

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

И.Л.Кузнецов, М.А.Дымолазов, Л.Р.Гимранов

**Легкие металлические конструкции
Примеры расчета**

Учебно-методическое пособие

Казань
2018

УДК 624.046.2
ББК 38.02
К89

Кузнецов И.Л., Дымолазов М.А., Гимранов Л.Р.

К89 Легкие металлические конструкции. Примеры расчета: Учебно-методическое пособие / И.Л.Кузнецов, М.А.Дымолазов, Л.Р.Гимранов. - Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2018.- 137 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Учебно-методическое пособие написано в соответствии с рабочей программой дисциплины «Легкие металлические конструкции».

В учебно-методическом пособии рассмотрены принципы расчета и конструирования основных элементов каркаса зданий с использованием легких металлических конструкций. Приводятся примеры расчетов таких элементов из стали с пояснениями и ссылками на Строительные Правила и Своды Правил. Изложены необходимые пояснения к расчетам и исходные данные для самостоятельного выполнения индивидуальных заданий. Пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» (магистратура).

Рецензенты:

кандидат технических наук, профессор кафедры МК и ИС КГАСУ

Г.Н. Шмелев

кандидат технических наук, Заместитель генерального директора по капитальному строительству АО «ОЭЗ «Иннополис»

А.Э Фахрутдинов

УДК 624.046.2
ББК 38.02

© Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2018

© Кузнецов И.Л., Дымолазов М.А., Гимранов Л.Р., 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
1. Расчет стального профилированного настила	6
1.1. Общие сведения	6
1.2. Краткая история профнастила	6
1.3. Применение профнастила	7
1.4. Компонировка профилированного строительного настила.....	9
1.5. Расчет профилированного строительного настила	13
1.6. Пример выполнения расчета.....	16
2. Расчет прогонов	22
2.1. Общие сведения	22
2.2. Компонировка прогонов.....	23
2.3. Расчет прогона.....	25
2.4. Пример расчета прогона.....	26
3. Расчет безфасоночных узлов ферм	37
3.1. Общие сведения	37
3.2. Конструктивные особенности безфасоночных узлов ферм	38
3.3. Расчет узлов ферм из гнуто-сварных замкнутых профилей.....	40
3.4. Пример расчета узлов ферм из гнуто-сварных замкнутых профилей.....	42
4. Расчет тонкостенных профилей	46
4.1. Общие сведения	46
4.2. Особенности расчета тонкостенных профилей	49
4.4. Пример расчета тонкостенных профилей	54
5. Расчет соединений элементов тонкостенных холодногнуто-профилей	58
5.1. Общие сведения	58
5.2. Особенности расчета соединений тонкостенных профилей	62
5.3. Порядок расчета соединений тонкостенных профилей	64
5.4. Пример расчета соединения из тонкостенных профилей.....	64
6. Расчет диска жесткости покрытия из стального профилированного настила на действие горизонтальных нагрузок	68
6.1 Прочность диафрагмы жесткости	71
6.2 Деформативность диафрагмы жесткости	72
6.3 Пример расчёта диафрагм жёсткости из профилированного настила в покрытии одноэтажного здания на ветровые нагрузки	73
7. Список использованных источников	79
Приложения	81
Приложение 1	81
Приложение 2	87
Приложение 3	103
Приложение 4	125
Приложение 5	130
Приложение 6	131
Приложение 7	137

ВВЕДЕНИЕ

Понятие Легких Металлических Конструкций (ЛМК) сформировалось в нашей стране в середине прошлого века. Изначально к таким конструкциям относили конструкции каркасных зданий с суммарным расходом металла на несущие и ограждающие конструкции в пределах от 50 до 100 кг/м². Кроме этого особенностью таких конструкций являлась комплектная поставка элементов каркаса обеспечивавшая быстрый монтаж.

В основном это были здания (модули) целевого назначения – физкультурно-оздоровительные, складские, производственные, станции техобслуживания и др. В 70-е годы было освоено шесть основных типов ЛМК комплектной поставки: «Молодечно», «Канск», «Кисловодск», «Орск», «Алма-Ата», «Москва». Изготавливались здания и других разновидностей из конструкций типа «Мархи», «Тагил», «Житомир» и др. Расчет и конструирование ЛМК выполнялись по действующим на тот момент нормам проектирования СНиП II-23-81* «Стальные конструкции. Нормы проектирования».

Для снижения веса каркаса стали использовать новые профили при изготовлении которых применялись технологии холодного деформирования стальных листов. В это время появились так называемые гнутые профили различного очертания, это и гнутые уголки, швеллера, профили С и Z образные по ГОСТ 11474-76 и т.п. Характерной особенностью этих профилей являлась небольшая их толщина, как правило от 3 до 6мм.

В последнее время к этому классу конструкций стали относить конструкции с использованием профилей с толщиной от 1 до 3мм, так называемых «тонкостенных» профилей. Появилось понятие Легких Стальных Тонкостенных Конструкций (ЛСТК). Применение тонкостенных профилей в стальных конструкциях является естественным продолжением развития направления развития ЛМК.

Использование тонколистовых профилей потребовало пересмотреть нормы проектирования и расчета элементов с использованием таких профилей. Характерным отличием основ расчета таких элементов является учет критической работы стали на участках испытывающих сжатие, чего ранее не допускалось.

С введением с 2017 года нового руководящего документа СП 260.132580.2016 «Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутой оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования» появилась возможность систематизировать разрозненные рекомендации по проектированию стальных конструкций с

использованием тонкостенных профилей. До введения этого документа были попытки учета тонкостенности профилей в расчетах конструкций из этих профилей отдельными стандартами на уровне стандарта предприятий или технических условий. Так например для стальных профилированных листов использовался СТО 0043-2005 «Настилы стальные профилированные для покрытий зданий и сооружений», СТО 0047-2005 «Перекрытия сталежелезобетонные с монолитной плитой по стальному профилированному настилу. Расчет и проектирование». Кроме того иногда использовались европейские нормы, а именно ЕВРОКОД 3 «Проектирование стальных конструкций».

1. Расчет стального профилированного настила

Одним из самых распространенных тонкостенных профилей является стальной профилированный настил (профнастил). Этот профиль является еще и наиболее простой и распространенной конструкцией работающей на изгиб.

1.1. Общие сведения.

Профнастилом называют материал из профилированных оцинкованных стальных листов. Изготавливается он методом холодного проката стали. Отличительной чертой профнастила является наличие формованного профиля различной высоты и конфигурации. Возможности применения профлиста многообразны и широки. Он занимает одно из первых мест по популярности среди строительных материалов подобного типа. Он экономичен, долговечен, сочетает хороший внешний вид, достойное качество. Работа с профлистом возможна в любое время года. Он очень технологичен, листы легко режутся, крепятся, отходов при работе практически не остается.

Высота, форма гофры различны у разных видов профнастила. Она выполняет роль элемента, придающего системе жесткость и прочность. Этой же цели служат дополнительные ребра жесткости. Выпускается профлист с различными видами покрытий. Самый дешевый - просто оцинкованная сталь, возможно - окрашенная. Но применение цветного полимерного покрытия выводит этот материал на качественно новую ступень. Оно препятствует коррозии, надежно укрывая собственно сталь. Полимерное покрытие изготавливается из высококачественных полиэстера, полиуретана, пурала, пластизола, что обеспечивает листу стойкость к любым химическим или погодным воздействиям.

1.2. Краткая история профнастила.

История профнастила берет свое начало с 1820 года, а у истоков этого изобретения стоял английский инженер, архитектор Генри Палмер. Его изобретение стало своеобразным прорывом в области отделочных и кровельных материалов. В то далекое время при изготовлении данного материала использовалось обыкновенная сталь, которая являлась единственным прочным материалом, способным выдержать большие механические нагрузки. Новый строительный материал весьма быстро завоевал популярность. Благодаря своим превосходным характеристикам он занял лидирующие позиции среди отделочных материалов. Весьма быстро профилированный лист проник в другие страны. Колониальная политика Великобритании, на этот раз оказала положительное влияние, т.к. во многих колониях Англии при строительстве или устройстве кровли

стали использовать профлист.

В России данный материал появился только с наступлением двадцатого века, однако, столь широкого распространения вплоть до середины века он не имел.

Со временем значительные изменения претерпел станок, на котором Палмер впервые изготовил профилированный лист. Модернизация оборудования, усовершенствование процесса изготовления профилированного настила, внедрение современных более качественных, технологичных и эстетичных материалов происходило на протяжении всей истории профлиста.

1.3. Применение профнастила.

Высокие темпы строительства, наблюдаемые все последние годы, активно сказываются на состоянии рынка строительных материалов: появляются новые предложения, расширяется ассортимент, а популярные, пользующиеся стабильным спросом материалы получают новые свойства, адаптируются под желания потребителей.

К таким популярным строительным материалам относится профнастил, который находит применение во всех сферах строительства - от коммерческого до частного.

Его применение дает возможность быстро и эффективно построить здание или сооружение, которое при этом будет отвечать всем необходимым требованиям, служить достаточно долго. Высокая скорость возведения позволяет значительно уменьшить срок окупаемости проекта. Поэтому все больше промышленных и торговых объектов возводятся по технологиям так называемых быстровозводимых (БВЗ) или быстромонтируемых зданий (БМЗ), а здесь роль профлиста поистине огромна.

Профилированный настил во-первых, это оптимальный вариант для сооружения промышленных и коммерческих зданий. Из него, во-вторых, могут быть устроены временные или постоянные ограждения, отделочные панели, внутренние перегородки, прочее. Профнастил можно использовать при возведении крыш и фасадов коммерческих, а также гражданских сооружений, например, небольших магазинов, киосков, автозаправочных станций, коттеджей и т.д.

Следует отметить, что в промышленном строительстве в последние годы профлист оттеснил на вторые роли господствовавший ранее сборный железобетон.

С широтой использования связана также классификация профилированного настила.

Профилированные листы классифицируют по нескольким критериям:

- назначению;

- материалу исходной заготовки;
- наличию защитно-декоративного лакокрасочного покрытия.

С конструктивной точки зрения наиболее интересна классификация по назначению. По этому критерию профилированные листы подразделяют на следующие типы (это указывается в марке профилированного листа):

- Н - для настила покрытий;
- НС - для настила и стеновых ограждений;
- С - для стеновых ограждений.

Пример сечения профнастилов по ГОСТ 24045-94 приведен на рис. 1.1. Геометрические характеристики профнастилов по ГОСТ 24045-94 приведены в таблице 1.1.

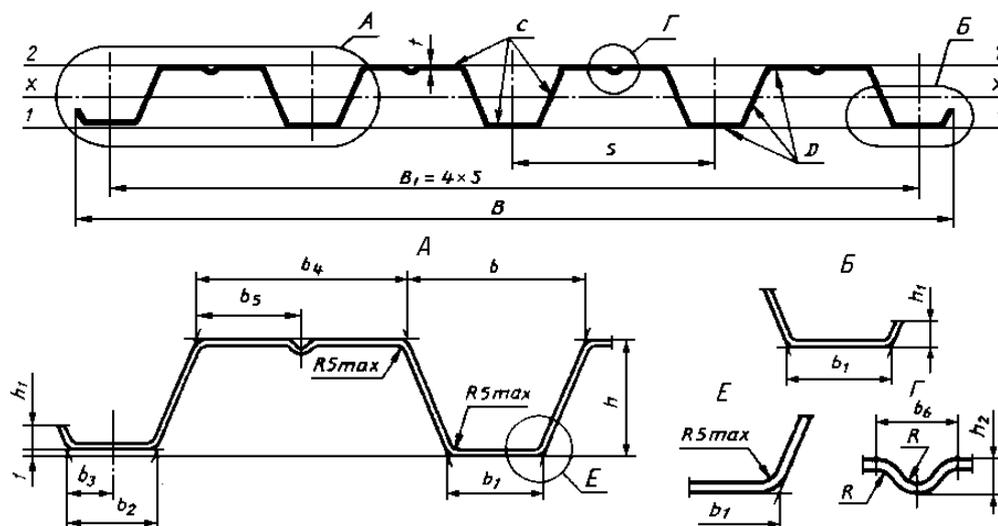


Рис. 1.1. Сечение профилированного листа по ГОСТ 24045-94 типа Н высотой 57 и 60 мм

Таблица 1.1.

Обозначение профиля для настилов по ГОСТ 24045-94 и их геометрические характеристики

Обозначение профиля	Размеры сечения, мм		Площадь сечения A , см^2	Масса 1 м длины профиля, кг	Справочные величины на 1 м ширины настила при сжатых полках					
	t	h			узких			широких		
					момент инерции I_x , см^4	момент сопротивления, см^3		момент инерции I_x , см^4	момент сопротивления, см^3	
						W_{x1}	W_{x2}		W_{x1}	W_{x2}
НС35-1000-0,6	0,6	35	6,6	5,6	23,3	10,5	13,0	22,3	9,8	9,4
НС35-1000-0,7	0,7	35	7,7	6,5	27,1	12,2	15,1	27,1	11,8	12,1
НС44-1000-0,7	0,7	44	9,8	8,3	32,9	13,4	16,8	32,9	13,0	13,6
Н57-750-0,7	0,7	57	7,7	6,5	53,8	14,8	21,1	53,8	16,4	19,7
Н57-750-0,8	0,8	57	8,8	7,4	61,2	17,9	24,4	61,2	18,9	24,0

H60-845-0,7	0,7	60	8,8	7,4	62,1	14,6	24,4	59,1	16,5	18,7
H60-845-0,8	0,8	60	10,0	8,4	70,6	17,7	28,1	69,9	19,0	22,7
H60-845-0,9	0,9	60	11,3	9,3	79,0	20,9	31,8	78,7	21,5	27,0
H75-750-0,8	0,8	75	10,0	8,4	114,9	25,8	32,2	114,9	28,5	33,1
H75-750-0,9	0,9	75	11,3	9,3	129,6	30,2	37,6	129,6	31,6	38,0
H114-750-0,8	0,8	114	11,2	9,4	307,9	51,2	57,1	307,9	51,2	57,1
H114-750-0,9	0,9	114	12,6	10,5	345,2	57,4	64,0	345,2	57,4	64,0
H114-750-1,0	1,0	114	14,0	11,7	383,6	63,8	71,1	383,6	63,8	71,1
H114-600-0,8	0,8	114	10,0	8,4	320,9	53,3	59,7	320,9	52,4	55,8
H114-600-0,9	0,9	114	11,3	9,3	361,0	60,0	67,2	361,0	59,6	65,9
H114-600-1,0	1,0	114	12,5	10,3	405,4	67,6	75,0	405,4	67,6	75,0

Примечание: W_{x1} - момент сопротивления узких полок, W_{x2} – момент сопротивления широких полок.

