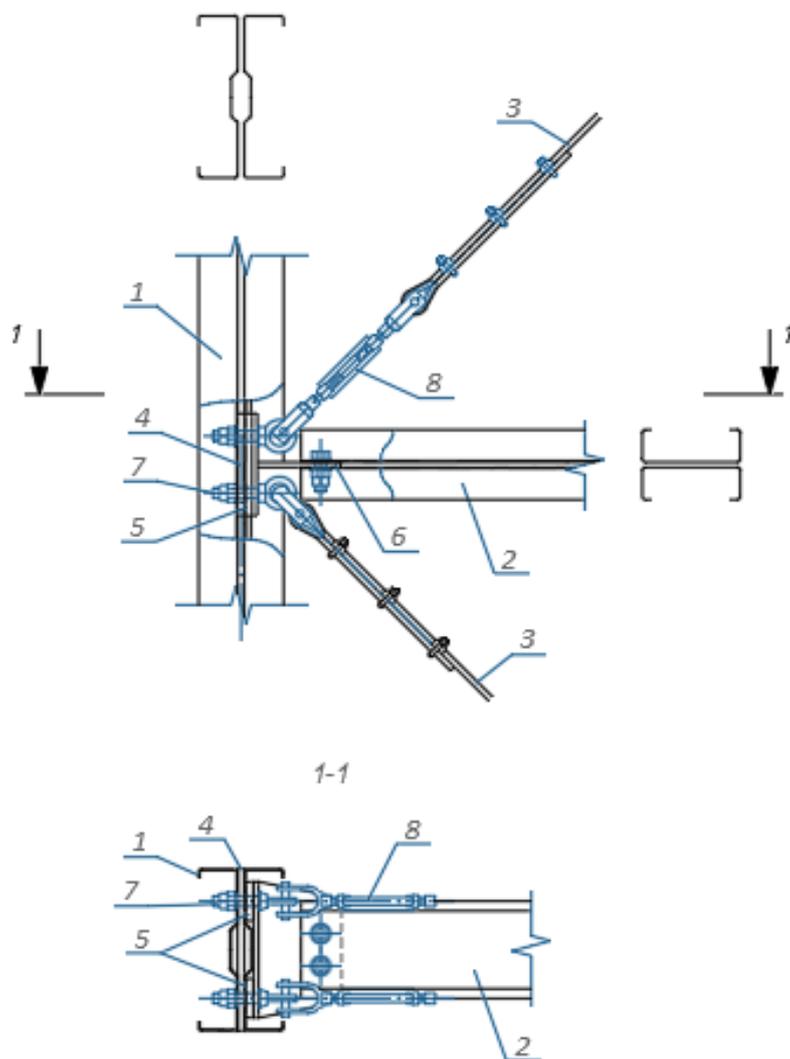


Рис. 10.8 Узел сопряжения вертикальных гибких связей со стойками: 1 – стойка из спаренных Сигма-профилей, 2 – распорка, 3 – тросовая связь, 4 – накладка, 5 – монтажные прокладки, 6 – косынка, 7 – болты, 8 – талреп-вилка

10.1.6 Сопряжение связей покрытия выполняется аналогично, при помощи самонарезающих винтов через фасонки из оцинкованного проката.

10.1.7 Крепление стенового прогона к стойке выполняется через вспомогательные оцинкованные уголки, рис. 10.9.

10.1.8 При конструировании узлов следует соблюдать требования к расстановке метизов в соединениях в соответствии с п. 10.2 СП 260.1325800, а именно необходимо обеспечивать минимально допустимые расстояния между метизами и до краев соединяемых элементов, см. табл. 10.2 СП 260.1325800.

10.1.9 Контроль за состоянием болтов и соединяемых элементов производится визуально и заключается в проверке наличия болтов в узлах, а также

в выборочной проверке их натяжения и сохранности (отсутствии трещин, порывов) соединяемых элементов. Контроль производить не реже 1 раза в год.

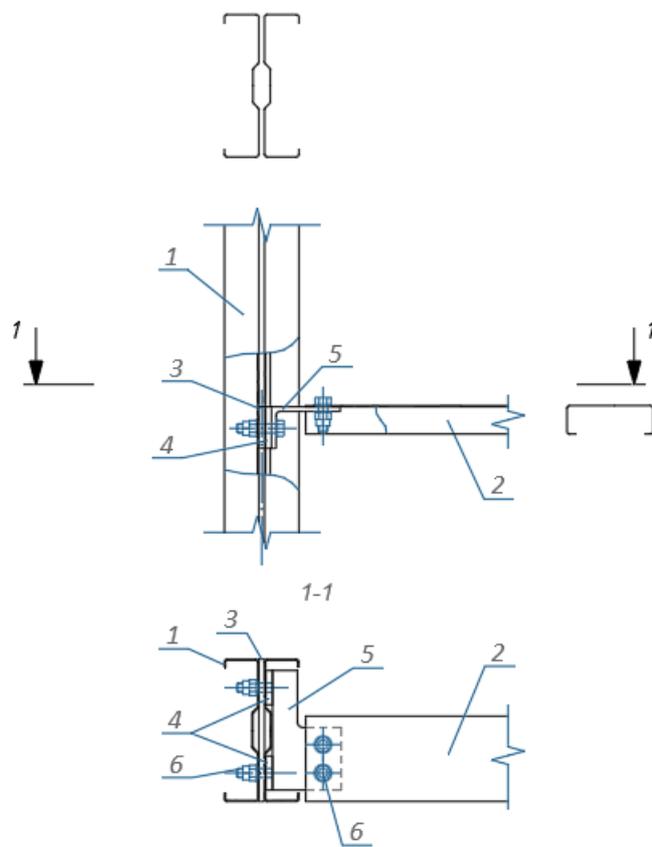


Рис. 10.9 Узел крепления стенового прогона к стойке: 1 – стойка, 2 – прогон, 3 и 4 – фасонки, 5 – уголок, 6 – болты

10.2 Особенности моделирования узлов в программных комплексах

10.2.1 В узловых соединениях рамных зданий сопрягаются между собой элементы с разными характеристиками и особенностями: стальные холодногнутые профили, болты и черные фасонки из углеродистой стали, которые что необходимо учитывать при создании расчетной схемы в программном комплексе в целях получения корректного результата расчета.

10.2.2 При моделировании узлов рамных зданий на болтах в программных комплексах, основанных на МКЭЮ такие как SCAD. ЛИРА САПР, Лира Софт и пр., рекомендуется стержневые элементы рамного каркаса моделировать стержневыми конечными элементами (КЭ), а фасонки из углеродистой стали - пластинчатыми КЭ, болтовые соединения моделируются использованием функции «объединение перемещений» и специально созданных дополнительных элементов прямоугольного сечения. Моделирование с использованием стержневых и конечных элементов приведено на рис. 10.5 на примере узла сопряжения стойки и ригеля. Схема определения сечения дополнительных элементов приведена на рис.10.6.

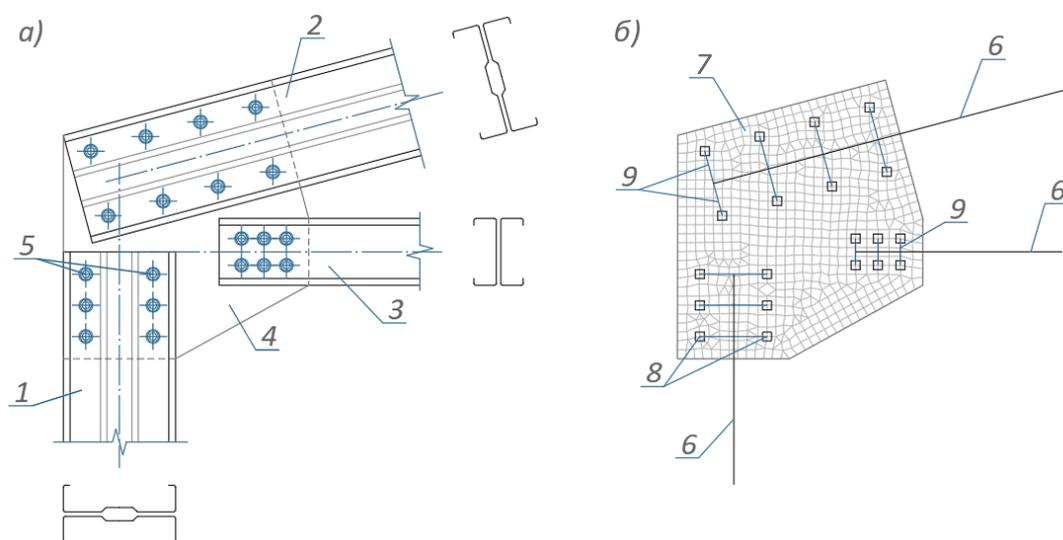


Рис. 10.5 Узел сопряжения стойки и ригеля: а) конструктивная схема, б) расчетная схема: 1 – стойка из спаренных Сигма-профилей; 2 – верхний пояс ригеля из спаренных Сигма-профилей; 3 - нижний пояс ригеля из спаренных С-профилей; 4 - фасонка из малоуглеродистой стали; 5 – болты; 6 – стержневой КЭ; 7 – пластинчатый КЭ; 8- объединение перемещений в узлах; 9 – стержневой элемент прямоугольного сечения $2txb$

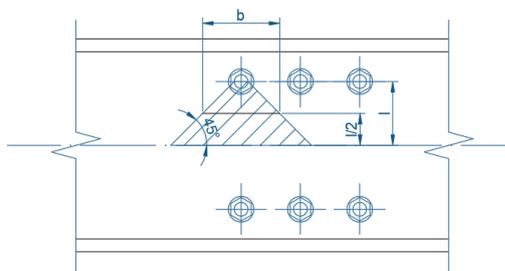


Рис. 10.6 К определению сечения дополнительных элементов

Моделирование элементов решетчатого ригеля допускается моделировать стержневыми КЭ. Но при использовании сквозных коробчатых сечений в расчете необходимо обязательно учитывать расстояние между ними, рис. 10.7.

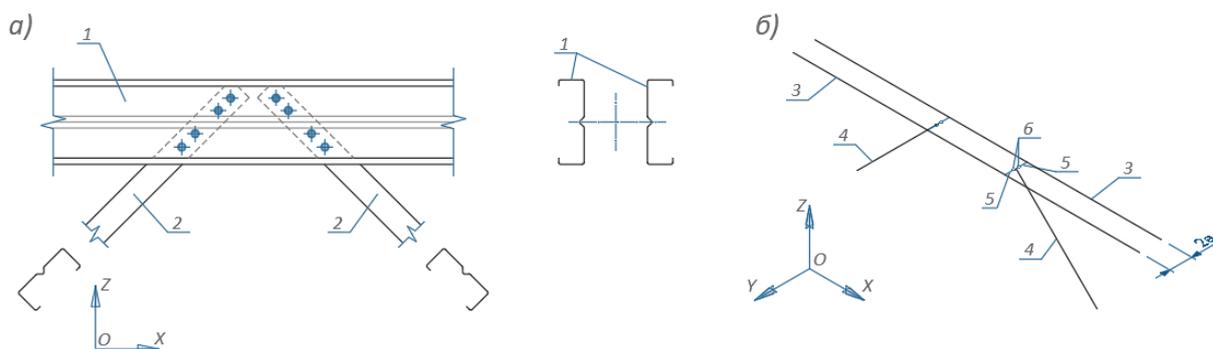


Рис. 10.7 Узел решетчатой рамы с поясами из С-профилей: а) конструктивная схема, б) расчетная схема (изометрия): 1 – элемент пояса; 2 – элемент решетки; 3 – стержневой КЭ пояса; 4 – стержневой КЭ решетки; 5 – стержневой КЭ бесконечно большой жесткости; 6 – шарнир UZ

10.2.3 В целом учитывая сложность зловых соединений рамных зданий рекомендуется использовать специальные программные комплексы для расчета узлов, такие как IDEA StatiCa, Ansys, АПМ Joint и пр. Пример расчета узла сопряжения стойки и ригеля в IDEA Statica приведено на рис. 10.8.