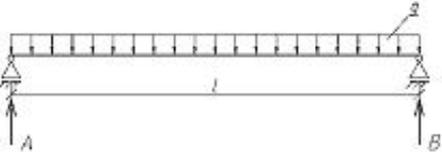
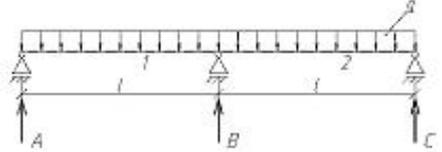
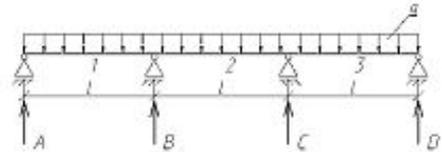
1.4. Компоновка профилированного строительного настила.

При компоновке профнастила, если позволяют конструктивные требования, необходимо проводить предварительный анализ выбора расчетной схемы. С целью рационального использования материалов (расхода стали) при расчете профнастила следует рассматривать схемы опирания профнастила позволяющие уменьшить расчетные изгибающие моменты и величины прогибов. Так использование двухпролетной схемы опирания вместо однопролетной схемы дает возможность уменьшить величину прогиба при одинаковом значении расчетного изгибающего момента (при равномерно распределенной нагрузке) – см. таблицу 1.2. Использование трех и четырех пролетных схем – уменьшить величину расчетного изгибающего момента.

Существуют схемы консольной укладки профлистов. Появление этих схем вызвано ограниченностью габаритных размеров (особенно длины) профилированных листов. Как правило их длина ограничена 12м, а если учесть тенденцию к увеличению шага прогонов и появлению профлистов с увеличенными по высоте гофрами, то актуальность таких расчетных схем возрастает. Консольная схема укладки позволяет не только выровнять величины изгибающих моментов на опорах и в пролетах, но и несколько уменьшить эти величины. На рис. 1.2 и 1.3 представлены схемы двухконсольной и одноконсольной укладок. Изменяя величину консольного участка можно добиться наиболее рационального выравнивания моментов.

Таблица 1.2.

Усилия и деформации при различных схемах опирания
профилированного настила

№ п/п	Схема опирания профилированного настила	Моменты	Поперечные силы, опорные реакции	Прогибы
1		$M_{np} = ql^2/8$	$Q_a = ql/2;$ $R_a = R_b = ql/2$	$\frac{5pl^4}{384EJ}$
2		$M_{np} = 0,07ql^2;$ $M_b = -ql^2/8$	$Q_{1a} = 0,375ql;$ $Q_{1b} = -0,625ql;$ $R_a = 0,375ql;$ $R_b = 1,25ql$	$0,0052pl^4/EJ$
3		$M_{1np} = 0,08ql^2;$ $M_{2np} = 0,025ql^2;$ $M_b = -0,1ql^2$	$Q_{1a} = 0,4ql;$ $Q_{1b} = -0,6ql;$ $Q_{2b} = 0,5ql;$ $Q_{2c} = -0,5ql;$ $R_a = 0,4ql;$ $R_b = 1,1ql$	$f_1 = 0,00675pl^4/EJ;$ $f_2 = 0,0052pl^4/EJ$
4		$M_{1np} = 0,077ql^2;$ $M_{2np} = 0,037ql^2;$ $M_b = -0,107ql^2;$ $M_c = -0,071ql^2$	$Q_{1a} = 0,393ql;$ $Q_{1b} = -0,607ql;$ $Q_{2b} = 0,536ql;$ $Q_{2c} = -0,464ql;$ $R_a = 0,393ql;$ $R_b = 1,143ql;$ $R_c = 0,929ql$	$f_1 = 0,0063pl^4/EJ;$ $f_2 = 0,0019pl^4/EJ$

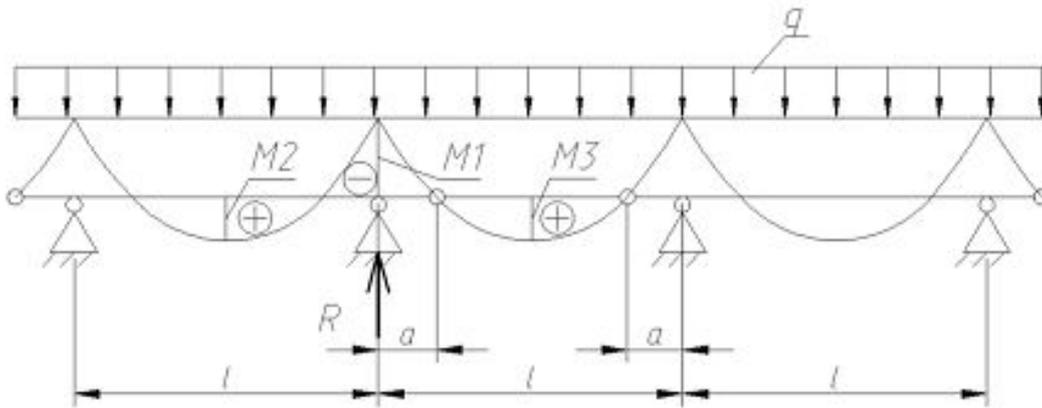


Рис. 1.2. Фрагмент двухконсольной укладки настила.

Величины изгибающих моментов M_1 , M_2 и M_3 вычисляются:

- на опоре сжаты узкие полки $M_1 = q*(l*a - a^2)/2;$
- в пролете сжаты широкие полки $M_2 = q*(-a^2 + l*a - l^2/4)/2;$
- опорная реакция на несущие элементы $M_3 = q*(l - 2*a)^2/8;$
 $R = q*l.$

Здесь l – шаг несущих конструкций, a – величина консольного участка настила, q – равномерно распределенная нагрузка на настил.

Величина консольного участка настила может быть вычислена по следующему выражению

$$a = \frac{l \left(\frac{W_2}{W_1} + 1 \right) - l \sqrt{\left(\frac{W_2}{W_1} + 1 \right)^2 - \left(\frac{W_2}{W_1} + 1 \right)}}{4},$$

Если ввести обозначение $\lambda = (W_2/W_1 + 1)$ то выражение упростится и примет вид

$$a = \frac{l \cdot (\lambda - \sqrt{\lambda^2 - \lambda})}{4},$$

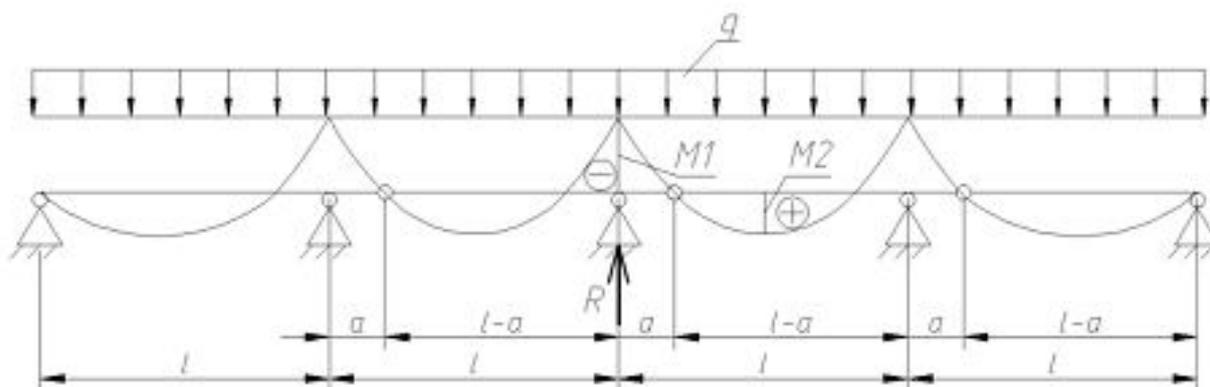


Рис. 1.3. Фрагмент одноконсольной укладки настила.

Величины изгибающих моментов $M1$ и $M2$ для среднего шага:

- на опоре сжаты узкие полки $M1 = q \cdot l \cdot a \cdot (l - 2 \cdot a) / (2 \cdot (a - l))$;
- в пролете сжаты широкие полки $M2 = q \cdot l \cdot (l - 2 \cdot a) \cdot (l - 3 \cdot a) / (8 \cdot (a - l))$;
- опорная реакция на несущие элементы $R = 0,98 \cdot q \cdot l$.

Здесь l – шаг несущих конструкций, a – величина консольного участка настила, q – равномерно распределенная нагрузка на настил.

Величина консольного участка настила может быть вычислена по следующему выражению

$$a = l / (4 \cdot (W_2/W_1) + 3),$$

где W_2 – момент сопротивления профнастила, W_1 – момент сопротивления профнастила.

Если ввести соотношение $\lambda = (W_2/W_1 + 1)$ то выражение примет вид

$$a = l / (4 \cdot \lambda + 1)$$

Как правило профнастил на крыше располагается под углом к горизонту (рис. 1.4). Приведенные выше решения, в том числе и для неразрезных схем соответствуют горизонтальному размещению конструкций, по этому прежде чем выполнять статический расчет необходимо привести используемые в этом расчете параметры в соответствие с расчетным схемам.

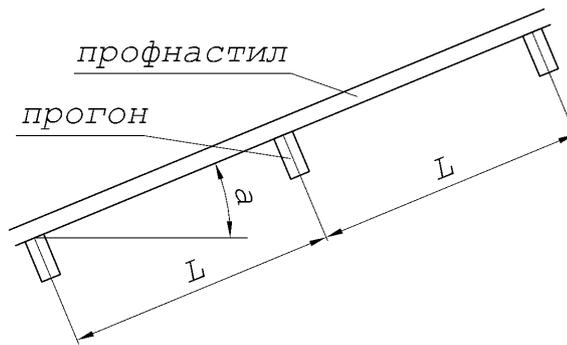


Рис. 1.4. Размещение профнастила на кровле.

Это можно выполнить двумя способами. В первом способе используется принцип трансформации расчетной схемы с вычислением новых пролетов и нагрузок в соответствии с рис. 1.5.

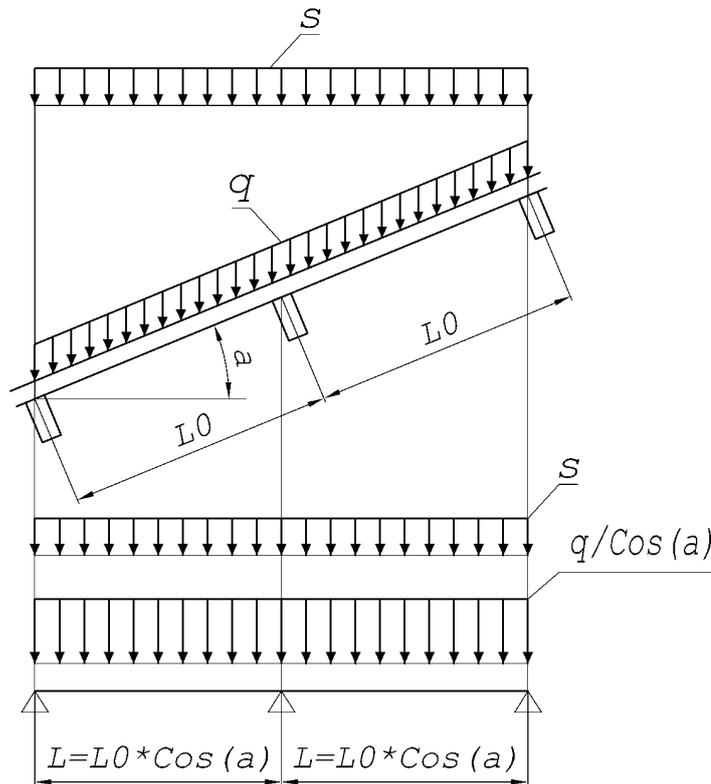


Рис. 1.5. Трансформация расчетной схемы при расчете профнастила.

При этом учитывается, что снеговая нагрузка (s) уже является горизонтальной проекцией, а нагрузка от кровли (q) распределена по скату. Таким образом в расчетах используется новая величина пролета $L=L_0*\cos(a)$, а интенсивность нагрузки от кровли увеличивается за счет разности длин фактического пролета профнастила (L_0) и расчетного (L) на величину $L_0/L= 1/\cos(a)$.

При втором способе пересчитываются только величины нагрузок (рис. 1.6).