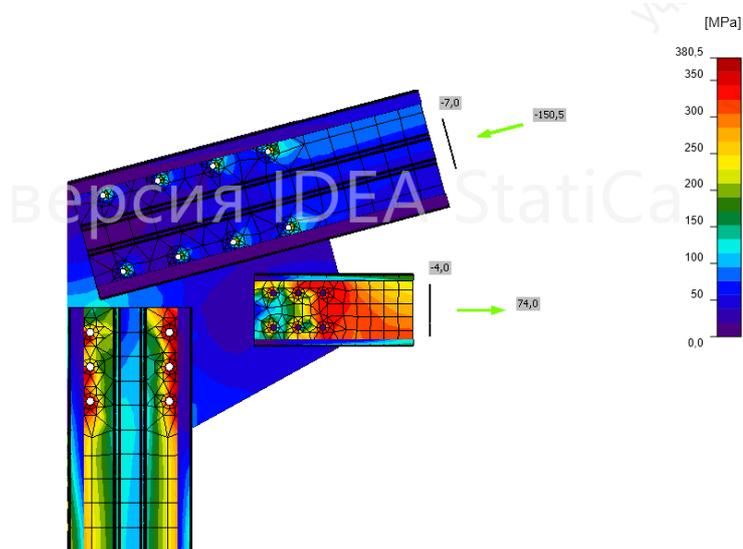


Рис. 10.5 Пример расчета узла сопряжения стойки и ригеля в IDEA Statica

11. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ

11.1 Защита от коррозии оцинкованных профилей рамного каркаса

11.1.1 Защиту от коррозии конструкций из стальных холодногнутых оцинкованных профилей выполняют с учетом требований СП 28.13330. Также рекомендуется учитывать требования ГОСТ ISO 9223-2017, 9224-2022, 9225-2022.

11.1.2. Защита от коррозии выполняется с учетом вида и степени агрессивности среды. При проектировании защиты от коррозии для нового строительства исходными данными являются:

1) сведения о климатических условиях района по СП 131.13330;

2) характеристики газовой агрессивной среды (газы, аэрозоли): вид и концентрация агрессивного вещества, температура и влажность среды в здании (сооружении) и снаружи с учетом преобладающего направления ветра, а также с учетом возможного изменения характеристик среды в период эксплуатации строительных конструкций;

3) механические, термические и биологические воздействия на конструкции.

11.1.3. Защитой от коррозии для холодногнутых профилей является цинковое покрытие от 19 до 42 мкм в зависимости от класса покрытия, наносимое в заводских условиях на линиях непрерывного цинкования.

Цинковое покрытие является эффективной антикоррозионной защитой на протяжении всего срока службы здания при соблюдении соответствующих требований при хранении, транспортировке, монтаже и эксплуатации профилей.

В тех средах, в которых цинкового покрытия недостаточно, следует использовать прокат с алюмоцинковым и цинкалюмомагниевым покрытием.

11.1.4. При транспортировке и хранении холодногнутых профилей необходимо обеспечить транспортную упаковку, максимально исключая возможность механического повреждения поверхности профилей. Как правило, используют палеты. Профили должны храниться так, чтобы в них не могли скапливаться ни грязь, ни вода.

11.1.5. Поверхность свежооцинкованных изделий отличается заметным блеском, который за несколько недель превращается в матовый серый цвет. Этот «пассивирующий слой» возникает при реакции цинка с водой, кислородом и двуокисью углерода. Контакт нового стального профиля с влагой при дефиците кислорода и двуокиси углерода приводит к образованию белой ржавчины. Если ее можно легко удалить, не оставляя заметных следов на основном материале, то

антикоррозионная защита не нарушена. При обнаружении значительных изменений в грунтовом слое необходимо проверить антикоррозионную защиту.

При хранении профили должны в достаточной степени "проветриваться" воздухом. Хранение новых профилей в условиях с достаточным количеством воздуха помогает предотвратить образование белой ржавчины.

11.1.6 Защитой от коррозии для фасонки и деталей из углеродистой стали является цинковое покрытие, наносимое в заводских условиях в ваннах горячего цинкования, либо покрытие специальными холодными составами, содержащими цинк, например, Цинол, Барьер-Цинк [2], на заводе или на монтаже.

11.1.7 Места установки саморезов и болтов также должны быть очищены от металлической стружки, пыли, грязи и покрыты холодными защитными составами, содержащими цинк.

11.1.8 В случае использования в качестве ограждающих конструкций навесных каркасно-обшивных стен, во время строительства и в течение эксплуатации здания необходимо обеспечить недопущение образования влаги и конденсата в слое теплоизоляции между элементами каркаса. Это достигается расчетом на определение точки росы и конструктивными мероприятиями: устройством пароизоляции и обеспечением проветривания конструкции.

11.1.9 Пароизоляционный материал в конструкциях покрытия отапливаемых зданий устанавливается обязательно. Пароизоляционный слой должен быть непрерывным и водонепроницаемым. Установка пароизоляции в ограждающих конструкциях зданий холодильников регламентируется СП 109.1325800.

11.1.10 Необходимость установки диффузионной ветроводозащиты в составе покрытия определяется проектом на основании конструктивного решения, теплотехнического расчета с учетом требований по долговечности.

11.1.11 Защитой от коррозии для профилированного листа и сэндвич панелей, кроме цинкового покрытия, является дополнительное полимерное покрытие, наносимое в заводских условиях на линиях непрерывного окрашивания, которое предотвращает износ пассивирующего слоя цинкового покрытия.

Дополнительное покрытие состоит из грунта и отделочной и/или защитной эмали. В качестве грунта применяют грунтовки: полиэфирный грунт; эпоксидный грунт; полиуретановый грунт; акриловый грунт. Отделочные эмали: полиэфирная эмаль; полиуретановая эмаль; поливинилденфторидная эмаль; ПВХ пластизоль. Защитные эмали обратной стороны: полиэфир, эпоксидная и эпоксиполиэфирная эмали.

11.1.12 Как правило, покрытие лакокрасочными покрытиями профилей не применяется, так как невозможно обеспечить сцепление лакокрасочного слоя с цинковым слоем.

11.1.13 Конструкции зданий в целом, элементы и узлы соединения должны быть доступными для осмотров и возобновления защитных покрытий. При отсутствии возможности обеспечения этих требований конструкции должны быть защищены от коррозии конструктивно на весь период эксплуатации, например, обшивками, обладающими водостойкими свойствами, например, ГВЛВ по ГОСТ Р 51829-2001, ЦСП, Аквапанель®.

11.1.14 Также в качестве конструктивной защиты от коррозии используют способ, применяемый в зданиях холодильниках, см. п. 6.7 Руководства, а именно устройство ограждающих конструкций изнутри помещений для защиты от коррозии несущих конструкций каркаса. Такой способ применяют в зданиях, где размещаются технологические процессы со средне и сильноагрессивной средой воздействия элементы каркаса, например, сельскохозяйственные здания, здания фармацевтической или пищевой промышленности. Степень агрессивного воздействия определяется в соответствии с СП 28.13330.

11.2 Пожарная безопасность и огнестойкость рамного каркаса

11.2.1 Степень огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности, высоту зданий и площадь этажа в пределах пожарного отсека для производственных зданий в зависимости от категории по взрывопожарной и пожарной опасности следует принимать в соответствии с СП 2.13130.2020 в зависимости от назначения здания с учетом области применения Руководства.

При определении этажности здания учитываются площадки, ярусы этажерок и антресоли, площадь которых на любой отметке превышает 40% площади этажа здания. В этом случае здание проектируется в соответствии с противопожарными требованиями для многоэтажных зданий в части требований к площади этажа в пределах пожарного отсека, а площадки этажерок и антресолей должны иметь пределы огнестойкости, соответствующие пределам огнестойкости межэтажных перекрытий.

В площадь этажа здания в пределах пожарного отсека не включаются наружные рампы для автомобильного и железнодорожного транспорта.

При оборудовании производственных зданий автоматическими установками пожаротушения указанные в таблице 6.1 площади этажей в пределах пожарных

отсеков допускается увеличивать на 100%, за исключением зданий IV и V степеней огнестойкости.

11.2.2 Степень огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности, допустимую высоту зданий и площадь этажа в пределах пожарного отсека для животноводческих, птицеводческих и звероводческих зданий в зависимости от категории по взрывопожарной и пожарной опасности следует принимать в соответствии с таблицей 6.2 СП 2.13130.2020, а для зданий категории Г - в соответствии с таблицей 6.1 СП 2.13130.2020.

11.2.3 Степень огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности, высоту складских зданий (класс Ф5.2) и площадь этажа здания в пределах пожарного отсека в зависимости от категории по взрывопожарной и пожарной опасности следует принимать в соответствии с таблицей 6.3 СП 2.13130.2020.

11.2.4 Требования к путям эвакуации в зданиях приведены в СП 1.13130.2020.

11.2.5 Согласно п. 5.10 СП 56.13330 в помещениях категорий А и Б по взрывопожарной и пожарной опасности следует предусматривать наружные легкобрасываемые ограждающие конструкции. В качестве легкобрасываемых конструкций следует, как правило, использовать одинарное остекление окон и фонарей. При недостаточной площади остекления допускается в качестве легкобрасываемых конструкций использовать конструкции покрытий с кровлей из стальных, алюминиевых, хризотилцементных и битумных волнистых листов, из гибкой черепицы, металлочерепицы, хризотилцементных и сланцевых плиток и эффективного негорючего утеплителя.

Площадь легкобрасываемых конструкций следует определять расчетом. При отсутствии расчетных данных площадь легкобрасываемых конструкций должна составлять не менее 0,05 м² на 1 м³ объема помещения категории А и не менее 0,03 м² - помещения категории Б.

Оконное стекло относится к легкобрасываемым конструкциям при толщине 3, 4 и 5 мм и площади не менее (соответственно) 0,8, 1 и 1,5 м². Армированное стекло, стеклопакеты, триплекс, сталинит и поликарбонат к легкобрасываемым конструкциям не относятся.

Заполнение проемов двумя отдельными оконными блоками с одинарным остеклением должно обосновываться расчетом.

11.2.6 Рулонный ковер на участках легкобрасываемых конструкций покрытия следует разрезать на карты площадью не более 180 м² каждая по СП 56.13330.

11.2.7 Расчетная нагрузка от массы легкобрасываемых конструкций покрытия должна составлять не более 0,7 кПа.

11.2.8 Допускается установка легкобрасываемых поворотных (с вертикальным или горизонтальным шарниром) на угол не менее 90° конструкций или смещаемых оконных конструкций (например, стеклопакет или рама со стеклопакетом, выпадающим наружу при воздействии на него избыточного давления дефлаграционного взрыва), соответствующих ГОСТ Р 56288.

Предохранительные запорные устройства должны обеспечивать открывание поворотной створки или сброс смещаемого элемента наружу при достижении в помещении избыточного давления 0,7 кПа.

Расчет необходимого числа и площади поворотных или смещаемых легкобрасываемых оконных конструкций следует выполнять в соответствии с приложением А ГОСТ Р 56288-2014.

11.2.9 Пути эвакуации должны проходить вне зоны опасного воздействия при раскрытии легкобрасываемых конструкций и срабатывании иных устройств сброса давления, предназначенных для взрывозащиты помещений и наружных установок.

Огнестойкость

11.2.10 Мероприятия по обеспечению огнестойкости зданий следует предусматривать на основании принятой в проектной документации степени огнестойкости здания в соответствии с требованиями СП 2.13130.

Должны применяться строительные конструкции с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности, соответствующими требуемым степени огнестойкости зданий, сооружений и классу их конструктивной пожарной опасности

11.2.11 При строительстве зданий в сейсмическом районе при применении средств огнезащиты должны выполняться требования п. 9 СП 14.13330.

11.2.12 Соответствие степени огнестойкости зданий и предела огнестойкости применяемых в них строительных конструкций приведено в таблице 21 (Федеральный закон от 22.07.2008 г. №123-ФЗ).

Степень огнестойкости здания	Предел огнестойкости строительных конструкций*, не менее						
	Несущие элементы здания	Наружные несущие стены	Перекрытия междуэтажные (в том числе чердачные и над подвалами)	Элементы бесчердачных покрытий		Лестничные клетки	
				Настилы (в т. ч. с утеплителем)	Фермы, балки, прогоны	Внутренние стены	Марши и площадки лестниц
I	R 120	E 30	REI 60	RE 30	R 30	REI 120	R 60
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 90	R 60

III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 60	R 45
IV	R 15	E 15	REI 15	RE 15	R 15	REI 45	R 15
V	Не нормируется						

11.2.13 Класс пожарной опасности и предел огнестойкости внутриквартирных, в том числе шкафных, сборно-разборных, с дверными проёмами и раздвижных, перегородок не нормируются.

11.2.14 Учитывая конструктивные особенности холодногнутых профилей, для стальных несущих конструкций следует использовать только конструктивную огнезащиту: плитные, рулонные или листовые материалы. Вспучивающиеся огнезащитные покрытия не применяются.

11.2.15 Для стальных конструкций, в том числе с огнезащитой, предельным состоянием будет достижение критической температуры стали. Но с учетом тонкостенности применяемых профилей, собственный (фактический) предел огнестойкости стальных строительных конструкций, как правило, не превышает 15 минут, в связи с этим, для приведения конструкции в соответствие с требуемым пределом огнестойкости предусматривают конструктивную огнезащиту.

11.3 Огнезащита конструкций из стальных холодногнутых профилей

11.3.1 Выбор типа конструктивной огнезащиты и ее толщины осуществляется с учётом режима эксплуатации здания, исходя из рассчитанной приведённой толщины конструкции, критической температуры и требуемого предела огнестойкости, в соответствии с рекомендациями настоящего Руководства, а также с учётом установленных сроков эксплуатации огнезащитного покрытия.

11.3.2 При проектировании строительных конструкций из стальных холодногнутых профилей необходимо учитывать требования СТО АРСС 11251254.001-020-01 «Огнестойкость строительных конструкций из стальных холодногнутых оцинкованных профилей» (ВНПБ 127-22). Настоящий стандарт устанавливает общие требования к обеспечению требуемых пределов огнестойкости строительных конструкций из стальных холодногнутых оцинкованных профилей и выполнению проекта огнезащиты стальных конструкций из холодногнутых оцинкованных профилей производственных, жилых и общественных зданий, и применяется при формировании соответствующего раздела проектной и (или) рабочей документации. Стандарт также содержит в приложении каталог технических решений конструкций на основе ЛСТК с указанием фактического предела огнестойкости.

11.3.3 Также рекомендуется пользоваться СТО АРСС 11251254.001-018-03 «Проектирование огнезащиты несущих стальных конструкций с применением различных типов облицовок (ВНПБ 73-18)».

11.3.4 Метод расчёта фактических пределов огнестойкости стальных конструкций из стальных холодногнутых профилей заключается в определении вида и оптимальной толщины огнезащиты. С этой целью проводят расчёты по определению критической температуры стали исследуемой конструкции, в результате которой наступает предел ее огнестойкости (прочностной расчёт) и определении времени от начала теплового воздействия до достижения критической температуры (теплотехнический расчёт), см. Методику в СТО.

11.3.5 Проектная и (или) рабочая документация по огнезащите несущих стальных конструкций (далее – проект огнезащиты) выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 21.1101 с использованием расчётного метода определения фактических пределов огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой.

11.3.6 При проектировании и монтаже следует обратить внимание, чтобы огнезащита плотно прилегала к стальным элементам, не допуская нагрева стальной поверхности.

11.3.7 Также необходимо тщательно проектировать стыки конструкций и проходы коммуникаций для обеспечения защиты от распространения огня и дыма.

11.3.8 В качестве огнезащиты строительных конструкций из стальных холодногнутох профилей применяют комбинированные конструктивные огнезащитные решения – применение различных технических решений по повышению огнестойкости конструкций на основе огнезащиты, рис. 11.2, а также сочетание со строительными способами повышения огнестойкости конструкций, а именно работа с конструктивной схемой здания, корректное определение типа несущей конструкции и требуемый предел ее огнестойкости.

Достаточно часто для снижения требуемого предела огнестойкости конструкцию не включают в работу конструктивной схемы здания для обеспечения пространственной жесткости и устойчивости. Так, например, прогоны могут не участвовать в обеспечении общей устойчивости здания, когда эту работу выполняют распорки.

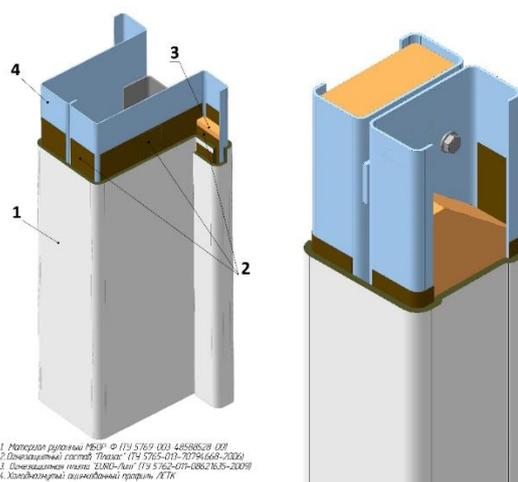


Рис. 11.2. Пример технических решений по огнезащите стоек составного сечения из холодногнутого профилей с заполнением, система от «Тизол»

11.3.9 Из-за особенностей поведения стальных тонкостенных конструкций в условиях пожара в качестве несущих конструкций рекомендуется использовать конструкции, сечение которых будет иметь приведенную толщину металла (ПТМ) не менее 2,0 мм (рассчитывается ПТМ с учётом возможных сторон обогрева, см СТО).

11.3.10 Для стальных тонкостенных конструкций для повышения эффективности огнезащиты рекомендуется выполнять заполнение свободного пространства негорючими материалами, рис. 11.3, для уменьшения площади обогреваемой конструкции, при этом в расчёте это заполнение рекомендуется не учитывать.

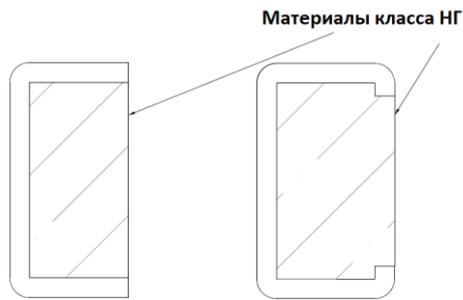


Рис. 11.3. Пример заполнения пространства в сечении конструкции

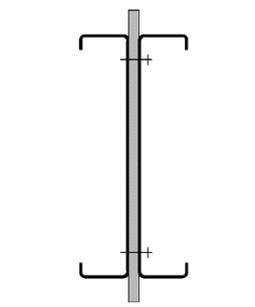
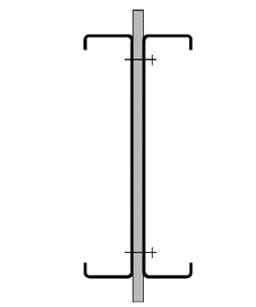
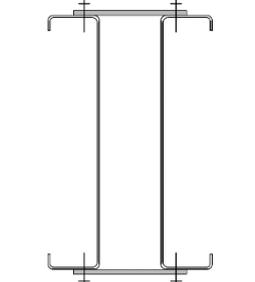
11.3.11 Учитывая тонкостенность профиля, рекомендуется применять усиление сечения для повышения ПТМ путем применения фасонки из обычной углеродистой стали, толщиной не менее 4 мм, см. табл. 1.

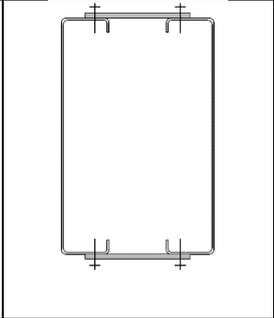
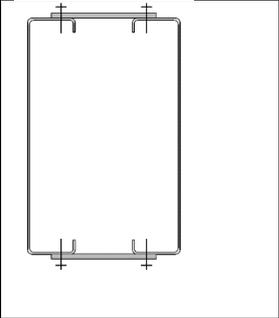
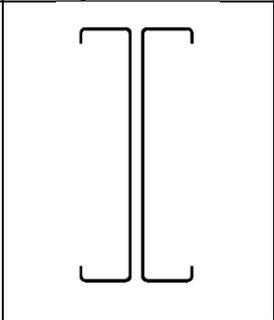
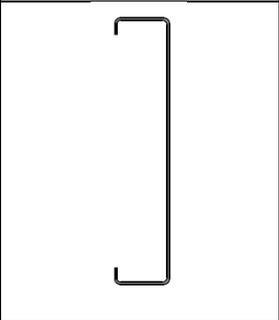
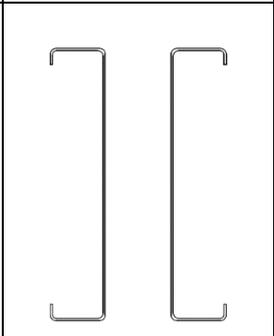
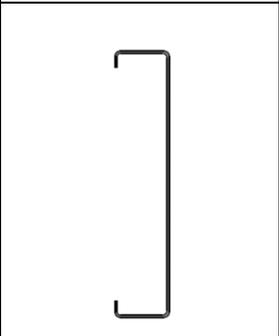
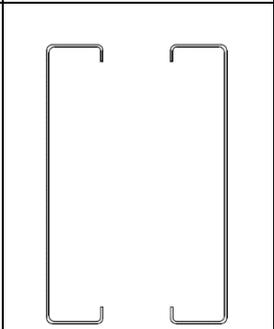
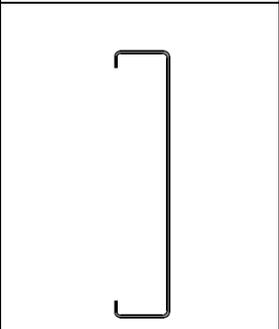
11.3.12 При двутавровом сечении рекомендуется применять вставку-усиление между профилями в виде стальной пластины на всю длину конструкции. При коробчатом сечении аналогично, рекомендуются накладки на всю длину.

В случае невозможности обеспечения закрытого коробчатого сечения на всю длину конструкции или невозможности применения вставки-усиления на всю длину - считать ПТМ по участку без усиления, см. табл.1.

Таблица 1

Возможные типы усиления конструкций (сплошное или с шагом)

Сплошное усиление на всю длину	Сечение вразрез	Как считать сечение
		
		

		
<p style="text-align: center;">Усиление с шагом</p>	<p style="text-align: center;">Сечение вразрез на участке без усиления</p>	<p style="text-align: center;">Как считать сечение</p>
		
		
		

11.3.13 При проектировании огнезащиты необходимо учитывать возможные перемещения стальных тонкостенных конструкций при работе под нагрузкой в соответствии СТО АРСС 11251254.001-020-01 «Огнестойкость строительных конструкций из стальных холодногнутых оцинкованных профилей (ВНПБ 127-22)».

11.3.14 При проектировании огнезащиты необходимо учитывать вес применяемой огнезащиты и выполнять соответствующий перерасчет конструкции.

Методика проектирования огнезащиты

11.3.15 Концепция проектирования огнезащиты стальных тонкостенных конструкций с учетом СТО АРСС 11251254.001-020-01 базируется на выполнении следующих шагов:

а) Анализ проектно-технической документации и разложение общей схемы каркаса на составляющие стержневые конструкции (составление ведомости стальных конструкций);

б) Установление требуемых пределов огнестойкости элементов здания и определение номенклатуры элементов каркаса, для которых требуется проведение огнезащиты;

в) Расчет фактических пределов огнестойкости незащищённых стальных конструкций с целью определения критических температур каждого элемента;

г) Подбор оптимальных средств огнезащиты для конструкций с учетом специфики эксплуатации объекта, по данным ранее проведенных исследований огнезащиты;

д) При подборе рулонных средств огнезащиты уделить внимание указанию об возможности применения компонентов системы на оцинкованных стальных поверхностях конструкций или способу крепления средств огнезащиты к этим конструкциям, не влияющим на их (конструкций) работу в качестве элемента, принимающего нагрузку. Если в документации на огнезащитное средство прямо не указана возможность и способы нанесения покрытия/монтажа на оцинкованную поверхность, то такое огнезащитное средство недопустимо к применению;

е) Расчет требуемой толщины листового, плитного или рулонного огнезащитного покрытия в зависимости от напряженно-деформированного состояния конструкции и ее геометрических параметров.