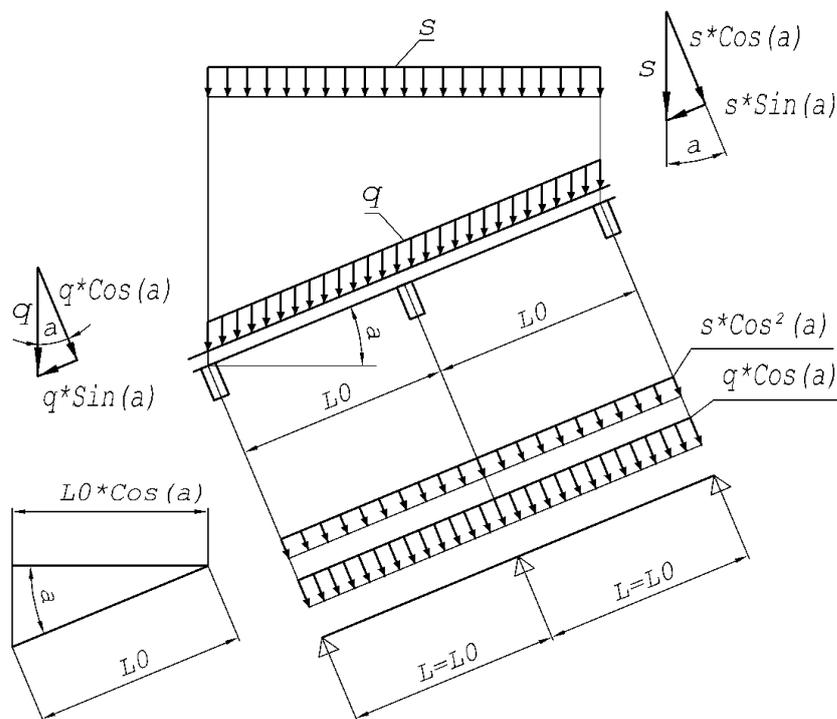


Рис. 1.6. К вычислению нагрузок при расчете профнастила.

В этом случае величина пролета профнастила не изменяется, но приходится уточнять все нагрузки. Для всех нагрузок (от кровли q и от снега s) вычисляются нормальные составляющие ($q \cdot \cos(a)$, $s \cdot \cos(a)$), а для нагрузки от снега еще учитывается различие в длине приложения её ($L_0/L_0 \cdot \cos(a) = 1/\cos(a)$). Таким образом снеговая нагрузка в расчетной схеме будет иметь величину $s \cdot \cos^2(a)$, а нагрузка от кровли $q \cdot \cos(a)$.

1.5. Расчет профилированного строительного настила.

При расчете стального профилированного настила необходимо учитывать особенности работы тонкостенных профилей. Особенность работы заключается в том, что для сжатых участков местная потеря устойчивости не является наступлением предельного состояния и профиль еще может использоваться. Но в этом случае необходимо уточнить геометрические характеристики «здорового» сечения, т.е. исключить из рассмотрения участки с местной потерей устойчивости, оставив только те участки, где этой потери устойчивости при данных напряжениях не происходит. Это уточнение носит название расчет «редуцированных» геометрических характеристик.

Первоначально такое уточнение выполнялось по рекомендациям основанным на экспериментальных данных. При составлении этих

рекомендаций учитывалось наступление предельных состояний как по местной устойчивости элементов профнастила (полки, стенки) так и по деформативности. Для наиболее распространенных профилей и пролетов была составлена таблица с величинами предельной равномерно распределенной нагрузкой для различных типов и расчетных схем профилированных листов по ГОСТ 24045-94 (табл. 1.3).

Таблица 1.3.

Предельная равномерно распределенная нагрузка для различных типов и расчетных схем профилированных листов по ГОСТ 24045-94

Тип профлиста	Пролет, м	Нагрузка, кН/м ² , при пролетной схеме			
		одно-пролетной	двух-пролетной	трех-пролетной	четырёх-пролетной
НС44-1000-0,7	3	-	2,48у	2,85у	2,73у
Н57-750-0,7	3	2,9д	2,62у	3,10у	2,96у
Н57-750-0,8	3	3,37д	3,66	4,27у	4,10у
Н60-845-0,7	3	3,24д	2,30у	2,70у	2,25у
Н60-845-0,8	3	3,88	3,25у	3,78у	3,60у
Н75-750-0,8	3	5,82	5,27	6,59	6,16
Н75-750-0,9	3	6,46	6,17	7,71	7,21
Н114-750-0,9	4	6,60	6,59	8,25	-
Н114-750-0,9	6	2,18	2,93	-	-
Н114-750-1,0	4	7,33	7,33	9,17	-
Н114-750-1,0	6	2,44д	3,26	-	-
Н114-600-0,9	4	6,85	6,90	8,62	-
Н114-600-1,0	6	2,58	3,45	-	-

Примечание: у – по условию устойчивости стенки гофра на опоре;
д – по условию деформативности.

Ограниченность этих рекомендаций, особенно по рассмотренным величинам пролетов (в таблице имеются пролеты 3, 4 и 6м), вызвало необходимость разработки методики расчетов профнастилов с возможностью задания любых пролетов. В 2005 году лабораторией холодноформованных профилей и конструкций ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова» совместно с ЗАО «Хилти Дистрибьюшн Лтд» был разработан стандарт предприятия СТО 0047-2005 в котором была приведена методика расчета стального профилированного настила основанная на следующих допущениях:

- форма поперечного сечения гофров при действии нагрузки не изменяется;
- гофры настила работают как тонкостенные балки трапециевидного сечения в упругой стадии;
- нормальные напряжения по высоте поперечного сечения стенок гофров распределяются линейно;

- нормальные напряжения по ширине продольно сжатых полок до местной потери устойчивости, а также по ширине растянутых полок распределяются равномерно;

- после местной потери устойчивости продольно сжатых полок нормальные напряжения в них распределяются неравномерно, возрастая от середины полок к продольным краям. Поэтому при работе в закритической стадии криволинейная эпюра сжимающих напряжений заменяется прямоугольной с равной площадью и значением равным краевому напряжению. Средняя часть сжатой полки, имеющая меньшие напряжения, считается выключенной из работы. При определении характеристик профилированного листа учитывается только рабочая зона сжатой полки.

Основа методики расчета заключается в том, что прочность профилированного стального настила проверяется в опорном или пролетном сечениях по известной формуле

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq \frac{R_y}{\gamma_n},$$

где σ - напряжения в сжатых полках настила;

M - расчетное значение изгибающего момента;

$R_y = 2400 \text{ кгс/см}^2$ - расчетное сопротивление стали настила изгибу;

γ_n - коэффициент надежности по уровню ответственности;

W - расчетный момент сопротивления на 1 м ширины настила для сжатых полок.

Момент сопротивления W определяется по таблице 1 [1] при работе профилированного настила полным сечением.

Если полученное напряжение меньше критического (таблица 2 [1]), то принимается условие работы профилированного листа полным сечением, то есть расчет прочности на этом этапе заканчивается.

Если значение напряжения получается выше критического, то проводят корректировку момента сопротивления по таблицам приложения (таблицы А1, А2, А3, А4, А5, А6, А7, А8 и А9 [1]), пока отличие в напряжениях, последующего и предыдущего, не составит величину, не превышающую 1%.

Прогиб профилированного настила проверяется по формуле:

$$f_n = k \frac{q^n l^4}{E_a I_x} \leq \frac{1}{200} l,$$

где f_n - максимальный прогиб от действия нормативных нагрузок;

k - коэффициент, определяемый расчетной схемой настила;

q^n - нормативная равномерно распределенная нагрузка, действующая

на профилированный настил на стадии бетонирования, кгс/см²;

l - расчетный пролет, см;

$E_a = 2,1 \cdot 10^6$ кгс/см² - модуль упругости стали профилированного настила;

I_x - момент инерции на 1 м ширины настила, определяемый по таблице 1 [1] при напряжениях при действии нормативных нагрузок в сжатых полках меньших критических (таблица 2 [1]); при нормативных напряжениях превышающих критические момент инерции определяется с учетом неполного рабочего сечения сжатых полок настила по таблицам приложения А (таблицы А10, А11, А12, А13, А14, А15 и А16 [1]).

Все перечисленные таблицы (таблицы 1, 2, А1 – А16 приведены в приложении 2 к данному пособию).

Расчет осуществляется следующим образом:

• определяется значение нормативного напряжения методом последовательного приближения по формуле

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq \frac{R_y}{\gamma_n},$$

пока отличие в напряжениях последующего от предыдущего не составит 1%, приняв за первоначальное значение $W \times 2$ момент сопротивления для сжатых полок при условии работы настила полным сечением. Последнее значение определяет сжимающее напряжение, соответствующее значению, при котором определяется момент инерции I_x . При наличии редукции в сжатой полке в расчетах используют данные, приведенные в приложении А (таблицы А10, А11, А12, А13, А14, А15 и А16 [1]). Если редукция отсутствует, то пользуются данными таблицы 1 [1].

1.6. Пример выполнения расчета

Необходимо подобрать марку профилированного настила по ГОСТ 24045-94.

Рассмотреть два варианта раскладки профилированного стального настила: многопролетную и консольную. Расчет вести предполагая, что настил уложен широкими полками вверх.

Исходные данные: Шаг несущих конструкций: $L=4.6$ м, расчетная снеговая нагрузка $S_p = 490$ кг/м², собственный вес кровли $q_p = 50$ кг/м². Расчетные схемы профнастила: двухпролетная и двухконсольная.

Результаты расчетов профнастила по неразрезной схеме

Расчетная схема представлена на рис. 1.7.

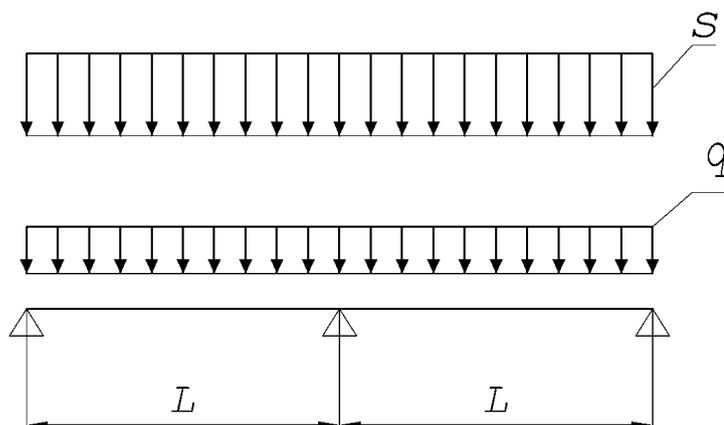


Рис. 1.7. Расчетная схема профнастила по неразрезной схеме.

Статический расчет и компоновка сечения профнастила

Нормативная нагрузка $q'' = q_p / \gamma_{f1} + S / \gamma_{f2} = 50 / 1.1 + 490 / 1.4 = 395.455 \text{ кгс/м}^2$.

Расчетная нагрузка $q = q_p + S = 50 + 490 = 540 \text{ кгс/м}^2$.

Для двухпролетной расчетной схемы коэффициент к моменту в пролете 0.07, к моменту на опоре -0.125 (см. табл. 1.1).

Расчетный изгибающий момент над опорой $M_{оп2} = -0.125 * 540 * 4.6^2 = -1428.3 \text{ кгс*м}$.

Расчетный изгибающий момент в пролете $M_{пр1} = 0.07 * 540 * 4.6^2 = 799.848 \text{ кгс*м}$.

Изгибающий момент в пролете от нормативных нагрузок $M_{н.пр1} = 0.07 * 395.455 * 4.6^2 = 585.748 \text{ кгс*м}$.

Поперечная сила $Q = 0.625 * 4.6 * 540 = 1552.5 \text{ кгс}$.

Опорная реакция $R = 1.25 * 4.6 * 540 = 3105 \text{ кгс}$.

Требуемый момент сопротивления для сечения над опорой (при сжатых узких полках для подбора профнастила при работе полным сечением) $W_{тр.оп} = 1428.3 * 100 / 2450 = 58.298 \text{ см}^3$.

Требуемый момент сопротивления для сечения в пролете (при сжатых широких полках для подбора профнастила при работе полным сечением) $W_{тр.пр} = 799.848 * 100 / 2450 = 32.647 \text{ см}^3$.

Принимается для проверки марка профнастила Н114-600-0.9 с наиболее близким значением момента сопротивления для узких полок $W1$ к моменту сопротивления $W_{тр.оп}$.

Проверки принятого профнастила по неразрезной схеме

Момент сопротивления для узких полок при работе полным сечением (по таблице 1 СТО 0047-2005) $W1 = 60.337 \text{ см}^3$.

Момент сопротивления для широких полок при работе полным

сечением (по таблице 1 СТО 0047-2005) $W_2=67.941\text{см}^3$.

Нормальные напряжения для сечения над опорой в сжатых узких полках профнастила (при работе полным сечением)

$$\sigma = M_{оп2}/W_1 = 1428.3 * 100 / 60.337 = 2367.204 \text{кгс/см}^2.$$

Критические напряжения в сжатых узких полках профнастила при расчетной нагрузке (по таблице 2 СТО 0047-2005) $\sigma_{кр}=10996\text{кгс/см}^2$.

Нормальные напряжения для сечения в пролете в сжатых широких полках профнастила (при работе полным сечением)

$$\sigma = M_{пр1}/W_2 = 799.848 * 100 / 67.941 = 1177.269 \text{кгс/см}^2.$$

Критические напряжения в сжатых широких полках профнастила при расчетной нагрузке (по таблице 2 СТО 0047-2005) $\sigma_{кр}=489\text{кгс/см}^2$.

Критические напряжения в сжатых полках профнастила при нормативной нагрузке (по таблице 2 СТО 0047-2005) $\sigma_{кр}=819\text{кгс/см}^2$.

Выполняем анализ напряженного состояния профнастила по нормальным напряжениям в двух сечениях - над опорой и в пролете сравнивая эти напряжения с критическими найденными по таблице 2 СТО 0047-2005.

Так как нормальные напряжения для опорного сечения в сжатых узких полках $\sigma=2367.204\text{кгс/см}^2$ меньше критических $\sigma_{кр}=10996\text{кгс/см}^2$ потеря местной устойчивости сжатых полок происходить не будет и при проверках редуцировать геометрические характеристики не требуется.