ж) При разработке проекта огнезащиты все необходимые исходные данные и расчетные характеристики типовых конструкций вносятся в специальную ведомость, в которой производится сравнение и обобщение полученных показателей по огнестойкости и толщине огнезащиты (см. таблицу 4 – основные параметры для сравнения). Возможен расширенный вариант таблицы, приведенный в приложении В.

и) При включении технических решений по огнезащите в комплект рабочей документации марки «КМ» и/или «АС» все расчеты выполняются в соответствии с действующими требованиями для рабочей документации.

12. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА МОНТАЖА РАМНЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Общие требования по монтажу конструкций рамных зданий

12.1 Рамные здания из стальных холодногнутых профилей относят к стальным конструкциям, но они имеют свою специфику, связанную с тонкостенностью вышеуказанных профилей, которую необходимо учитывать и при монтаже.

12.2 Монтаж конструкций рамных зданий должен производиться с учетом требований по монтажу стальных конструкций согласно требований СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции», СП 53-101-98 «Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций» и соблюдением мер по технике безопасности в соответствии с требованиями СНиП 12-03-2001 и СНиП 12-04-2002, а также с учетом дополнительных требований по монтажу легких стальных тонкостенных конструкций согласно требований п.4.23 СП 70.13330.2012.

12.3 Монтаж конструкций рамных зданий должен производиться специализированной монтажной организацией, имеющей разрешение на выполнение данного вида работ, и имеющий опыт возведения конструкций из стальных холодногнутых профилей, либо с привлечением на шеф-монтаж специалиста, имеющего опыт работы с ЛСТК (не менее 2-х лет проектирования или не менее 2-х лет монтажа различных конструкций из стальных холодногнутых профилей на не менее 3-х объектах с учетом требований Профессионального стандарта 16.130 «Специалист по проектированию строительных конструкций из металлических тонкостенных профилей» (приказ Минтруда России от 31.08.2021 г. № 606н).

12.4 Рамные здания из стальных холодногнутых профилей монтируются двумя способами в зависимости от способа предварительной сборки элементов:

Первый способ – поэлементная сборка на месте: конструкции рамного здания собираются в готовую конструкцию из отдельных элементов (профили, фасонки и пр.) на участке предварительной сборки непосредственно в зоне строительства, а затем монтируются. После этого выполняется зашивка каркаса ограждающими конструкциями, огнезащита и, при необходимости, отделка.

Второй способ - укрупнительная сборка на месте: конструкции рамного здания предварительно изготавливаются на заводе и приходят на площадку в виде готовых конструкций (стоек, ригелей, прогонов и пр.), где монтируются в здание. Далее происходит монтаж ограждающих стеновых и кровельных конструкций,

огнезащиты и, при необходимости, отделка. Большепролетные ригели могут поставляться на стройку полуфабрикатами в целях осуществления доставки в рамках разрешенного транспортного габарита.

Выбор способа сборки осуществляется в зависимости от климатических и территориальных условий площадки строительства и экономического обоснования.

12.5 На строительную площадку конструкции поставляются с завода отправочными марками в соответствии с чертежами марок КМ, КМД (п.4.23.1 СП 70.13330.2012) в зависимости от способа укрупнительной сборки: либо отдельными профилями и деталями, упакованными в пачки, содержащие элементы одного типа; либо полуфабрикатами или готовыми конструкциями.

12.6 Разработка чертежей марок КМ, КМД конструкций рамных зданий должно производиться организацией, имеющей разрешение на выполнение данного вида работ, и имеющей в своем составе «Специалистов по проектированию строительных конструкций из металлических тонкостенных профилей» по Профессиональному стандарту 16.130 (приказ Минтруда России от 31.08.2021 г. № 606н).

12.7 Согласно требований п. 5.5 СП 260.1325800 в проекте должен быть указан класс точности конструкций по изготовлению, в зависимости от которого и номинального размера конструкции по ГОСТ 23118-2019 (таблица Б.2, приложение Б) выбирают значение максимального начального искривления конструкции.

12.8 Входной контроль поступающих на строительную площадку материалов (комплектов) для здания ведется с этапа разгрузки. Контролируется целостность заводских упаковок, состояние отдельных элементов, а также местные изгибные несовершенства, связанные с особенностями производства тонкостенных холодногнутых профилей с учетом подраздела 5.5 СП 260.1325800.

Не допускаются к установке в каркас элементов, имеющие изгибно-крутильные деформации, загибы, заломы кромок, гофры, вмятины на угловых участках и прочие дефекты, нарушающие их проектную геометрию, а также целостность антикоррозионного защитного покрытия. Если производственные несовершенства превышают допустимые по разделу 5.5 СП 250.1325800, принимается решение об их замене.

Проверяется также комплектность поставки, в которую входят:

- профили и прочие изделия по спецификации Заказчика;
- упаковка;
- сопроводительная документация.

Каждый комплект изделий, отгружаемый в один адрес, должен сопровождаться документом о качестве, составленным по ГОСТ 23118.

В комплект должны входить также соединительные элементы и крепежные изделия (самонарезающие винты, болты, заклепки) в количестве достаточном для соединения конструкций комплекта. К комплекту прилагаются техническая документация (паспорт, сертификаты, монтажные схемы, инструкции по сборке) и проектная документация (АР, КМ, КМД, ППР).

12.9 Холодногнутые профили с завода поставляются полностью готовыми к сборке с отверстиями под болты, либо с пуклевкой, в зависимости от конструктивного решения. Не рекомендуется пробивка отверстий на площадке.

12.10 При погрузке, транспортировке, разгрузке, хранении, а также сборке и монтаже конструкций из стальных холодногнутых профилей необходимо принимать меры по исключению возможности нанесения механических повреждений профилям, стеновым и кровельным панелям, нарушения антикоррозионного покрытия элементов комплекта.

12.11 Упаковка, транспортировка и разгрузка конструкций или укрупненных блоков из стальных холодногнутых профилей с завода должна обеспечивать их доставку без дефектов согласно технической документации на изготовление.

Укрупнительная сборка ЛСТК и монтаж

12.12 Все технологические процессы и операции укрупнительной сборки и монтажа должны быть разработаны в ППР.

12.13 Монтаж рамного каркаса производится согласно ППР на готовом и принятом фундаменте (основании).

12.14 Предельные отклонения фактического положения смонтированных конструкций из холодногнутых профилей не должны превышать при приемке значений, указанных в таблице 4.9 СП 70.13330. Места, подлежащие обязательному контролю, должны быть указаны в чертежах марок КМ, КМД.

Контроль отклонений осей от вертикали колонн (стоек) определяют по их боковым граням при помощи ручного измерительного инструмента – линейки, угольника, лазерного уровня. Контроль угловых и линейных погрешностей - с применением геодезических приборов и инструментов.

Сборка узлов и соединений ЛСТК

12.15 При сборке и монтаже конструкций из стальных холодногнутых профилей с применением самосверлящих и самонарезающих винтов необходимо руководствоваться требованиями п.4.7 СП 70.13330. и п.10 СП 260.1325800.

Качество применяемого крепежа должно отвечать требованиям соответствующих стандартов на крепеж и быть подтверждено документом о качестве (сертификатом) завода – изготовителя.

12.16 В случае отказа при установке самосверлящего и самонарезающего винта он может быть заменен на самосверлящий и самонарезающий винт большего диаметра с пресс-шайбой с учетом обеспечения краевого расстояния.

12.17 Зазор между поверхностью присоединяемого элемента и самосверлящего и самонарезающего винта после его установки не допускается.

Закручивание данных винтов производится только после обжатия соединяемых плоскостей с помощью струбцин.

12.18 Винт должен устанавливаться строго перпендикулярно соединяемым плоскостям и выходить из стянутого пакета не менее чем на 2 витка резьбы, рис. 12.1.

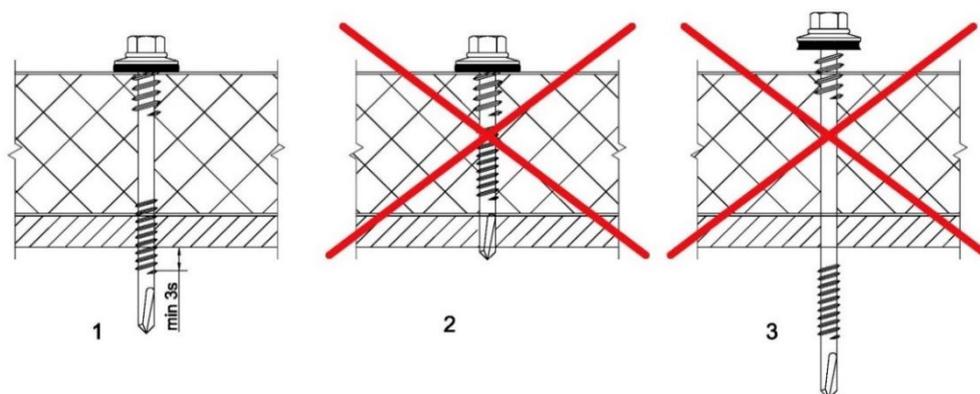


Рис. 12.1 – Схема установки самонарезающих винтов: 1 – корректная установка, 2, 3 – ошибочная установка: длина недостаточна и длина избыточна

12.19 При соединении элементов из листов разной толщины с помощью самосверлящих и самонарезающих винтов, их необходимо устанавливать со стороны более тонкого элемента.

12.20 Минимальный крутящий момент устанавливается на инструменте в зависимости от диаметра винта и принимается в интервале от 1,5 до 14 Н·м для винтов диаметром от 4,2 до 6,3 мм. Точные указания относительно моментов закручивания самосверлящих и самонарезающих винтов по их конкретным диаметрам принимаются на основе данных производителей винтов и с учетом рекомендаций ГОСТ Р 59905-2021 и приводятся в чертежах КМ, КМД.

12.21 При сборке и монтаже конструкций из стальных холодногнуто́тых профилей с применением болтов необходимо руководствоваться п.4.5 и п. 4.6 СП 70.13330. Применяются оцинкованные болты нормальной точности. Вид примененного болтового соединения, а также класс прочности и усилие затяжки используемых болтов указываются в рабочей документации.

12.22 Сборка болтовых соединений выполняется через специальные соединительные фасонки из листовой углеродистой стали толщиной не менее 6мм, изготовленные заводским способом и входящие в комплект поставки.

12.23 В случае применения в проекте для крепления и сборки конструкций из стальных холодногнуто́тых профилей комбинированных (вытяжных) заклепок необходимо руководствоваться п. 4.7 СП 70.13330 и п.10 СП 260.1325800.

12.24 В процессе сборки и монтажа конструкций из стальных холодногнуто́тых профилей необходимо осуществлять следующие виды контроля качества крепежа:

а) входной контроль включает:

- проверку паспорта, документа о качестве (сертификат) на крепежные изделия и их соответствие требованиям чертежей КМ, КМД;

- определение требований к разметке мест установки самосверлящих и самонарезающих винтов , болтов или заклепок;

- определение ответственных узлов и конструкций.

б) контроль в процессе сборки включает:

- проверку количества штук установленного крепежа;

- подбор вращающего момента на инструменте для правильной установки самосверлящих и самонарезающих винтов и болтов;

- визуальный контроль соединений;

- разметку мест расположения самонарезающих винтов и заклепок в соответствии с чертежами КМ, КМД.

в) приемочный контроль включает:

- визуальный контроль соответствия конструкции чертежам КМ, КМД;

- контроль количества и качества установки крепежных элементов в каждом расчетном соединении;

- выборочный контроль затяжки болтов и завинчивания самонарезающих винтов ручным тарированным инструментом;

- контроль линейных и угловых размеров конструкций;

- оформление акта на ответственные узлы и конструкции.

Требования к составу проектной и технической документации

12.25 Работы по укрупнению сборочных единиц и монтажу каркаса из стальных холодногнутох профилей следует выполнять в соответствии с проектной документацией марок: АР, АС, КМ, КМД, ППР и технической документацией: технологические карты, инструкции по сборке, альбомы узлов и т.д.

12.26 Техническая документация должна учитывать схемы и правила сборки узлов с применением типов крепежных изделий (болты, заклепки, самосверлящие и самонарезающие винты, комбинированные методы соединений).

12.27 Техническая и проектная документация наряду с общими требованиями должна задавать последовательность и методику сборки, монтажа укрупненных единиц и связевых блоков, содержать указания по обеспечению собираемости и требуемой точности установки элементов и деталей, а также геометрической неизменяемости и устойчивости конструкции на весь период времени до полного завершения монтажных работ.

13. БИБЛИОГРАФИЯ

1. <http://lib4all.ru/base/B3254/B3254Part6-18.php>
2. <https://rsrub.ru/calculation/raspolozhenie-svyazei-v-metallicheskom-karkase-gorizontálne-svyazi-po.html>
3. <http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/sv/sv.html>
4. <http://ctcmetar.ru/karkasy/1181-svyazi-dlya-obespecheniya-obschey-ustoychivosti-i-neizmenyaemosti-karkasa.html>
5. <https://arsprom.ru/portfolio/selskokhozyaystvennye-zdaniya/ptichniki/>
6. <https://www.kingspan.com/ru/ru-ru/produkty/1-сэндвич-панели/case-studies/ффагария-ru>
7. <https://lstk-ural.ru/projects/>
8. <http://lib4all.ru/base/B3254/B3254Part35-127.php>
9. <http://an-promservis.ru/3-2-2-konstrukciya-zhelezobetonного-rigel.html>
10. <https://andrometa.ru/business-buildings/frames-made-of-sterk-bent-profiles>
11. <http://www.uniconst.ru/>
12. <http://www.uniconst.ru/study-designs/stati-i-publikatsii#>

ПРИМЕР РАСЧЕТА РАМНОГО ЗДАНИЯ ИЗ СИГМА-ПРОФИЛЕЙ

Здание, прямоугольное в плане с размерами в осях 20х50 м.

Пространственная жесткость и устойчивость и геометрическая неизменяемость здания обеспечивается жестким сопряжением колонн с фундаментом, жесткостью поперечных рам, системой вертикальных связей по стойкам и горизонтальных связей по покрытию.

Соединение элементов при помощи фасонки из черного и оцинкованного листового проката. Узловые детали толщиной 2,0 мм – из оцинкованного проката, детали толщиной 6 мм и более – чёрного листового проката.

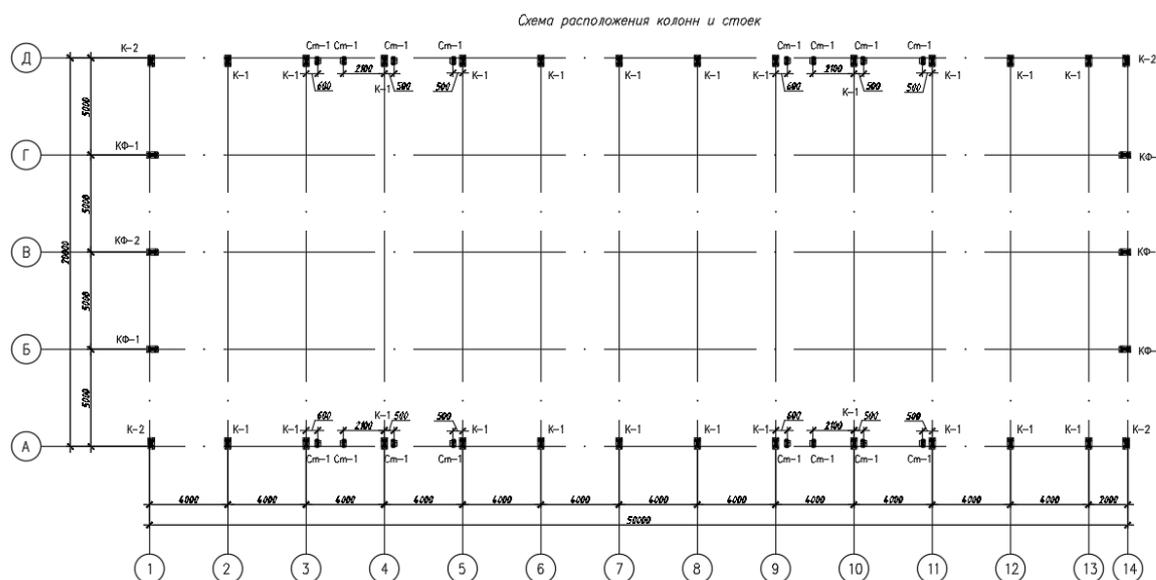


Рисунок А.1 - Схема расположения колонн и вертикальных связей каркаса

Этап I: Создание расчетной схемы в программном комплексе

В программном комплексе (ПК) создается пространственная модель при помощи стержневых конечных элементов (КЭ), рис. А.2, на которую прикладываются нагрузки. Сбор нагрузок приведен в табл.А.1.

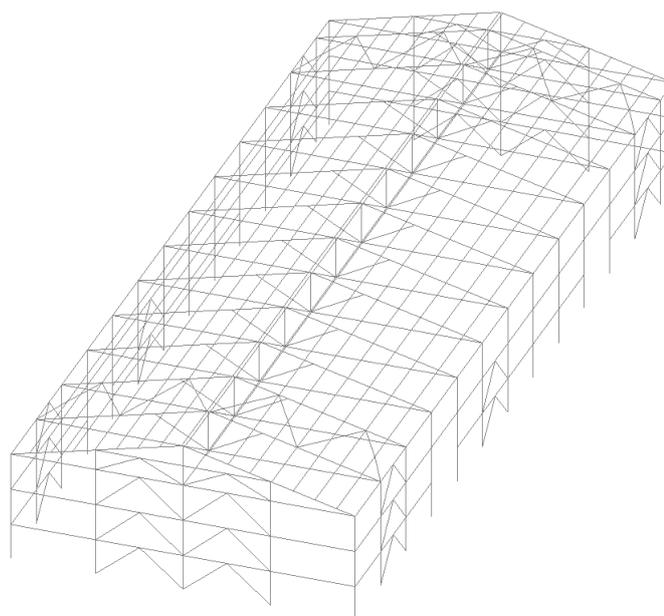


Рисунок А.2 – Пространственная расчетная модель каркаса в ПК SCAD

Таблица А.1. Приложенные нагрузки на каркас

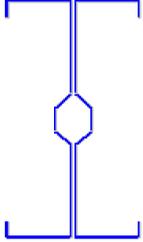
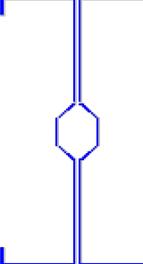
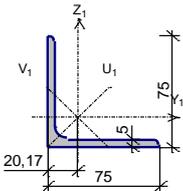
Наименование нагрузки	Нормативное значение, кг/м ²	γ_f	Расчётное значение, кг/м ²
1. Нагрузка на кровлю			
а) постоянная			
Верхний пояс фермы			
Профнастил НС-44	8,3	1,05	8,715
Утеплитель плотностью 30кг/м ³ (толщина 200мм)	6	1,2	7,2
Профили наборного сэндвича	5	1,05	5,25
Профнастил НС-44	8,3	1,05	8,715
			29,88
Нижний пояс фермы			
Огнезащита гипсокартоном	3,8	1,2	4,94
б) временная			
для III снегового района	1,29	1,4	1,8
2. Нагрузка на стены			
а) постоянная			
Профнастил С-8	5	1,05	5,25
Утеплитель плотностью 50кг/м ³ 150мм	7,5	1,2	9
Профили наборного сэндвича	5	1,05	5,25
Профнастил С-18	6	1,05	6,3
			25,8
б) временная			
для I ветрового	0,23	1,4	0,322

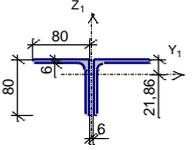
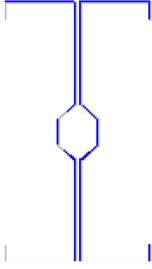
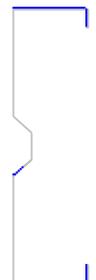
Этап II. Назначение жесткостей: назначаются жесткости, сначала назначаются нередуцированные сечения. Жесткость стержневых элементов определяется в программе Тонус спателлит SCAD

Единицы измерения:

- Линейные размеры: м
- Размеры сечений: мм
- Силы: Т

Толщина пластин представлена в единицах измерения линейных размеров.

Тип	Жесткость	Изображение
1	<p>Модуль упругости $E = 21000000,77 \text{ Т/м}^2$ Коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$ Объемный вес $\gamma = 7,85 \text{ Т/м}^3$ Коэффициент температурного расширения $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$ Продольная жесткость $EF = 54510,83 \text{ Т}$ Изгибная жесткость (ось Y) $EI_y = 699,61 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Изгибная жесткость (ось Z) $EI_z = 72,72 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Сдвиговая жесткость (ось Y) $GF_y = 7677,24 \text{ Т}$ Сдвиговая жесткость (ось Z) $GF_z = 13288,46 \text{ Т}$ Крутильная жесткость $GI_{кр} = 0 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U) $a_{u+} = 1,58 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U) $a_{u-} = 1,58 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V) $a_{v+} = 8,49 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V) $a_{v-} = 8,49 \text{ см}$</p>	
2	<p>Модуль упругости $E = 21000000,77 \text{ Т/м}^2$ Коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$ Объемный вес $\gamma = 7,85 \text{ Т/м}^3$ Коэффициент температурного расширения $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$ Продольная жесткость $EF = 43608,66 \text{ Т}$ Изгибная жесткость (ось Y) $EI_y = 559,69 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Изгибная жесткость (ось Z) $EI_z = 58,17 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Сдвиговая жесткость (ось Y) $GF_y = 6141,79 \text{ Т}$ Сдвиговая жесткость (ось Z) $GF_z = 10630,77 \text{ Т}$ Крутильная жесткость $GI_{кр} = 0 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U) $a_{u+} = 1,59 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U) $a_{u-} = 1,59 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V) $a_{v+} = 8,5 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V) $a_{v-} = 8,5 \text{ см}$</p>	
3	<p>Жесткость стержневых элементов - профиль металлопроката Каталог: Полный каталог профилей ГОСТ.. Семейство: Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 Профиль: L75x5 Модуль упругости $E = 21000000,77 \text{ Т/м}^2$ Коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$ Объемный вес $\gamma = 7,85 \text{ Т/м}^3$ Коэффициент температурного расширения $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$ Продольная жесткость $EF = 15519 \text{ Т}$ Изгибная жесткость (ось Y) $EI_y = 13,16 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Изгибная жесткость (ось Z) $EI_z = 3,45 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Сдвиговая жесткость (ось Y) $GF_y = 4775,08 \text{ Т}$ Сдвиговая жесткость (ось Z) $GF_z = 4775,08 \text{ Т}$ Крутильная жесткость $GI_{кр} = 0,05 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Угол наклона главных осей инерции $\alpha = 45 \text{ град}$ Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U) $a_{u+} = 0,41 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U) $a_{u-} = 0,78 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V) $a_{v+} = 1,6 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V) $a_{v-} = 1,6 \text{ см}$</p>	