Нормальные напряжения для сечения над опорой в сжатых узких полках профнастила $\sigma=2367.204\text{кгс/см}^2$ меньше расчетного сопротивления $R_y=2450\text{кгс/см}^2$ несущая способность этого сечения обеспечена.

Так как нормальные напряжения для пролетного сечения в сжатых широких полках $\sigma=1177.269\text{кгс/см}^2$ больше критических $\sigma_{кр}=489\text{кгс/см}^2$ потеря местной устойчивости сжатых полок будет происходить и при проверках необходимо редуцировать геометрические характеристики.

Выполняем редуцирование момента сопротивления по таблицам приложения А к СТО 0047-2005 в соответствии с описанной в п. А.1 методики.

Нормальные напряжения для сечения в пролете в сжатых полках профнастила (принятые для определения редуцированного W) $\sigma=1352.273\text{кгс/см}^2$.

$$\text{Момент сопротивления (с учетом редуцирования)} W=59.148\text{см}^3.$$

Нормальные напряжения для сечения в пролете в сжатых полках профнастила вычисленные по редуцированному моменту сопротивления $\sigma=799.848 * 100 / 59.148 = 1352.282\text{кгс/см}^2$.

Разница в величинах нормальных напряжений на последнем шаге итерации составляет 0.001%, что меньше допускаемой величины 1%.

Нормальные напряжения для сечения в пролете в сжатых широких полках профнастила $\sigma=1352.282\text{кгс/см}^2$ меньше расчетного сопротивления

$R_y=2450\text{кгс/см}^2$, следовательно несущая способность этого сечения обеспечена.

Высота гофры профлиста $h=114\text{мм}$.

Толщина гофры профлиста $t=0.9\text{мм}$.

Шаг гофр профлиста $s=200\text{мм}$.

Количество гофр профлиста на одном метре $n=1000/200 = 5\text{шт}$.

Касательные напряжения в ребрах профнастила
 $\tau=Q/(n*2*h*t)=1552.5/(5*2*11.4*0.09) = 151.316\text{кгс/см}^2$.

Нормальные напряжения от нормативных нагрузок для сечения в пролете в сжатых широких полках профнастила (при работе полным сечением) $\sigma = M_{н.пр1}/W_2 = 585.748*100/67.941 = 862.142\text{кгс/см}^2$.

Критические напряжения в сжатых широких полках профнастила при нормативной нагрузке (по таблице 2 СТО 0047-2005) $\sigma_{кр}=819\text{кгс/см}^2$.

Так как нормальные напряжения от нормативных нагрузок для пролетного сечения в сжатых широких полках $\sigma=862.142\text{кгс/см}^2$ больше критических $\sigma_{кр}=819\text{кгс/см}^2$ потеря местной устойчивости сжатых полок будет происходить и при проверке прогибов необходимо редуцировать момент инерции.

Нормальные напряжения от нормативной нагрузки в сжатых широких полках профнастила (принятые для определения редуцированного I) $\sigma=876.55\text{кгс/см}^2$.

Момент сопротивления (с учетом редуцирования) $W_2=66.832\text{см}^3$.

Нормальные напряжения для сечения в пролете в сжатых полках профнастила вычисленные по редуцированному моменту сопротивления $\sigma=585.748*100/66.832 = 876.448\text{кгс/см}^2$.

Разница в величинах нормальных напряжений на последнем шаге итерации составляет 0.012%, что меньше допускаемой величины 1%.

Редуцированный момент инерции $I=360.727\text{см}^4$.

Максимальный прогиб

$f=0.0052*395.455*4.6^4/2100000/360.727*1000000 = 1.215\text{см} < 2.3\text{см}$
 $= 460/200$.

Расход стали= 15.6кг/м^2 .

Результаты расчетов профнастила по двухконсольной схеме

Расчетная схема представлена на рис. 1.7.

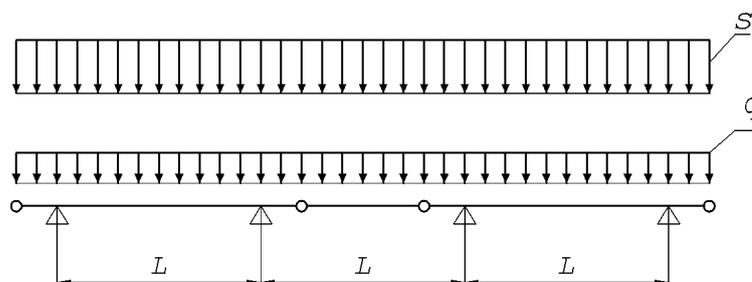


Рис. 1.7. Расчетная схема профнастила по двухконсольной схеме.

Статический расчет и компоновка сечения профнастила

Принятый параметр $\lambda = (W2/W1+1) = (46.015/38.982+1) = 2.1804$.

Величина консольного участка настила $a = 4.6*(2.1804-\sqrt{(2.1804^2-2.1804)})/4 = 0.663\text{м}$.

Расчетный изгибающий момент над опорой $M1=540*(4.6*0.663-0.663^2)/2 = 704.762\text{кгс*м}$.

Расчетный изгибающий момент в пролете $M2=540*(4.6*0.663-0.663^2-4.6^2/4)/2 = -723.538\text{кгс*м}$.

Расчетный изгибающий момент в пролете $M3=(540*(4.6-2*0.663)^2)/8 = 723.538\text{кгс*м}$.

Опорная реакция $R = q*1 = 540*4.6 = 2484\text{кгс}$.

Требуемый момент сопротивления для опорного момента $W_{тр.оп} = 704.762*100/2450 = 28.766\text{см}^3$.

Требуемый момент сопротивления для максимального пролетного момента $W_{тр.пр} = 723.538*100/2450 = 29.532\text{см}^3$.

Требуемый момент сопротивления (для подбора профнастила при работе полным сечением) вычисленный для максимального изгибающего момента $W_{тр}=29.532\text{см}^3$.

Принимается для проверки марка профнастила Н80А-674-0.9, для которого $W1=38.982\text{см}^3$, а $W2=46.015\text{см}^3$.

Момент сопротивления при работе полным сечением (по таблице 1 СТО 0047-2005) для нижней полки $W1=38.982\text{см}^3$.

Момент сопротивления при работе полным сечением (по таблице 1 СТО 0047-2005) для верхней полки $W2=46.015\text{см}^3$.

Проверки принятого профнастила по двухконсольной схеме

Выполняем анализ напряженного состояния профнастила по нормальным напряжениям в трех сечениях - над опорой и в двух пролетах сравнивая эти напряжения с критическими по таблице 2 СТО 0047-2005.

Нормальные напряжения сжатия для опорного момента (сжатые полки узкие) при работе полного сечения

$$\sigma = 704.762 * 100 / 38.982 = 1807.916 \text{ кг/см}^2.$$

Критические напряжения для опорного сечения (сжатые узкие полки) по таблице 2 СТО 0047-2005 $\sigma_{кр} = 1766 \text{ кг/см}^2$.

Так как нормальные напряжения для опорного сечения в сжатых узких полках $\sigma = 1807.916 \text{ кгс/см}^2$ больше критических $\sigma_{кр} = 1766 \text{ кгс/см}^2$ потеря местной устойчивости сжатых полок будет происходить и при проверках необходимо редуцировать геометрические характеристики.

Выполняем редуцирование момента сопротивления по таблицам приложения А к СТО 0047-2005 в соответствии с описанной в п. А.1 методики.

Нормальные напряжения для сечения на опоре в сжатых узких полках профнастила (принятые для определения редуцированного W) $\sigma = 1825.521 \text{ кгс/см}^2$.

$$\text{Момент сопротивления (с учетом редуцирования)} W = 38.584 \text{ см}^3.$$

Нормальные напряжения для сечения на опоре в сжатых полках профнастила вычисленные по редуцированному моменту сопротивления $\sigma = *100 / 38.584 = 1826.565 \text{ кгс/см}^2$.

Разница в величинах нормальных напряжений на последнем шаге итерации составляет 0.057%, что меньше допускаемой величины 1%.

Нормальные напряжения для сечения на опоре в сжатых узких полках профнастила $\sigma = 1826.565 \text{ кгс/см}^2$ меньше расчетного сопротивления $R_y = 2450 \text{ кгс/см}^2$, следовательно несущая способность этого сечения обеспечена.

Нормальные напряжения сжатия для пролетного момента (сжатые полки широкие) при работе полного сечения $\sigma = 723.538 * 100 / 46.015 = 1572.396 \text{ кг/см}^2$.

Критические напряжения для пролетного сечения (сжатые широкие полки) по таблице 2 СТО 0047-2005 $\sigma_{кр} = 411 \text{ кг/см}^2$.

Так как нормальные напряжения для пролетного сечения в сжатых широких полках $\sigma = 1572.396 \text{ кгс/см}^2$ больше критических $\sigma_{кр} = 411 \text{ кгс/см}^2$ потеря местной устойчивости сжатых полок будет происходить и при проверках необходимо редуцировать геометрические характеристики.

Выполняем редуцирование момента сопротивления по таблицам приложения А к СТО 0047-2005 в соответствии с описанной в п. А.1 методики.

Нормальные напряжения для сечения в пролете в сжатых полках профнастила (принятые для определения редуцированного W) $\sigma = 2247.363 \text{ кгс/см}^2$.

$$\text{Момент сопротивления (с учетом редуцирования)} W = 32.213 \text{ см}^3.$$

Нормальные напряжения для сечения в пролете в сжатых полках профнастила вычисленные по редуцированному моменту сопротивления $\sigma = 29.532 * 100 / 32.213 = 2246.106 \text{ кгс/см}^2$.

Разница в величинах нормальных напряжений на последнем шаге итерации составляет 0.056%, что меньше допускаемой величины 1%.

Нормальные напряжения для сечения в пролете в сжатых широких полках профнастила $\sigma=2246.106\text{кгс/см}^2$ меньше расчетного сопротивления $R_y=2450\text{кгс/см}^2$ несущая способность этого сечения обеспечена.

Высота гофры профлиста $h=80\text{мм}$.

Толщина гофры профлиста $t=0.9\text{мм}$.

Шаг гофр профлиста $s=168\text{мм}$.

Количество гофр профлиста на одном метре $n=1000/168 = 5.952\text{шт}$.

Касательные напряжения в ребрах профнастила $\tau=Q/(n*2*h*t)=2484/(5.952*2*8*0.09) = 289.819\text{кгс/см}^2$.

Расход стали= 13.9кг/м^2 .

Анализ результатов расчетов показывает, что применение двухконсольной схемы раскладки профлистов позволяет уменьшить расход стали на $1-13.9/15.6 = 0.109 = 10.9\%$.

В приложении 1 приведены исходные данные для выполнения индивидуальных заданий по данной теме. В приложении 2 приведены необходимые таблицы А1 – А16 СТО 0047-2005.

2. Расчет прогонов

Несущим элементом на который опирается стальной профилированный настил – прогон. Этот элемент каркаса то же работает на изгиб. Расчет и конструирование прогона взаимосвязано с расчетной схемой принятой для профнастила и углом наклона кровли к горизонту.

2.1. Общие сведения.

Поперечное сечение прогонов чаще всего принимается швеллерным или замкнутым прямоугольным. Для каркасов с использованием ЛМК могут быть использованы прокатные швеллера, гнутые профили (равнополочные швеллера, С и Z образные профили). Особенностью работы прогона является его положение в пространстве, а конкретнее – угол наклона кровли к горизонту. При малых углах наклона кровли скатная составляющая от нагрузок (рис. 2.1) не сильно сказывается на напряженно-деформированном состоянии этого элемента. Но при значительных углах (порядка 5% и более) пренебрегать скатной составляющей уже нельзя, особенно для открытых (не замкнутых) профилей типа швеллер.

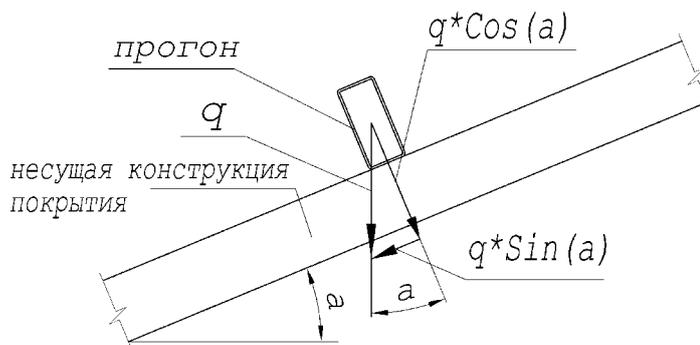


Рис. 2.1. Составляющие нагрузок на прогон при учете его наклона.

Углы наклона кровель принимаются по конструктивным соображениям в зависимости от вида материалов кровли (таблица 2.1).

Таблица 2.1.

Углы наклона кровель в зависимости от вида материалов кровли

Уклоны кровель, %								
рулонные	мастичные	из асбестоцементных листов	из мелкоштучных материалов			из листовой стали или меди	из металлического профлиста и металлочерепицы	из железобетонных панелей
			черепица	асбестоцементные плитки	битумные и битумно-полимерные плитки			
0-25*	0-25*	не менее 10	не менее 20**	не менее 50	не менее 20	не менее 30	не менее 10	не менее 5

2.2. Компонировка прогонов.

Прогоны могут быть выполнены как по разрезной расчетной схеме, так и по неразрезной. С учетом достаточно большого шага между основными несущими конструкциями покрытия (фермами, балками и т.п.) чаще всего используется разрезная схема прогона, это связано с ограничением длины проката. Кроме того такая схема позволяет избежать осложнений (особенно при сложных покрытиях) связанных с разностью отметок в точках опирания прогонов. При неразрезных схемах опирания прогонов возникает необходимость более тщательного контроля за высотными отметками при монтаже основных несущих элементов покрытия, в противном случае в местах опирания прогонов возникают зазоры, которые необходимо чем-то компенсировать. Но при достаточно

простых покрытиях неразрезная схема позволяет (так же как и при расчете профнастила) уменьшить усилия в в прогонах и сократить расход стали.

При компоновке прогонов проводится предварительный анализ влияния угла наклона на напряженно-деформированное состояние принятого сечения и конструктивной возможности снижения скатной составляющей.

Снижение скатной составляющей может быть осуществлено за счет уменьшения пролета прогона для этой составляющей путем использования дополнительного раскрепления тяжами или включения в работу ограждающих конструкций (профнастила). При использовании включения в работу профнастила необходимо обосновать такое включение и обеспечить надежность его на весь срок эксплуатации покрытия.

При использовании дополнительного раскрепления тяжами должна быть конструктивно проработана передача скатной составляющей от тяжей к основным несущим элементам покрытия. Схемы установки дополнительных тяжей и передача скатной составляющей приведены на рис. 2.2 и 2.3.

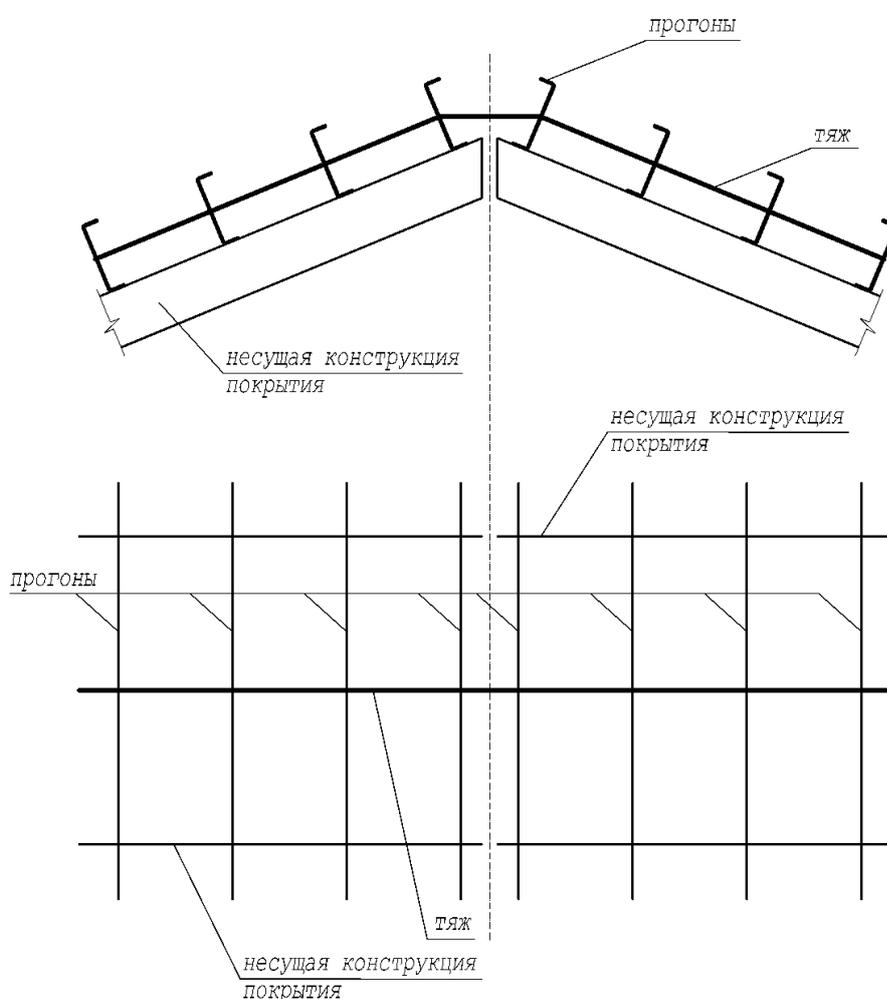


Рис. 2.2. Установки дополнительного тяжа (вариант 1).

В первом варианте крепления дополнительных тяжей передача скатной составляющей осуществляется непосредственным соединением тяжей работающих на противоположных ската., что позволяет взаимно компенсировать усилия в них.

Во втором варианте усилия от скатной составляющей от тяжа передаются непосредственно на основные несущие конструкции покрытия. В этом случае необходимо разработать узел крепления дополнительных тяжей к этим конструкциям и при расчете основных несущих конструкций покрытия учесть эту составляющую.

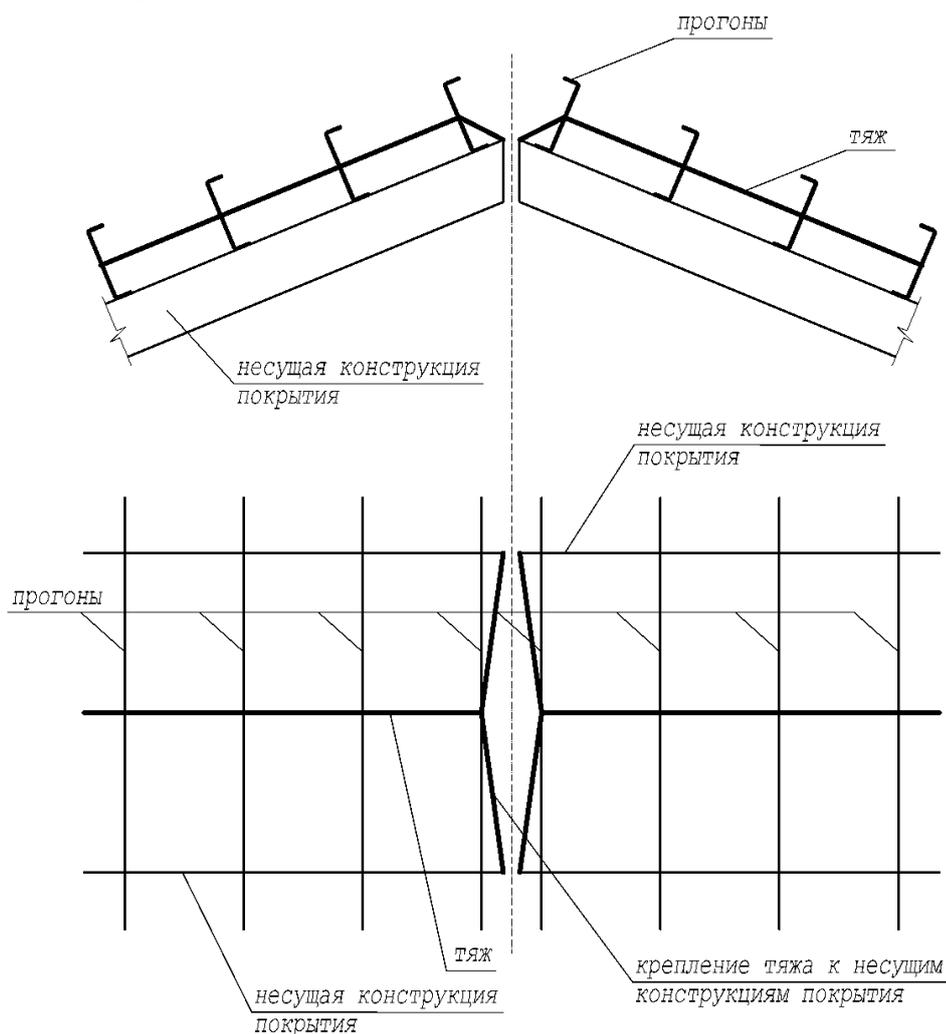


Рис. 2.3. Установки дополнительного тяжа (вариант 2).

2.3. Расчет прогона.

При расчете стального прогона необходимо учитывать особенности работы открытых (не замкнутых) профилей, особенно это касается гнутых тонкостенных профилей.

Кроме того необходимо учитывать расчетную схему работы

профнастила опирающегося на прогоны. Уменьшение изгибающих моментов в профнастиле за счет неразрезности приводит к увеличению опорной реакции (для средних опор) передающейся на прогоны. Это увеличение может достигать от 10 до 25%. Так, для двухпролетной схемы, при работе профнастила на среднюю опору (а опорой для профнастила является прогон) будет передаваться усилие $1.25ql$ (см. табл. 1.2 схема 2), т.е. на 25% больше, чем при разрезной схеме.

При расчете прогонов особое внимание следует обращать на анализ напряженного состояния.

2.4. Пример расчета прогона.

Выполнить расчет прогонов установленных в покрытии с углом наклона кровли к горизонту 25% в трех вариантах выполнения: из прокатного швеллера с уклоном полок по ГОСТ 8240-89, гнутого швеллера по ГОСТ 8278-83 и из гнуто-сварного прямоугольного профиля по ГОСТ 30245-2003 (сортаменты для указанных профилей приведены в приложении 3 к данному пособию) при следующих исходных данных:

Пролет прогона 3.8м.

Расчетная схема прогона для нормальной составляющей нагрузок – статически определяемая однопролетная балка.

Шаг прогонов по склону (ширина грузовой площадки) 3.5м.

Уклон кровли 25%.

Расчетная схема профнастила - трехпролетная.

Снеговой район - IV.

Кровля холодная из профилированного листа марки - Н60-845-0.9.

Провести анализ результатов расчетов по критерию минимума расхода стали на прогоны и сформулировать выводы по проведенному анализу.

Рассматривается схема прогонов без дополнительных тяжей для уменьшения скатной составляющей.

Пролет прогона $L=3.8$ м.

Пролет для скатной составляющей прогона $L_{ск}=3.8$ м.

Так как дополнительные тяжи не устанавливаются, расчетные схемы для нормальной и скатной составляющих нагрузок одинаковые – статически определяемая однопролетная балка.

Шаг прогонов по склону (ширина грузовой площадки) $B=3.5$ м.

Уклон кровли 25%

Наклон сечения прогона $\alpha=14.04^\circ$.

Расчетная схема профнастила - трехпролетная.

Так как профнастил уложен по неразрезной схеме нагрузка передаваемая на прогон вычисляется с учетом коэффициента равного 1.1.

Марка профнастила - Н60-845-0.9.

Снеговой район 4.

Вес снегового покрова на квадратный метр горизонтальной поверхности земли $S_g=2.4$ кПа.

Вариант 1 (Сечение прогона выполнено из швеллера №24)

Определение нагрузок и статический расчет

Нормативная нагрузка от собственного веса кровли $g_n=11.1$ кг/м².

Расчетная нагрузка от собственного веса кровли

$$g=11.1*1.05 = 11.655 \text{ кг/м}^2.$$

Нормативная нагрузка от снега

$$S_0 = 0.7*S_g = 0.7*2.4 = 1.68 \text{ кПа} = 168 \text{ кг/м}^2.$$

Расчетная нагрузка от снега $s=168*1.4 = 235.2$ кг/м².

Нормативная погонная нагрузка от собственного веса прогона $g_n=24$ кг/м.

Расчетная погонная нагрузка от собственного веса прогона $g=24*1.05 = 25.2$ кг/м.

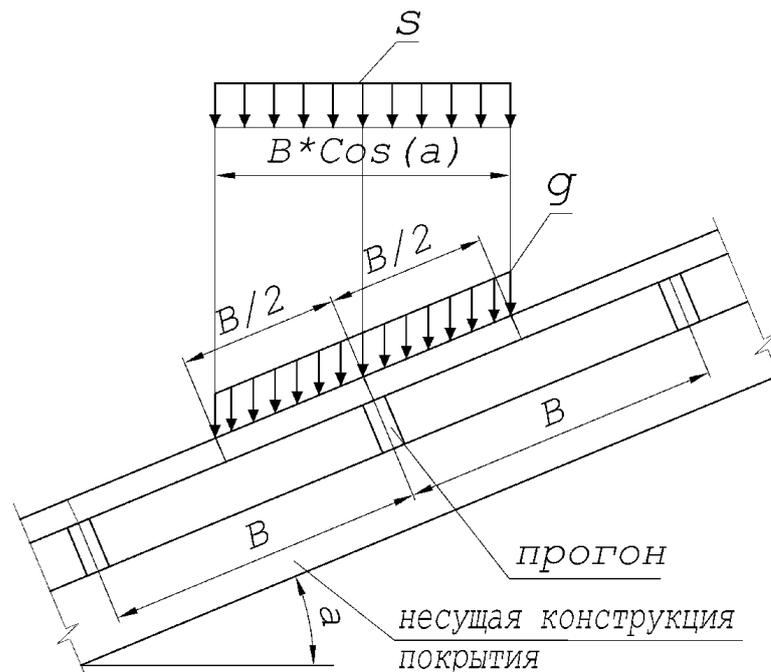


Рис. 2.4. К определению нагрузок на прогон.

При определении нагрузок на прогон учитывается, что ширина грузовой площадки для снеговой нагрузки равна $B*\text{Cos}(a)$, для

собственного веса прогона и кровли равна B (рис. 2.4).

Нормативная нагрузка от собственного веса кровли и прогона
 $g_n = 11.1 + 24 = 35.1$ кг/м.

Расчетная нагрузка от собственного веса кровли и прогона
 $g = 11.655 + 25.2 = 36.855$ кг/м.

Нормативная погонная нагрузка
 $q_n = (35.1 + 168 * \cos(14.04)) * 3.5 * 1.1 = 762.613$ кг/м.

Расчетная погонная нагрузка
 $q = (36.855 + 235.2 * \cos(14.04)) * 3.5 * 1.1 = 1020.361$ кг/м.

Нормальная составляющая расчетной погонной нагрузки
 $q_x = 1020.361 * \cos(14.04) = 989.879$ кг/м.

Скатная составляющая расчетной погонной нагрузки
 $q_y = 1020.361 * \sin(14.04) = 247.539$ кг/м.

Изгибающий момент в пролете от нормальной составляющей
 $M_x = 989.879 * 3.8^2 / 8 = 1786.732$ кг*м.