Тип	Жесткость	Изображение
4	<p>Жесткость стержневых элементов - профиль металлопроката (составное) Каталог: Полный каталог профилей ГОСТ. Семейство: Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93 Профиль: L80x6 Модуль упругости $E = 21000000,77 \text{ Т/м}^2$ Коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$ Объемный вес $\gamma = 7,85 \text{ Т/м}^3$ Коэффициент температурного расширения $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$ Продольная жесткость $EF = 39396 \text{ Т}$ Изгибная жесткость (ось Y) $EI_y = 23,93 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Изгибная жесткость (ось Z) $EI_z = 48,35 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Сдвиговая жесткость (ось Y) $GF_y = 5833,57 \text{ Т}$ Сдвиговая жесткость (ось Z) $GF_z = 5624,75 \text{ Т}$ Крутильная жесткость $GI_{кр} = 0,17 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U) $a_{u+} = 1,48 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U) $a_{u-} = 1,48 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V) $a_{v+} = 2,77 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V) $a_{v-} = 1,05 \text{ см}$</p>	
5	<p>Модуль упругости $E = 21000000,77 \text{ Т/м}^2$ Коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$ Объемный вес $\gamma = 7,85 \text{ Т/м}^3$ Коэффициент температурного расширения $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$ Продольная жесткость $EF = 32706,5 \text{ Т}$ Изгибная жесткость (ось Y) $EI_y = 419,76 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Изгибная жесткость (ось Z) $EI_z = 43,62 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Сдвиговая жесткость (ось Y) $GF_y = 4606,34 \text{ Т}$ Сдвиговая жесткость (ось Z) $GF_z = 7973,08 \text{ Т}$ Крутильная жесткость $GI_{кр} = 0 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U) $a_{u+} = 1,59 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U) $a_{u-} = 1,59 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V) $a_{v+} = 8,51 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V) $a_{v-} = 8,51 \text{ см}$</p>	
6	<p>Модуль упругости $E = 21000000,77 \text{ Т/м}^2$ Коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$ Объемный вес $\gamma = 7,85 \text{ Т/м}^3$ Коэффициент температурного расширения $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$ Продольная жесткость $EF = 16353,25 \text{ Т}$ Изгибная жесткость (ось Y) $EI_y = 209,88 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Изгибная жесткость (ось Z) $EI_z = 12,53 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Сдвиговая жесткость (ось Y) $GF_y = 2303,17 \text{ Т}$ Сдвиговая жесткость (ось Z) $GF_z = 3986,54 \text{ Т}$ Крутильная жесткость $GI_{кр} = 4,72e-003 \text{ Т} \cdot \text{м}^2$ Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U) $a_{u+} = 3,55 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U) $a_{u-} = 1,28 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V) $a_{v+} = 8,51 \text{ см}$ Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V) $a_{v-} = 8,51 \text{ см}$</p>	

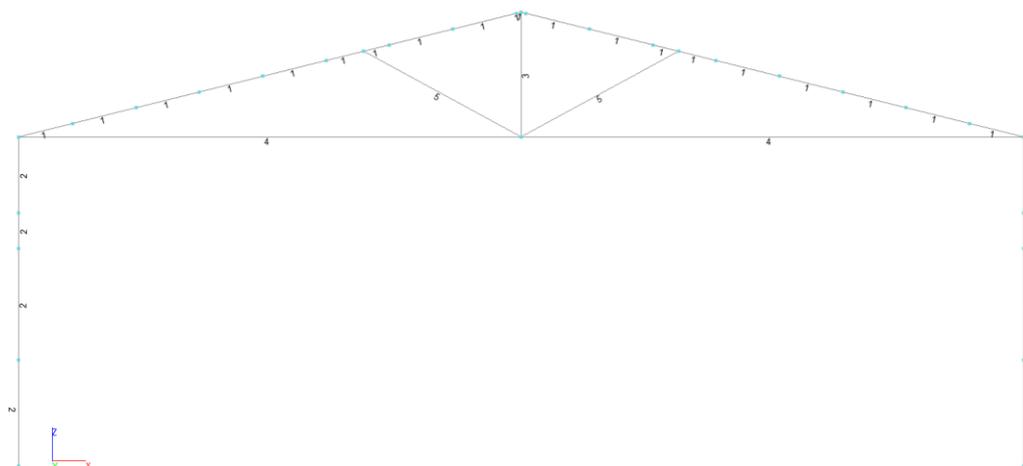


Рисунок А.3 Номера жесткостей

Таблица 2 - Нагрузки, приложенные к расчетной схеме

Имена загрузений	
Номер	Наименование
1	Нагрузка от стеновых панелей
2	Нагрузка на кровельные прогоны
3	Снеговая нагрузка
4	Ветровая нагрузка
Комбинации загрузений	
Номер	Формула
1	$(L1) \cdot 1 + (L2) \cdot 1 + (L3) \cdot 1 + (L4) \cdot 0.9$
2	$(L1) \cdot 1 + (L2) \cdot 1 + (L3) \cdot 1$
3	$(L1) \cdot 1 + (L2) \cdot 1 + (L4) \cdot 1$
4	$(L1) \cdot 1 + (L2) \cdot 1 + (L3) \cdot 0.9 + (L4) \cdot 1$

Этап III: Анализ результатов расчета

Верхний пояс

Единицы измерения:

- Силы: Т
- Единицы длины для силовых факторов: м

Параметры выборки:

Список узлов/элементов: 524-769 918-951

Список сечений: Все

Список загрузений/комбинаций: Все

Список факторов: Все

Таблица 3

Выборка: величины усилий от комбинаций загрузений								
Наим.	Максимальные значения				Минимальные значения			
	Значение	Элемент	Сечение	Комб.	Значение	Элемент	Сечение	Комб.
N	0,229	626	3	1	-29,6	688	1	2
M _k	3,985	690	3	2	-2,435	949	1	2
M _y	2,225	552	1	2	-3,165	948	3	2
Q _z	0,054	616	3	1	-0,054	626	3	1

Выборка: величины усилий от комбинаций нагрузений								
Наим.	Максимальные значения				Минимальные значения			
	Значение	Элемент	Сечение	Комб.	Значение	Элемент	Сечение	Комб.
M _z	0,333	715	1	2	-0,333	731	1	2
Q _y	0,229	626	3	1	-29,6	688	1	2

Стойки

Единицы измерения:

- Силы: Т
- Единицы длины для силовых факторов: м

Параметры выборки:

Список узлов/элементов: 434-461 786-899 952 953

Список сечений: Все

Список нагрузений/комбинаций: Все

Список факторов: Все

Выборка: величины усилий от комбинаций нагрузений								
Наим.	Максимальные значения				Минимальные значения			
	Значение	Элемент	Сечение	Комб.	Значение	Элемент	Сечение	Комб.
N	-0,102	460	3	3	-11,12	817	1	2
M _y	0,479	868	1	3	-1,91	817	1	4
Q _z	0,606	856	1	3	-0,308	868	1	3
M _z	0,031	864	1	3	-0,031	812	3	4
Q _y	0,084	864	1	3	-0,084	813	1	4

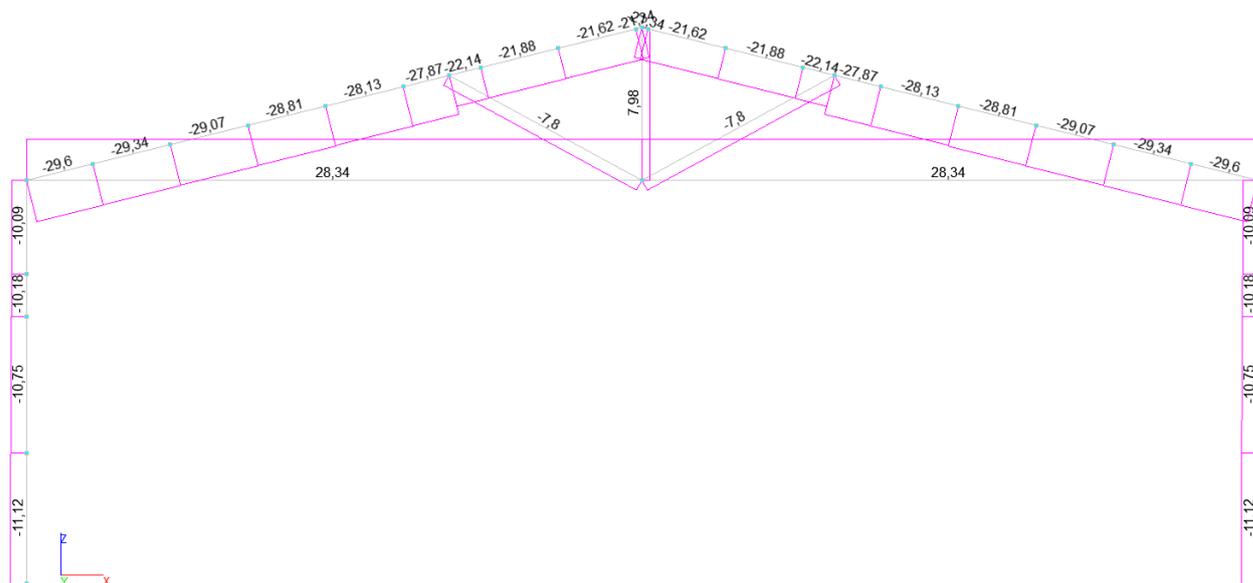


Рисунок 1 - Продольная сила N, т

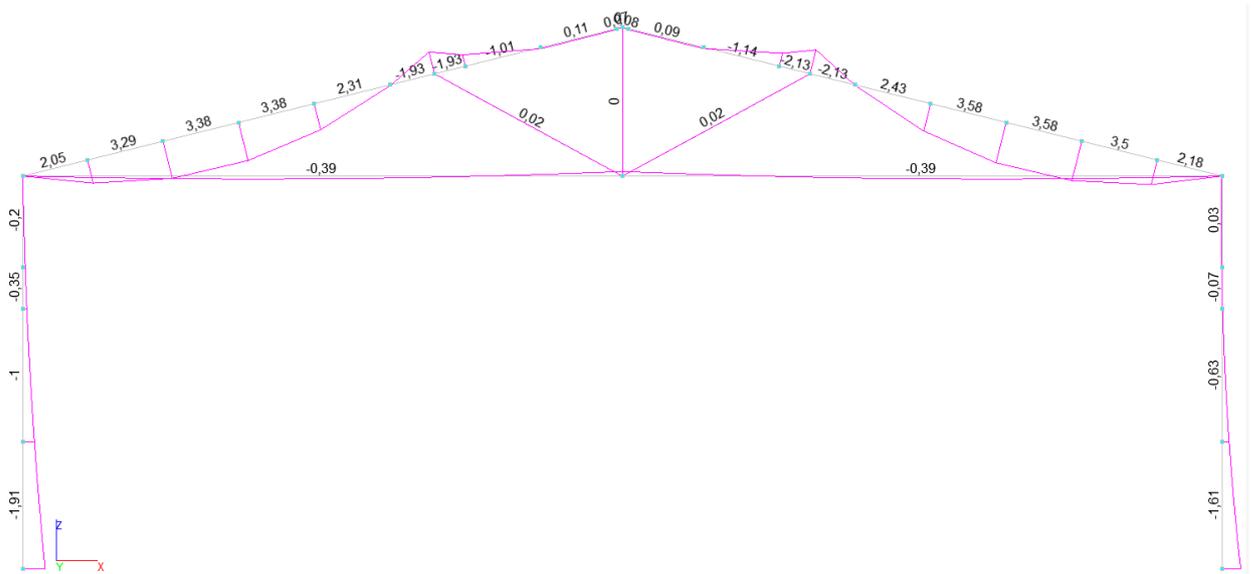


Рисунок 2 - Изгибающий момент M_y , т·м

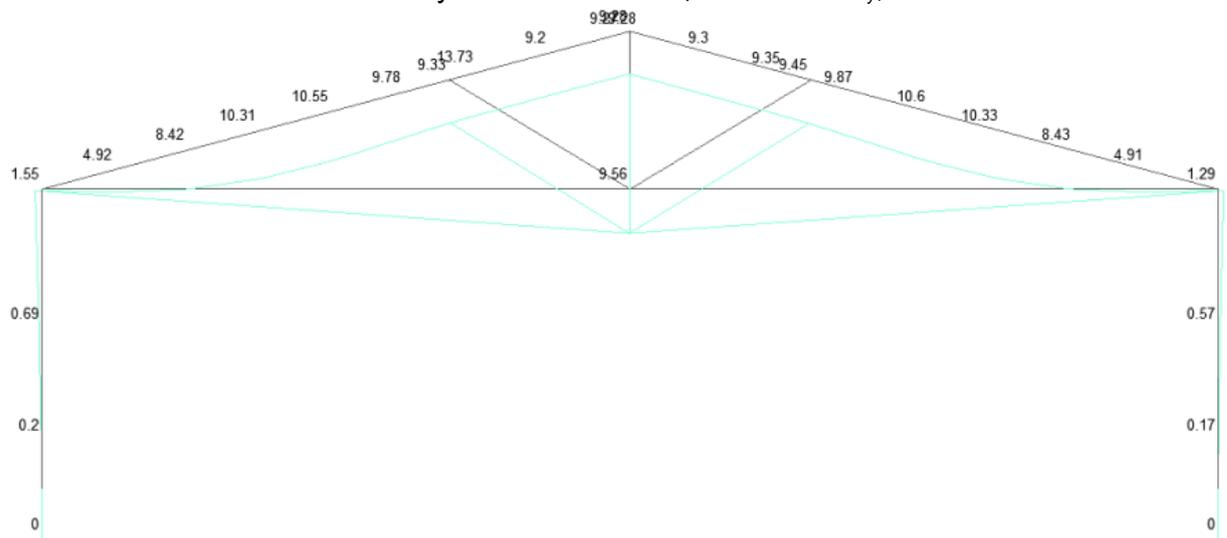


Рисунок 3 – Перемещения в раме, мм

Этап IV: Определение редуцированных характеристик

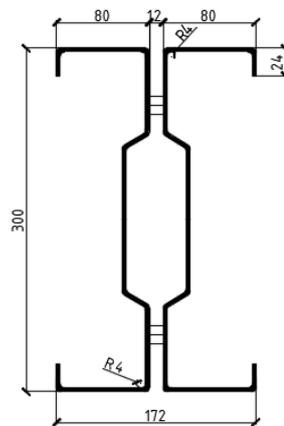


Рисунок А.54 - Сечение Стойки К1 (300x172 мм, t=3мм).