Изгибающий момент в пролете от скатной составляющей
 $M_y = 247.539 * 3.8^2 / 8 = 446.808$ кг*м.

Перерезывающая сила $Q = 1020.361 * 3.8 / 2 = 1938.6859$ кг.

Сечение прогона выполнено из швеллера №24

Моменты сопротивления швеллера № 24 $W_x = 242 \text{ см}^3$, $W_y = 31.6 \text{ см}^3$.

Момент инерции швеллера № 24 $J_x = 2900 \text{ см}^4$.

Статический момент швеллера № 24 $S_x = 139 \text{ см}^3$.

Толщина стенки швеллера № 24 $t = 5.6 \text{ мм}$.

Моменты сопротивления прогона из швеллера №24 $W_x = 242 \text{ см}^3$,
 $W_y = 31.6 \text{ см}^3$.

Момент инерции прогона из швеллера №24 $J_x = 2900 \text{ см}^4$.

Проверки прочности

Прочность по нормальным напряжениям

$\sigma = M_x / W_x + M_y / W_y = 1786.732 * 100 / 242 + 446.808 * 100 / 31.6 =$
 $= 738.32 + 1413.95 = 2152.268$ кг/см².

Расчетное сопротивление стали $R_y = 2300$ кг/см².

Прочность прогона по нормальным напряжениям обеспечена.

Проверка жесткости

Прогиб прогона

$f = (5 * 762.613 * 1000000 * 3.8^4) / (384 * 2100000 * 2900) = 0.34 \text{ см}$.

Допускаемый прогиб (по интерполяции между табличными данными СП 20.13330.2011 для пролетов 3м и 6м) $[f] = 2.27 \text{ см}$.

Жесткость прогона обеспечена.

Вариант 2 (сечение прогона выполнено из гнутого швеллера Гн.[160х160х6])

Определение нагрузок и статический расчет

Нормативная нагрузка от собственного веса кровли $g_n=11.1 \text{ кг/м}^2$.

Расчетная нагрузка от собственного веса кровли

$$g=11.1*1.05 = 11.655 \text{ кг/м}^2.$$

Нормативная нагрузка от снега

$$S_0 = 0.7*S_g = 0.7*2.4 = 1.68 \text{ кПа} = 168 \text{ кг/м}^2.$$

Расчетная нагрузка от снега $s=168*1.4 = 235.2 \text{ кг/м}^2$.

Нормативная погонная нагрузка от собственного веса прогона

$$g_n=21.56 \text{ кг/м.}$$

Расчетная погонная нагрузка от собственного веса прогона

$$g=21.56*1.05 = 22.638 \text{ кг/м.}$$

Нормативная нагрузка от собственного веса кровли и прогона

$$g_n=11.1+21.56 = 32.66 \text{ кг/м.}$$

Расчетная нагрузка от собственного веса кровли и прогона

$$g=11.655+22.638 = 34.293 \text{ кг/м.}$$

Нормативная погонная нагрузка

$$q_n=(32.66+168*\text{Cos}(14.04))3.5*1.1=753.219 \text{ кг/м.}$$

Расчетная погонная нагрузка

$$q=(34.293+235.2*\text{Cos}(14.04))3.5*1.1=1010.497 \text{ кг/м.}$$

Нормальная составляющая расчетной погонной нагрузки

$$q_x=1010.497*\text{Cos}(14.04)=980.31 \text{ кг/м.}$$

Скатная составляющая расчетной погонной нагрузки

$$q_y=1010.497*\text{Sin}(14.04)=245.146 \text{ кг/м.}$$

Изгибающий момент в пролете от нормальной составляющей

$$M_x=980.31*3.8^2/8=1769.46 \text{ кг*м.}$$

Изгибающий момент в пролете от скатной составляющей

$$M_y=245.146*3.8^2/8=442.489 \text{ кг*м.}$$

Перерезывающая сила $Q=1010.497*3.8/2=1919.9443 \text{ кг.}$

Сечение прогона выполнено из Гн.[160х160х6]

Моменты сопротивления Гн.[160х160х6 $W_x=157.78\text{см}^3$, $W_y=72.82\text{см}^3$.

Момент инерции Гн.[160х160х6 $J_x=1262.25\text{см}^4$.

Статический момент Гн.[160х160х6 $S_x=87.9\text{см}^3$.

Толщина стенки Гн.[160х160х6 $t=6\text{мм.}$

Моменты сопротивления прогона из Гн.[160x160x6 $W_x=157.78\text{см}^3$,
 $W_y=72.82\text{см}^3$.

Момент инерции прогона из Гн.[160x160x6 $J_x=1262.25\text{см}^4$.

Проверки прочности

Прочность по нормальным напряжениям

$$\sigma = M_x/W_x + M_y/W_y = 1769.46 \cdot 100 / 157.78 + 442.489 \cdot 100 / 72.82 = 1121.47 + 607.65 = 1729.121 \text{ кг/см}^2.$$

Расчетное сопротивление стали $R_y = 2300 \text{ кг/см}^2$.

Прочность прогона по нормальным напряжениям обеспечена.

Проверка жесткости

Прогиб прогона

$$f = (5 \cdot 753.219 \cdot 1000000 \cdot 3.8^4) / (384 \cdot 2100000 \cdot 1262.25) = 0.7715 \text{ см.}$$

Допускаемый прогиб (по интерполяции между табличными данными СП 20.13330.2011 для пролетов 3м и 6м) $[f] = 2.27 \text{ см.}$

Жесткость прогона обеспечена.

Вариант 3 (сечение прогона выполнено из пр.тр. 180x100x4)

Определение нагрузок и статический расчет

Нормативная нагрузка от собственного веса кровли $g_n = 11.1 \text{ кг/м}^2$.

Расчетная нагрузка от собственного веса кровли

$$g = 11.1 \cdot 1.05 = 11.655 \text{ кг/м}^2.$$

Нормативная нагрузка от снега

$$S_0 = 0.7 \cdot S_g = 0.7 \cdot 2.4 = 1.68 \text{ кПа} = 168 \text{ кг/м}^2.$$

Расчетная нагрузка от снега $s = 168 \cdot 1.4 = 235.2 \text{ кг/м}^2$.

Нормативная погонная нагрузка от собственного веса прогона

$$g_n = 20.75 \text{ кг/м.}$$

Расчетная погонная нагрузка от собственного веса прогона

$$g = 20.75 \cdot 1.05 = 21.7875 \text{ кг/м.}$$

Нормативная нагрузка от собственного веса кровли и прогона

$$g_n = 11.1 + 20.75 = 31.85 \text{ кг/м.}$$

Расчетная нагрузка от собственного веса кровли и прогона

$$g = 11.655 + 21.7875 = 33.4425 \text{ кг/м.}$$

Нормативная погонная нагрузка

$$q_n = (31.85 + 168 \cdot \cos(14.04)) \cdot 3.5 \cdot 1.1 = 750.1 \text{ кг/м.}$$

Расчетная погонная нагрузка

$$q = (33.4425 + 235.2 \cdot \cos(14.04)) \cdot 3.5 \cdot 1.1 = 1007.223 \text{ кг/м.}$$

Нормальная составляющая расчетной погонной нагрузки

$$q_x = 1007.223 \cdot \cos(14.04) = 977.134 \text{ кг/м.}$$

Скатная составляющая расчетной погонной нагрузки

$$q_y = 1007.223 \cdot \sin(14.04) = 244.352 \text{ кг/м.}$$

Изгибающий момент в пролете от нормальной составляющей

$$M_x = 977.134 \cdot 3.8^2 / 8 = 1763.727 \text{ кг*м.}$$

Изгибающий момент в пролете от скатной составляющей

$$M_y = 244.352 \cdot 3.8^2 / 8 = 441.055 \text{ кг*м.}$$

$$\text{Перерезывающая сила } Q = 1007.223 \cdot 3.8 / 2 = 1913.7237 \text{ кг.}$$

Сечение прогона выполнено из пр.тр. 140x100x6

Моменты сопротивления пр.тр. 140x100x6 $W_x = 100.6 \text{ см}^3$, $W_y = 83.45 \text{ см}^3$.

Момент инерции пр.тр. 140x100x6 $J_x = 704.5 \text{ см}^4$.

Толщина стенки кв.труба № пр.тр. 140x100x6 $t = 6 \text{ мм}$.

Моменты сопротивления прогона из пр.тр. 140x100x6 $W_x = 100.6 \text{ см}^3$,

$W_y = 83.45 \text{ см}^3$.

Момент инерции прогона из пр.тр. 140x100x6 $J_x = 704.5 \text{ см}^4$.

Проверки прочности

Прочность по нормальным напряжениям

$$\sigma = M_x / W_x + M_y / W_y = 1763.727 \cdot 100 / 100.6 + 441.055 \cdot 100 / 83.45 = \\ = 1753.21 + 528.53 = 2281.734 \text{ кг/см}^2.$$

Расчетное сопротивление стали $R_y = 2300 \text{ кг/см}^2$.

Прочность прогона по нормальным напряжениям обеспечена.

Проверка жесткости

Прогиб прогона

$$f = (5 \cdot 750.1 \cdot 1000000 \cdot 3.8^4) / (384 \cdot 2100000 \cdot 704.5) = 1.3766 \text{ см.}$$

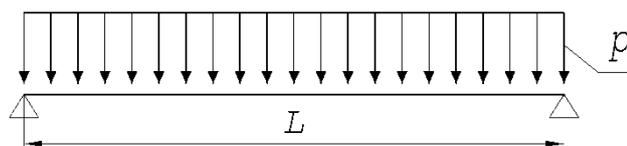
Допускаемый прогиб (по интерполяции между табличными данными СП 20.13330.2011 для пролетов 3м и 6м) $[f] = 2.27 \text{ см}$.

Жесткость прогона обеспечена.

Рассматривается схема прогонов с установленным одним дополнительным тязем для уменьшения скатной составляющей.

Так как устанавливаются дополнительные тязи, расчетные схемы для нормальной и скатной составляющих нагрузок разные. Для нормальной составляющей нагрузок – статически определимая однопролетная балка, для скатной составляющей нагрузок – статически неопределимая двухпролетная балка (рис. 2.5).

для нормальной составляющей



для скатной составляющей

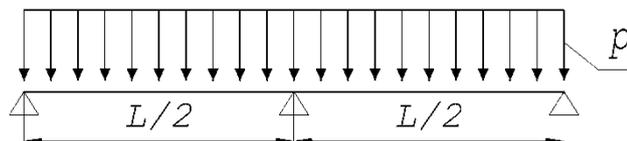


Рис. 2.4. Расчетные схемы прогона для составляющих нагрузок.

Вариант 1 (сечение прогона выполнено из швеллера №18)

Определение нагрузок и статический расчет

Пролет прогона $L=3.8\text{м}$.

Пролет для скатной составляющей прогона $L'=L/2=1.9\text{м}$.

Шаг прогонов по склону (ширина грузовой площадки) $B=3.5\text{м}$.

Уклон кровли 25%

Наклон сечения прогона $\alpha=14.04^\circ$.

Расчетная схема профнастила - трех пролетная.

Так как профнастил уложен по неразрезной схеме нагрузка передаваемая на прогон вычисляется с учетом коэффициента равного 1.1.

Марка профнастила - Н60-845-0.9.

Снеговой район 4.

Вес снегового покрова на квадратный метр горизонтальной поверхности земли $S_g=2.4\text{кПа}$.

Нормативная нагрузка от собственного веса кровли $g_n=11.1\text{кг/м}^2$.

Расчетная нагрузка от собственного веса кровли

$$g=11.1*1.05 = 11.655\text{кг/м}^2.$$

Нормативная нагрузка от снега

$$S_0 = 0.7*S_g = 0.7*2.4 = 1.68\text{кПа} = 168\text{кг/м}^2.$$

Расчетная нагрузка от снега $s=168*1.4 = 235.2\text{кг/м}^2$.

Нормативная погонная нагрузка от собственного веса прогона $g_n=16.3\text{кг/м}$.

Расчетная погонная нагрузка от собственного веса прогона
 $g=16.3*1.05 = 17.115$ кг/м.

Нормативная нагрузка от собственного веса кровли и прогона
 $g_n=11.1+16.3 = 27.4$ кг/м.

Расчетная нагрузка от собственного веса кровли и прогона
 $g=11.655+17.115 = 28.77$ кг/м.

Нормативная погонная нагрузка

$$q_n=(27.4+168*\text{Cos}(14.04))3.5*1.1=732.968 \text{ кг/м.}$$

Расчетная погонная нагрузка

$$q=(28.77+235.2*\text{Cos}(14.04))3.5*1.1=989.234 \text{ кг/м.}$$

Нормальная составляющая расчетной погонной нагрузки

$$q_x=989.234*\text{Cos}(14.04)=959.682 \text{ кг/м.}$$

Скатная составляющая расчетной погонной нагрузки

$$q_y=989.234*\text{Sin}(14.04)=239.987 \text{ кг/м.}$$

Изгибающий момент в пролете от нормальной составляющей

$$M_x=959.682*3.8^2/8=1732.226 \text{ кг*м.}$$

Изгибающий момент в пролете от скатной составляющей

$$M_y=239.987*1.9^2/8=108.294 \text{ кг*м.}$$

Перерезывающая сила $Q=989.234*3.8/2=1879.5446$ кг.

Сечение прогона выполнено из швеллера №18

Момент сопротивления швеллера № 18 $W_x=121\text{см}^3$.

Момент сопротивления швеллера № 18 $W_y=17\text{см}^3$.

Момент инерции швеллера № 18 $J_x=1090\text{см}^4$.

Статический момент швеллера № 18 $S_x=69.8\text{см}^3$.

Толщина стенки швеллера № 18 $t=5.1\text{мм}$.