Таблица 1 - Геометрические характеристики полного сечения

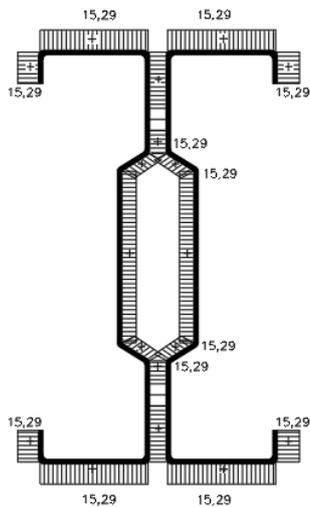
	Параметр	Значение	Единицы измерения
А	Площадь поперечного сечения	35,382	см ²

I_x	Момент инерции относительно центральной оси X1 параллельной оси X	4304,622	см ⁴
I_y	Момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельной оси Y	490,739	см ⁴
W_{u+}	Максимальный момент сопротивления относительно оси U	286,975	см ³
W_{u-}	Минимальный момент сопротивления относительно оси U	286,975	см ³
W_{v+}	Максимальный момент сопротивления относительно оси V	57,063	см ³
W_{v-}	Минимальный момент сопротивления относительно оси V	57,063	см ³

Строим эпюру продольной силы

$$\sigma_1 = \frac{N}{A} = -\frac{5,26}{35,4 \cdot 10^{-4}} = -15,29 \text{ МПа}$$

а)



б)

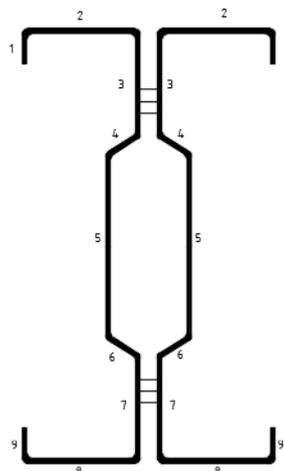
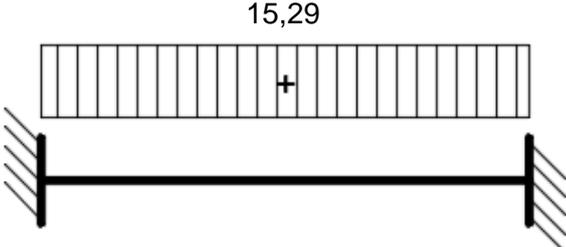
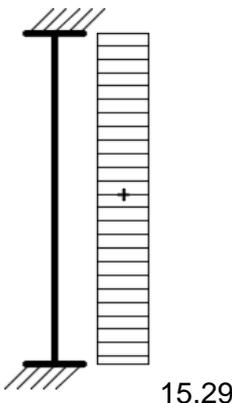
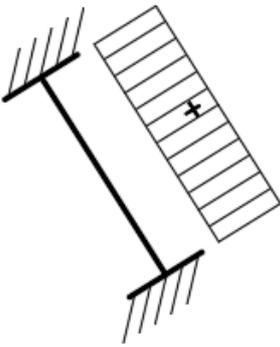
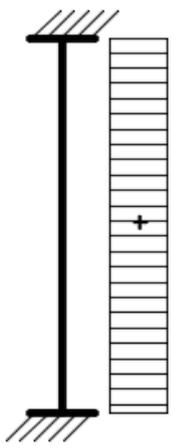


Рисунок А.5 а) Напряжение в сечении стойки; б) Нумерация элементов сечения стойки

Таблица 2 - Определение редуцированных характеристик элементов

№	Распределение напряжений (сжатие положительно)	Эффективная ширина
1, 9		$\psi_1 = 1$ $\sigma_{cr} = k_{\sigma} \cdot \frac{\pi^2 \cdot Et^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot b^2} =$ $= 0,43 \cdot \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 0,003^2}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot 0,0225^2} = 1273,93 \text{ МПа}$ $\lambda_p = \sqrt{\frac{R_y}{\sigma_{cr}}} = \sqrt{\frac{375}{1273,93}} = 0,542$ $\rho = 1$

		$b_{ef} = \rho \cdot b = 1 \cdot 0,024 = 0,024 \text{ м}$
2,8		$\psi_1 = 1 \quad k_\sigma = 4$ $\sigma_{cr} = 4 \cdot \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 0,003^2}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot 0,08^2} = 1066,5 \text{ МПа}$ $\lambda_p = \sqrt{\frac{375}{1066,5}} = 0,59$ $\rho = 1$ $b_{ef} = 1 \cdot 0,08 = 0,08 \text{ м}$ $b_{e1} = b_{e2} = 0,08 \cdot 0,5 = 0,004 \text{ м}$
3,7		$\psi_1 = 1 \quad k_\sigma = 4$ $\sigma_{cr} = 4 \cdot \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 0,003^2}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot 0,075^2} = 1213,49 \text{ МПа}$ $\lambda_p = \sqrt{\frac{375}{1213,49}} = 0,56$ $\rho = 1$ $b_{ef} = 1 \cdot 0,075 = 0,075 \text{ м}$ $b_{e1} = b_{e2} = 0,075 \cdot 0,5 = 0,038 \text{ м}$
4,6		$\psi_1 = 1 \quad k_\sigma = 4$ $\sigma_{cr} = 4 \cdot \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 0,003^2}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot 0,024^2} = 11850,4 \text{ МПа}$ $\lambda_p = \sqrt{\frac{375}{11850,4}} = 0,18$ $\rho = 1$ $b_{ef} = 1 \cdot 0,024 = 0,024 \text{ м}$ $b_{e1} = b_{e2} = 0,024 \cdot 0,5 = 0,012 \text{ м}$

5	 <p style="text-align: center;">15,29</p>	$\psi_1 = 1 \quad k_\sigma = 4$ $\sigma_{cr} = 4 \cdot \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 0,003^2}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot 0,125^2} = 436,86 \text{ МПа}$ $\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{375}{436,86}} = 0,93$ $\rho = \frac{0,93 - 0,055 \cdot (3 + 1)}{0,93^2} = 0,82$ $b_{ef} = 0,82 \cdot 0,125 = 0,103 \text{ м}$ $b_{e1} = b_{e2} = 0,103 \cdot 0,5 = 0,051 \text{ м}$
---	--	--

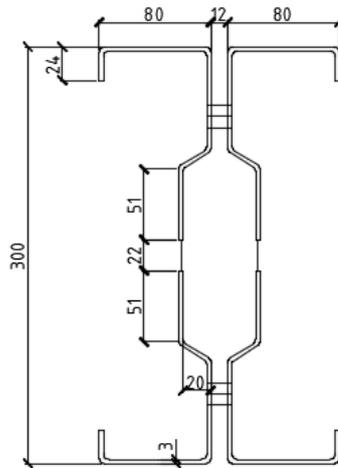


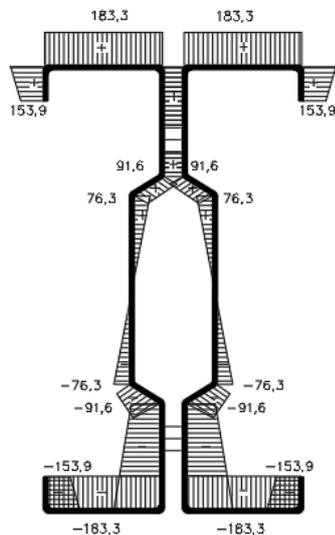
Рисунок А.6 Редуцированное сечение стойки

Строим эпюру изгибающего момента

$$\sigma_1 = \frac{M_x}{I_x} \cdot y_1 = \frac{5,26 \text{ м} \cdot \text{м}}{4304,6 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4} \cdot 0,126 \text{ м} = 153,9 \text{ МПа},$$

$$\sigma_2 = \sigma_3 = \frac{5,26}{4304,6 \cdot 10^{-8}} \cdot 0,15 = 183,3 \text{ МПа} \text{ далее аналогично}$$

А)



Б)

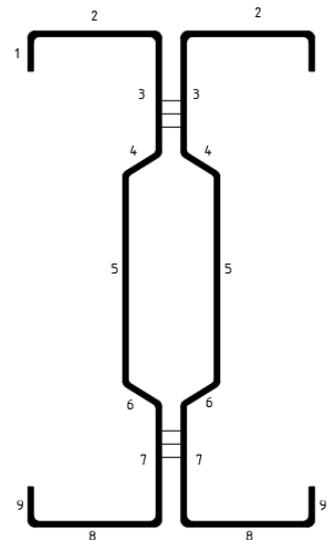
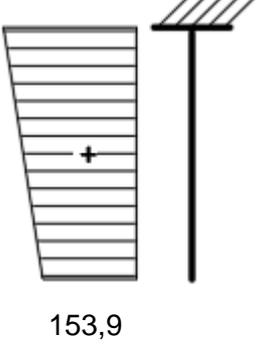
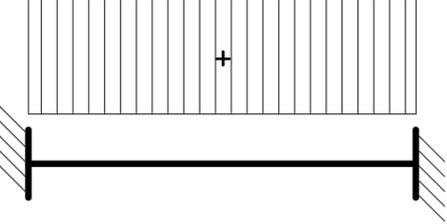
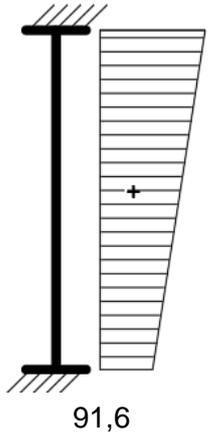
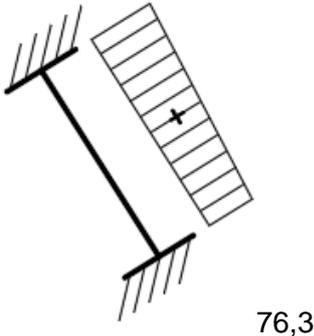
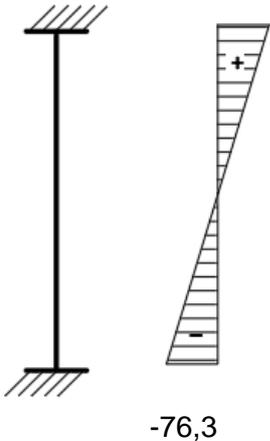
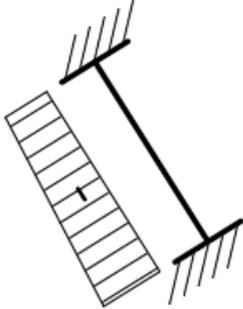
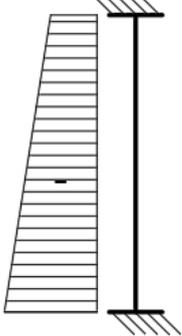
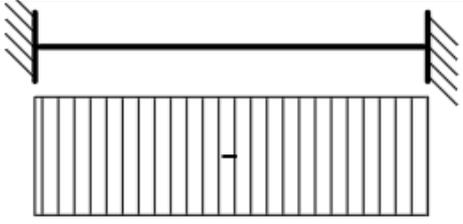
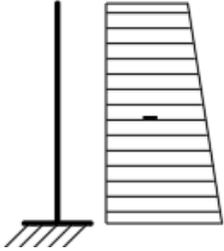


Рисунок 5 - А) Напряжение в сечении стойки от М; Б) Нумерация элементов сечения стойки

Таблица 3 - Определение редуцированных характеристик элементов

№	Распределение напряжений (сжатие положительно)	Эффективная ширина
1		$\psi_1 = \frac{153,9}{183,3} = 0,84$ $k_\sigma = 0,578 / (\psi + 0,34) = 0,578 / (0,84 + 0,34) = 0,49$ $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{R_y}} = \sqrt{\frac{235}{375}} = 0,79$ $\lambda_p = \frac{b}{28,4 \varepsilon t \sqrt{k_\sigma}} = \frac{24}{28,4 \cdot 3 \cdot 0,79 \cdot \sqrt{0,49}} = 0,51 < 0,748$ $\rho = 1$ $b_{ef} = b$
2, 8		$\psi_1 = 1 \quad k_\sigma = 4$ $\lambda_p = \frac{80}{28,4 \cdot 3 \cdot 0,79 \cdot \sqrt{4}} = 0,59 < 0,673$ $\rho = 1$ $b_{ef} = b$ $b_{e1} = b_{e2} = b \cdot 0,5 = 80 \cdot 0,5 = 40 \text{ мм}$
3		$\psi_1 = \frac{91,6}{183,3} = 0,50$ $k_\sigma = 8,2 / (1,5 + 0,50) = 5,29$ $\lambda_p = \frac{75}{28,4 \cdot 3 \cdot 0,79 \cdot \sqrt{5,29}} = 0,48 < 0,673$ $\rho = 1$ $b_{ef} = 1 \cdot 75 = 75 \text{ мм}$ $b_{e1} = \frac{2}{5 - \psi} b_{ef} = \frac{2}{5 - 0,5} \cdot 75 = 33 \text{ мм}$ $b_{e2} = b_{ef} - b_{e1} = 75 - 33 = 42 \text{ мм}$

<p>4</p>	<p>91,6</p>  <p>76,3</p>	$\psi_1 = \frac{76,3}{91,6} = 0,83$ $k_\sigma = 8,2 / (1,5 + 0,83) = 3,51$ $\lambda_p = \frac{22}{28,4 \cdot 3 \cdot 0,79 \cdot \sqrt{3,51}} = 0,17 < 0,673$ $\rho = 1$ $b_{ef} = 1 \cdot 22 = 22 \text{ мм}$ $b_{e1} = \frac{2}{5 - 0,83} \cdot 22 = 10,6 \text{ мм}$ $b_{e2} = 22 - 10,6 = 11,4 \text{ мм}$
<p>5</p>	 <p>76,3</p> <p>-76,3</p>	$\psi_1 = -1 \quad k_\sigma = 23,9$ $\lambda_p = \frac{124}{28,4 \cdot 3 \cdot 0,79 \cdot \sqrt{23,9}} = 0,38 < 0,673$ $\rho = 1$ $b_{ef} = b$
<p>6</p>		<p>$t = 0$, так как полностью сжат.</p>
<p>7</p>		<p>$t = 0$, так как полностью сжат.</p>

8		$t = 0$, так как полностью сжат.
9		$t = 0$, так как полностью сжат.

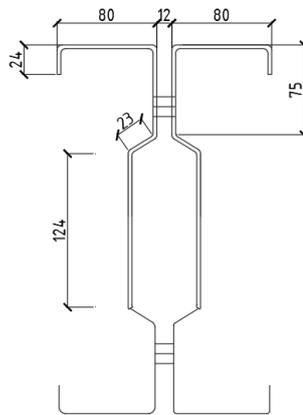
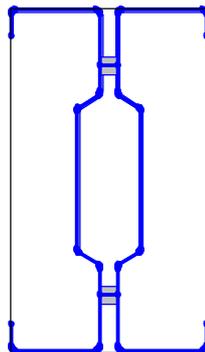


Рисунок 6 - Редуцированное сечение

Расчет сечения колонны в ПК Тонус. Сечение с учетом редуции от изгибающего момента M_y :



Габариты 172 x 298.5 мм

Геометрические характеристики			
	Параметр	Значение	Ед изм
A	Площадь поперечного сечения	23,829	см ²
a	Угол наклона главных осей инерции	0	град
I _x	Момент инерции относительно центральной оси X1 параллельной оси X	1585,422	см ⁴
I _y	Момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельной оси Y	274,108	см ⁴
W _{u+}	Максимальный момент сопротивления относительно оси U	176,015	см ³
W _{u-}	Минимальный момент сопротивления относительно оси U	76,066	см ³

W_{V+}	Максимальный момент сопротивления относительно оси V	31,873	см ³
W_{V-}	Минимальный момент сопротивления относительно оси V	31,873	см ³

Аналогично поступаем с остальными сечениями каркаса здания

Этап V: Расчет схемы с учетом редукции сечений профилей несущего каркаса

Применим в качестве жесткости стойки сечение профиля, полученного в результате редукции. В качестве назначаемого типа жесткости выбираем сечение, полученное в результате редукции от влияния изгибающего момента, так как в результате влияния изгибающего момента M_y редукции подвергается большая часть профиля чем от влияния продольной силы N. И перемещения

Для детального сравнения выбран конечный элемент с максимальными значениями продольной силы N и изгибающего момента M_y при расчете без учета редукции:

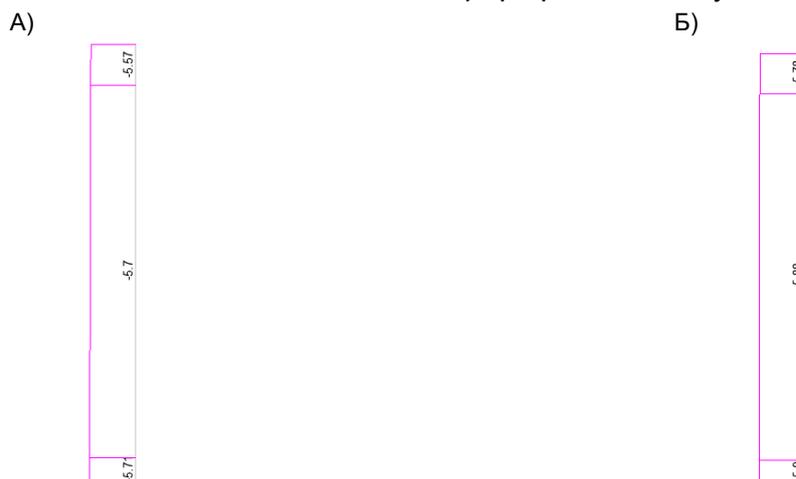


Рисунок 7 – Максимальные продольные силы N (т) в колонне:

А) в колонне без учета редукции сечения; Б) в колонне с редуцированным сечением

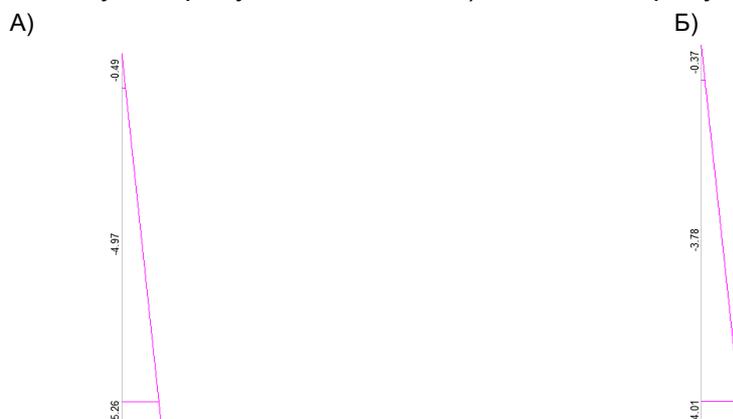


Рисунок 8 – Максимальный изгибающий момент M_y (т-м) в колонне:

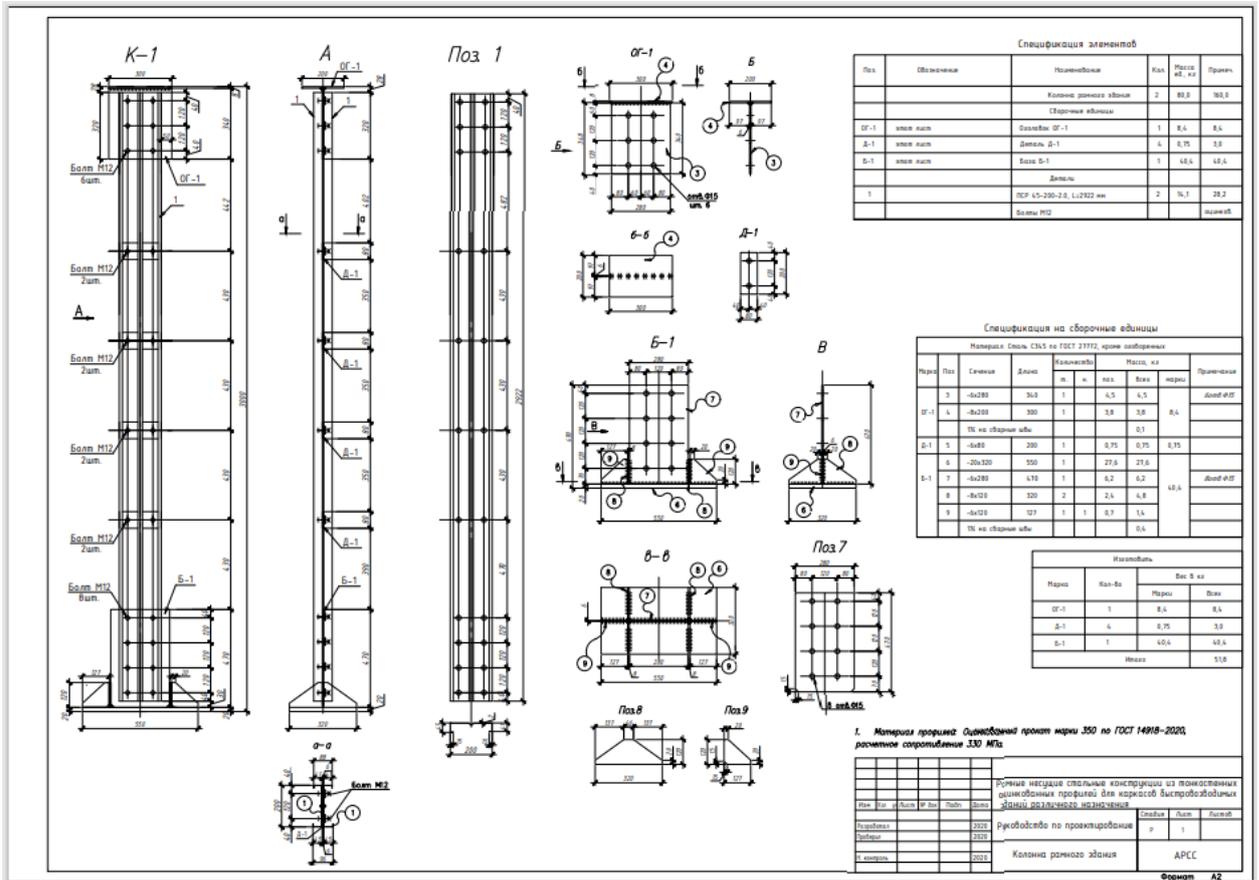
А) в колонне без учета редукции сечения; Б) в колонне с редуцированным сечением

Далее делаем необходимое количество итераций с учетом редукции до сходимости и выполняем окончательную проверку сечений

Приложение Б

Чертежи конструкций рамного здания

Стойка



Приложение В

Чертежи конструкций рамного здания

Ригель