Момент сопротивления прогона из швеллера №18 $W_x=121\text{см}^3$.

Момент сопротивления прогона из швеллера №18 $W_y=17\text{см}^3$.

Момент инерции прогона из швеллера №18 $J_x=1090\text{см}^4$.

Проверки прочности

Прочность по нормальным напряжениям

$$\sigma=M_x/W_x+M_y/W_y=1732.226*100/121+108.294*100/17=$$
$$=1431.59+637.02=2068.615 \text{ кг/см}^2.$$

Расчетное сопротивление стали $R_y=2300$ кг/см².

Прочность прогона по нормальным напряжениям обеспечена.

Проверка жесткости

Прогиб прогона

$$f=(5*732.968*1000000*3.8^4)/(384*2100000*1090) = 0.8694\text{см.}$$

Допускаемый прогиб (по интерполяции между табличными данными)

СП 20.13330.2011 для пролетов 3м и 6м) $[f]=2.27\text{см}$.

Жесткость прогона обеспечена.

Вариант 2 (сечение прогона выполнено из гнутого швеллера Гн.[160x100x6])

Определение нагрузок и статический расчет

Нормативная нагрузка от собственного веса кровли $g_n=11.1 \text{ кг/м}^2$.

Расчетная нагрузка от собственного веса кровли

$$g=11.1*1.05 = 11.655 \text{ кг/м}^2.$$

Нормативная нагрузка от снега

$$S_0 = 0.7*S_g = 0.7*2.4 = 1.68\text{кПа} = 168 \text{ кг/м}^2.$$

Расчетная нагрузка от снега $s=168*1.4 = 235.2 \text{ кг/м}^2$.

Нормативная погонная нагрузка от собственного веса прогона $g_n=15.91 \text{ кг/м}$.

Расчетная погонная нагрузка от собственного веса прогона $g=15.91*1.05 = 16.7055 \text{ кг/м}$.

Нормативная нагрузка от собственного веса кровли и прогона

$$g_n=11.1+15.91 = 27.01 \text{ кг/м}.$$

Расчетная нагрузка от собственного веса кровли и прогона

$$g=11.655+16.7055 = 28.3605 \text{ кг/м}.$$

Нормативная погонная нагрузка

$$q_n=(27.01+168*\text{Cos}(14.04))3.5*1.1=731.466 \text{ кг/м}.$$

Расчетная погонная нагрузка

$$q=(28.3605+235.2*\text{Cos}(14.04))3.5*1.1=987.657 \text{ кг/м}.$$

Нормальная составляющая расчетной погонной нагрузки

$$q_x=987.657*\text{Cos}(14.04)=958.152 \text{ кг/м}.$$

Скатная составляющая расчетной погонной нагрузки

$$q_y=987.657*\text{Sin}(14.04)=239.605 \text{ кг/м}.$$

Изгибающий момент в пролете от нормальной составляющей

$$M_x=958.152*3.8^2/8=1729.464 \text{ кг*м}.$$

Изгибающий момент в пролете от скатной составляющей

$$M_y=239.605*1.9^2/8=108.122 \text{ кг*м}.$$

Перерезывающая сила $Q=987.657*3.8/2=1876.5483 \text{ кг}$.

Сечение прогона выполнено из Гн.[160x100x6

Моменты сопротивления Гн.[160x100x6 $W_x=104.39\text{см}^3$, $W_y=30.04\text{см}^3$.

Момент инерции Гн.[160x100x6 $J_x=835.14\text{см}^4$.

Статический момент Гн.[160x100x6 $S_x=60.18\text{см}^3$.

Толщина стенки Гн.[160x100x6 $t=6\text{мм}$.

Моменты сопротивления прогона из Гн.[160x100x6 $W_x=104.39\text{см}^3$,
 $W_y=30.04\text{см}^3$.

Момент инерции прогона из Гн.[160x100x6 $J_x=835.14\text{см}^4$.

Проверки прочности

Прочность по нормальным напряжениям

$$\sigma = M_x/W_x + M_y/W_y = 1729.464 * 100 / 104.39 + 108.122 * 100 / 30.04 = 1656.73 + 359.93 = 2016.66 \text{ кг/см}^2.$$

Расчетное сопротивление стали $R_y=2300 \text{ кг/см}^2$.

Прочность прогона по нормальным напряжениям обеспечена.

Проверка жесткости

Прогиб прогона

$$f = (5 * 731.466 * 1000000 * 3.8^4) / (384 * 2100000 * 835.14) = 1.1324 \text{ см.}$$

Допускаемый прогиб (по интерполяции между табличными данными СП 20.13330.2011 для пролетов 3м и 6м) $[f]=2.27 \text{ см.}$

Жесткость прогона обеспечена.

Вариант 3 (сечение прогона выполнено из пр.тр. 140x100x5)

Определение нагрузок и статический расчет

Нормативная нагрузка от собственного веса кровли $g_n=11.1 \text{ кг/м}^2$.

Расчетная нагрузка от собственного веса кровли

$$g = 11.1 * 1.05 = 11.655 \text{ кг/м}^2.$$

Нормативная нагрузка от снега

$$S_0 = 0.7 * S_g = 0.7 * 2.4 = 1.68 \text{ кПа} = 168 \text{ кг/м}^2.$$

Расчетная нагрузка от снега $s=168 * 1.4 = 235.2 \text{ кг/м}^2$.

Нормативная погонная нагрузка от собственного веса прогона

$$g_n = 17.55 \text{ кг/м.}$$

Расчетная погонная нагрузка от собственного веса прогона

$$g = 17.55 * 1.05 = 18.4275 \text{ кг/м.}$$

Нормативная нагрузка от собственного веса кровли и прогона

$$g_n = 11.1 + 17.55 = 28.65 \text{ кг/м.}$$

Расчетная нагрузка от собственного веса кровли и прогона

$$g = 11.655 + 18.4275 = 30.0825 \text{ кг/м.}$$

Нормативная погонная нагрузка

$$q_n = (28.65 + 168 * \text{Cos}(14.04)) * 3.5 * 1.1 = 737.78 \text{ кг/м.}$$

Расчетная погонная нагрузка

$$q = (30.0825 + 235.2 * \text{Cos}(14.04)) * 3.5 * 1.1 = 994.287 \text{ кг/м.}$$

Нормальная составляющая расчетной погонной нагрузки

$$q_x = 994.287 \cdot \cos(14.04) = 964.584 \text{ кг/м.}$$

Скатная составляющая расчетной погонной нагрузки

$$q_y = 994.287 \cdot \sin(14.04) = 241.213 \text{ кг/м.}$$

Изгибающий момент в пролете от нормальной составляющей

$$M_x = 964.584 \cdot 3.8^2 / 8 = 1741.074 \text{ кг*м.}$$

Изгибающий момент в пролете от скатной составляющей

$$M_y = 241.213 \cdot 1.9^2 / 8 = 108.847 \text{ кг*м.}$$

$$\text{Перерезывающая сила } Q = 994.287 \cdot 3.8 / 2 = 1889.1453 \text{ кг.}$$

Сечение прогона выполнено из пр.тр. 140x100x5

Моменты сопротивления пр.тр. 140x100x5 $W_x = 86.87 \text{ см}^3$,
 $W_y = 72.24 \text{ см}^3$.

Момент инерции пр.тр. 140x100x5 $J_x = 608.1 \text{ см}^4$.

Толщина стенки пр.тр. 140x100x5 $t = 5 \text{ мм}$.

Моменты сопротивления прогона из пр.тр. 140x100x5 $W_x = 86.87 \text{ см}^3$,
 $W_y = 72.24 \text{ см}^3$.

Момент инерции прогона из пр.тр. 140x100x5 $J_x = 608.1 \text{ см}^4$.

Проверки прочности

Прочность по нормальным напряжениям

$$\sigma = M_x / W_x + M_y / W_y = 1741.074 \cdot 100 / 86.87 + 108.847 \cdot 100 / 72.24 = 2004.23 + 150.67 = 2154.903 \text{ кг/см}^2.$$

Расчетное сопротивление стали $R_y = 2300 \text{ кг/см}^2$.

Прочность прогона по нормальным напряжениям обеспечена.

Проверка жесткости

Прогиб прогона

$$f = (5 \cdot 737.78 \cdot 1000000 \cdot 3.8^4) / (384 \cdot 2100000 \cdot 608.1) = 1.5686 \text{ см.}$$

Допускаемый прогиб (по интерполяции между табличными данными СП 20.13330.2011 для пролетов 3м и 6м) $[f] = 2.27 \text{ см}$.

Жесткость прогона обеспечена.

Таблица 2.2.

Анализ конструктивного решения

Дополнительный тяз для восприятия скатной составляющей установлен			
Принятый профиль	Швеллер №18	Гн. [160x100x6	пр.тр. 140x100x5
Расход стали	16.3	15.91	17.55
Дополнительный тяз для восприятия скатной составляющей отсутствует			
Принятый профиль	Швеллер №24	Гн. [160x160x6	пр.тр. 140x100x6
Расход стали	24	21.56	20.75
Процент экономии	32.08%	26.21%	15.42%

стали			
-------	--	--	--

Выводы:

1. Для открытых не замкнутых сечений швеллерного типа скатная составляющая существенно утяжеляет конструкцию прогона, для прокатного швеллера на 32%, для гнутого – на 26.21%.

2. Сортамент замкнутых гнуто-сварных профилей позволяет подобрать сечение прогона наиболее сопоставимых параметров по расходу стали с разницей примерно в 15%.

В приложении 1 приведены исходные данные для выполнения индивидуальных заданий по данной теме. В приложении 3 приведены необходимые сортаменты по ГОСТ 8240-89, ГОСТ 8278-83 и ГОСТ 30245-2003.

3. Расчет безфасоночных узлов ферм

С целью уменьшения расхода металла в узловых соединениях ферм используют безфасоночные узловые решения. В основном такие узлы характерны для ферм выполненных из круглых труб, двутавров, замкнутых гнуто-сварных профилей (так называемых квадратных или прямоугольных труб). Для ферм ЛМК часто используются сечения из круглых труб и замкнутых гнуто-сварных профилей, по этому безфасоночные узловые решения характерны для таких конструкций.

3.1. Общие сведения.

Безфасоночные узлы ферм ЛМК можно подразделить на:

- узлы ферм из круглых труб;
- узлы ферм из гнутосварных замкнутых профилей.

Примеры решений таких бесфасоночных узлов приведены на рис. 3.1 и 3.2.

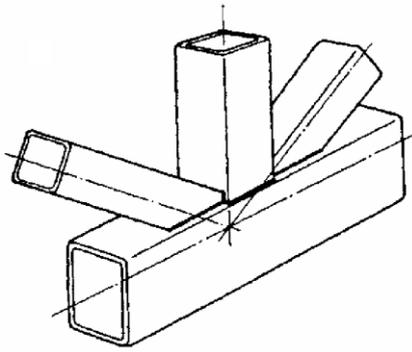


Рис. 3.1. Узел фермы из гнутосварных замкнутых профилей.

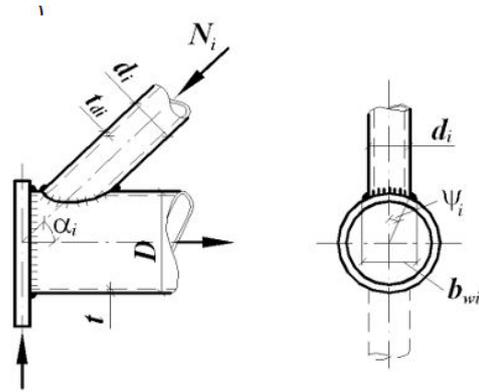


Рис. 3.2. Узел фермы из круглых труб.

Основные преимущества таких узлов – отсутствие дополнительных деталей (фасонок), но у них есть и существенные недостатки. Так например для бесфасоночных узлов из круглых труб очень большую проблему создают «фигурные»резы у стержней решетки, необходимые для достаточно плотного прилегания одной цилиндрической поверхности к другой. Такое плотное прилегание диктуется требованиями сварных швов, которыми соединяются между собой элементы. Для замкнутых гнутосварных профилей эта проблема не настолько остра, но сложность существует и для таких профилей. При современных технологических возможностях (плазменная, лазерная и т.п. режущие станки) такие сложныерезы могут быть выполнены, но такое оборудование достаточно дорогое.

3.2. Конструктивные особенности бесфасоночных узлов ферм.

Основной конструктивной особенностью бесфасоночных узлов является проблема с центрированием осей соединяемых элементов. Подобранные по прочности и устойчивости сечения элементов очень часто не позволяют скомпоновать узел так, что бы оси элементов сходились в одной точке при конструктивном требовании обеспечения достаточного зазора между сварными швами. Нарушение такого требования (отсутствие достаточных зазоров между сварными швами) приводит к образованию трещин в этих сварных швах от внутренних сварных напряжений при остывании металла. На рис. 3.3 показан пример бесфасоночного узла в котором при центрировании осей профили стержней решетки пересекаются «нахлестываясь» друг на друга. На рис. 3.4 показан узел, где обеспечивается необходимый зазор в 20-40мм между сварными швами, но в этом случае возникает эксцентриситет (e) в пересечении осей элементов.

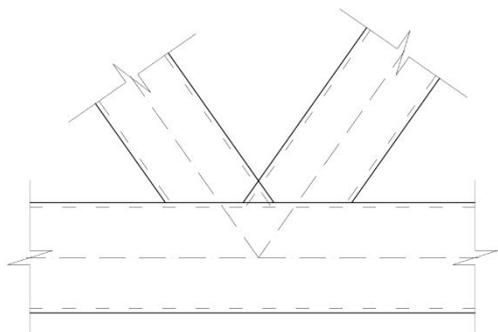


Рис. 3.3. Узел фермы из гнутосварных замкнутых профилей с центрированием осей элементов.

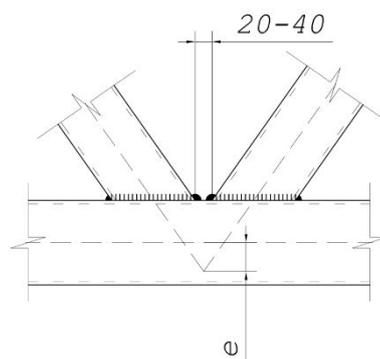


Рис. 3.4. Узел фермы из гнутосварных замкнутых профилей с обеспечением необходимых зазоров между сварными швами.

Такой эксцентриситет создает в поясе дополнительный местный изгибающий момент, который необходимо будет учесть при проверке этого элемента. Очень часто этот местный изгибающий момент является причиной увеличения сечения пояса. Величина местного изгибающего момента в фермах может быть определена при выполнении расчетов на программном комплексе ЛИРА с использованием «жестких вставок». Эта проблема характерна и для ферм из гнутосварных замкнутых профилей и из круглых труб.

Кроме этой проблемы для ферм из гнутосварных замкнутых профилей существует проблема потери устойчивости боковой поверхности элемента пояса и «вырыва» или «продавливания» (в зависимости от направления усилия в раскосе – растягивающего или сжимающего) полки этого же элемента. Напряженно-деформированное состояние элементов узла сильно зависит от взаимного расположения элементов решетки и направление усилий в них. В связи с этим при расчетах различают характерные виды узлов: К-образные, У-образные, Х-образные и т.п. (рис. 3.5 и 3.6).

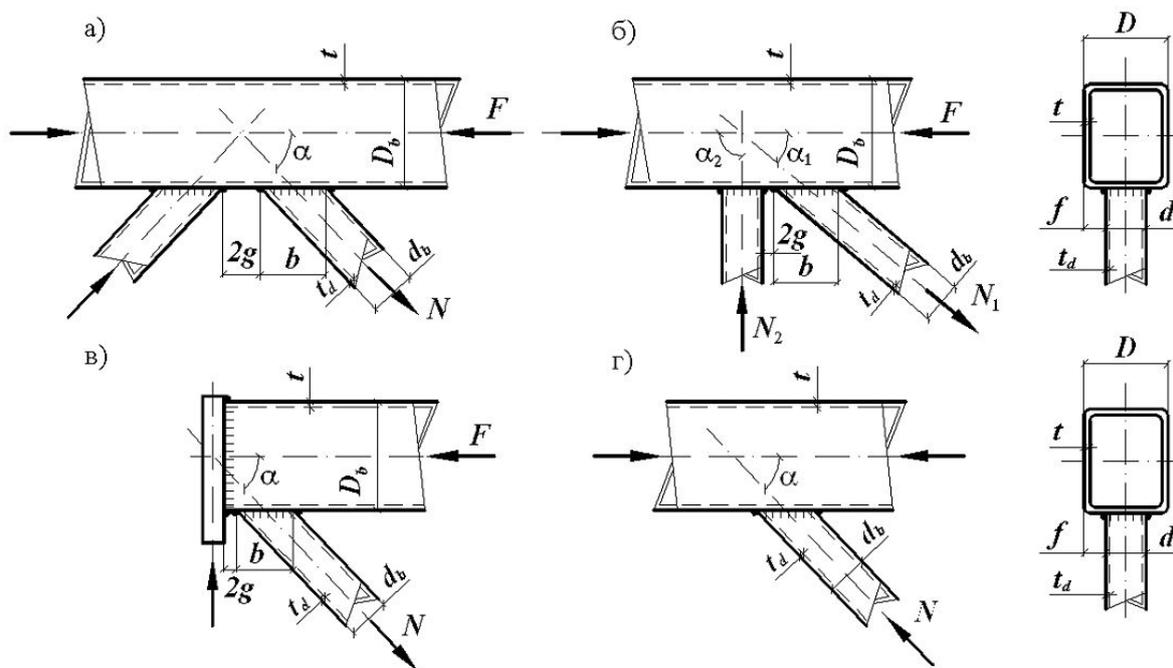


Рис. 3.5. Характерные виды узлов для ферм из гнутосварных замкнутых профилей.

а) К-образный узел при треугольной решетке; б) то же, при раскосной решетке; в) опорный узел. г) У-образный узел.

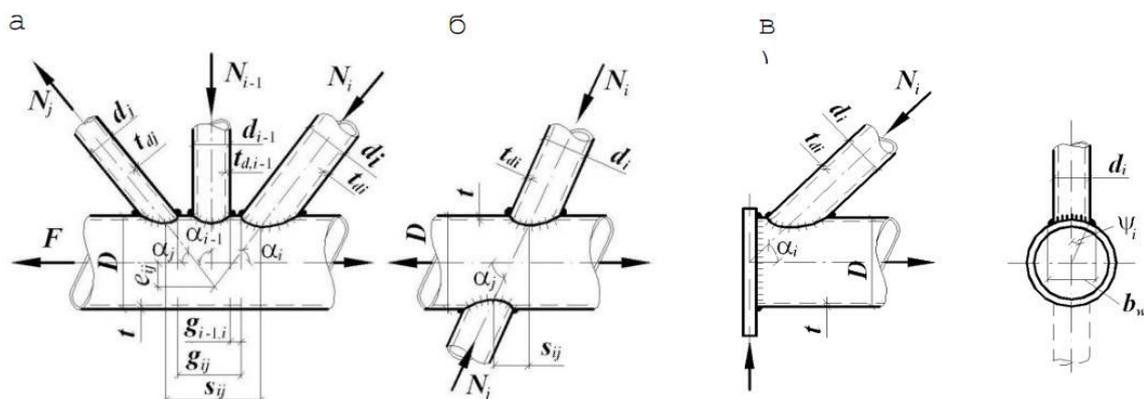


Рис. 3.6. Характерные виды узлов для ферм из круглых труб.

а) К-образный узел; б) Х-образный узел; в) опорный узел.

Одним из способов усиления безрасоночных узлов для ферм из гнутосварных замкнутых профилей является усиление боковой стенки пояса дополнительным листом. Такое усиление часто используется для опорных узлов в которых одним из характерных предельных состояний является потеря устойчивости боковой поверхности стенки.

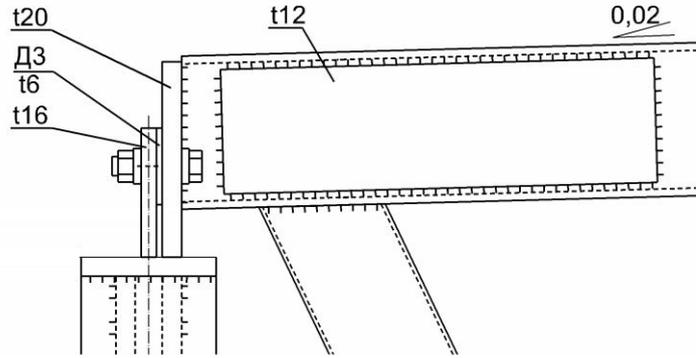


Рис. 3.7. Способ усиления безрасночного опорного узла фермы из гнутосварных замкнутых профилей.

3.3. Расчет узлов ферм из гнuto-сварных замкнутых профилей.

Основные требования к расчету безрасночных узлов ферм из замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения содержатся в приложении Л [2]. Основные проверки для таких узлов следующие:

1. (п. Л.2.1. [2]) Узлы ферм из замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения (рис.3.5) следует проверять согласно требованиям Л.1. приложения Л [2], а также учитывать несущую способность боковой стенки пояса (параллельной плоскости узла) в месте примыкания сжатого элемента решетки.

2. (п. Л.2.2. [2]) В случае одностороннего примыкания к поясу двух или более элементов решетки с усилиями разных знаков, а также одного элемента в опорных узлах при $d/D \leq 0,9$ и $g/b \leq 0,25$ несущую способность стенки пояса следует проверять для каждого примыкающего элемента по формуле

$$\left(N + \frac{1,5M}{d_b}\right) \cdot \frac{(0,4 + 1,8 \cdot g/b) \cdot f \cdot \sin \alpha}{\gamma_c \gamma_d \gamma_D R_y \cdot t^2 \cdot (b + g + \sqrt{2Df})} \leq 1 \quad (\text{Л.1})$$

где γ_d – коэффициент влияния знака усилия в примыкающем элементе, принимаемый равным 1.2 при растяжении и 1.0 – в остальных случаях;

γ_D – коэффициент влияния продольной силы в поясе, определяемый при сжатии в поясе,

если $|F|/(AR_y) > 0,5$, по формуле

$$\gamma_D = 1,5 - |F|/(AR_y), \text{ в остальных случаях } \gamma_D = 1,0;$$

b – длина участка линии пересечения примыкающего элемента с поясом в направлении оси пояса, равная $d_b/\sin \alpha$;

g – половина расстояния между смежными стенками соседних элементов решетки или поперечной стенкой раскоса и опорным ребром;

$$f=(D-d)/2.$$

3. (п. Л.2.3. [2]) Несущую способность стенки пояса в У-образных узлах, а также в узлах, указанных в Л.2.2 при $g/b > 0,25$ следует проверять по формуле

$$\frac{(N + 1,7M / d_b) \cdot f \cdot \sin \alpha}{\gamma_c \gamma_d \gamma_D R_y \cdot t^2 \cdot (b + \sqrt{2Df})} \leq 1 \quad (\text{Л.2})$$

4. (п. Л.2.4. [2]) Несущую способность боковой стенки в плоскости узла в месте примыкания сжатого элемента при $d/D > 0,85$ следует проверять по формуле

$$\frac{N \sin^2 \alpha}{2\gamma_c \gamma_t k R_y t d_b} \leq 1 \quad (\text{Л.3})$$

где γ_t – коэффициент влияния тонкостенности пояса, для отношений $D_b/t \geq 25$ принимаемый равным 0,8, в остальных случаях – 1,0;

k – коэффициент, принимаемый равным

$$\begin{aligned} \text{при } 4(t/D_b)^2 - R_y/E \leq 0 & \quad k = 3,6(t/D_b)^2 E/R_y; \\ \text{при } 0 < 4(t/D_b)^2 - R_y/E < 6 \cdot 10^{-4} & \quad k = 0,9 + 670(t/D_b)^2 - 170R_y/E; \\ \text{в остальных случаях} & \quad k = 1,0. \end{aligned}$$

5. (п. Л.2.5. [2]) Несущую способность элемента решетки вблизи примыкания к поясу следует проверять:

а) в узлах, указанных в Л.2.2 приложения Л [2], по формуле

$$\frac{(N + 0,5M / d_b) \cdot (1,4 + 0,018D/t) \cdot \sin \alpha}{\gamma_c \gamma_d k R_{y_d} \cdot A_d} \leq 1 \quad (\text{Л.4})$$

где k следует определять, как в Л.2.4 приложения Л [2], но с заменой характеристик пояса на характеристики элемента решетки: D_b на большее из значений d или d_b , t на t_d и R_y на R_{y_d} .

Для элемента решетки неквадратного сечения в левую часть формулы (Л.4) следует вводить множитель

$$\frac{3(1 + d/d_b)}{2(2 + d/d_b)};$$

б) в узлах, указанных в Л.2.3 приложения Л [2], по формуле

$$\frac{(N + 0,5M / d_b) \cdot [1 + 0,01(3 + 5d/D - 0,1d_b/t_d)D/t] \cdot \sin \alpha}{\gamma_c \gamma_d k R_{y_d} \cdot A_d} \leq 1 \quad (\text{Л.5})$$

Выражение в круглых скобках формулы (Л.5) не должно быть менее 0.

Для элемента решетки неквадратного сечения в левую часть формулы (Л.5) следует вводить множитель $(1 + d/d_b)/2$.

6. (п. Л.2.6. [2]) Прочность сварных швов, прикрепляющих элементы решетки к поясу, следует проверять:

а) в узлах, указанных в Л.2.2 приложения Л [2], по формуле

$$\frac{(N + 0,5M / d_b) \cdot (1,06 + 0,014D/t) \cdot \sin \alpha}{\beta_f k_f \gamma_c R_{wf} (2d_b / \sin \alpha + d)} \leq 1, \quad (\text{Л.6})$$

где β_f , k_f , R_{wf} следует принимать согласно требованиям раздела 14 [2];
 б) в узлах, указанных в Л.2.3 приложения Л [2], по формуле

$$\frac{(N + 0,5M/d_b) \cdot [1 + 0,01(3 + 5d/D - 0,1d_b/t_d)D/t] \cdot \sin \alpha}{4\beta_f k_f d_b \gamma_c R_{wf}} \leq 1; \quad (Л.7)$$

в) сварные швы, выполненные при наличии установочного зазора, равного $(0,5-0,7)t_d$, с полным проплавлением стенки профиля следует рассчитывать как стыковые.

3.4. Пример расчета узлов ферм из гнуто-сварных замкнутых профилей.

Выполнить расчет узлов ферм из гнуто-сварных замкнутых профилей при следующих исходных данных (рис. 3.8):

- Усилие в поясе фермы (со стороны сжатого раскоса) $N_{п1} = -285$ кН;
- Усилие в поясе фермы (со стороны растянутого раскоса) $N_{п2} = -320$ кН;
- Усилие в сжатом раскосе фермы $N_r = -235$ кН;
- Изгибающий момент в сжатом раскосе фермы $M = 32$ кН*м;
- Угол наклона раскосов $\alpha = 45^\circ$;
- Зазор между стенками раскосов 35мм;
- Профиль пояса (профильная труба по ГОСТ 30245-2003) пр.тр.150x100x7;
- Профиль раскоса (профильная труба по ГОСТ 30245-2003) 90x90x6;
- Класс стали профилей С345;
- Электрод Э70;
- Катет сварных швов 4 мм.

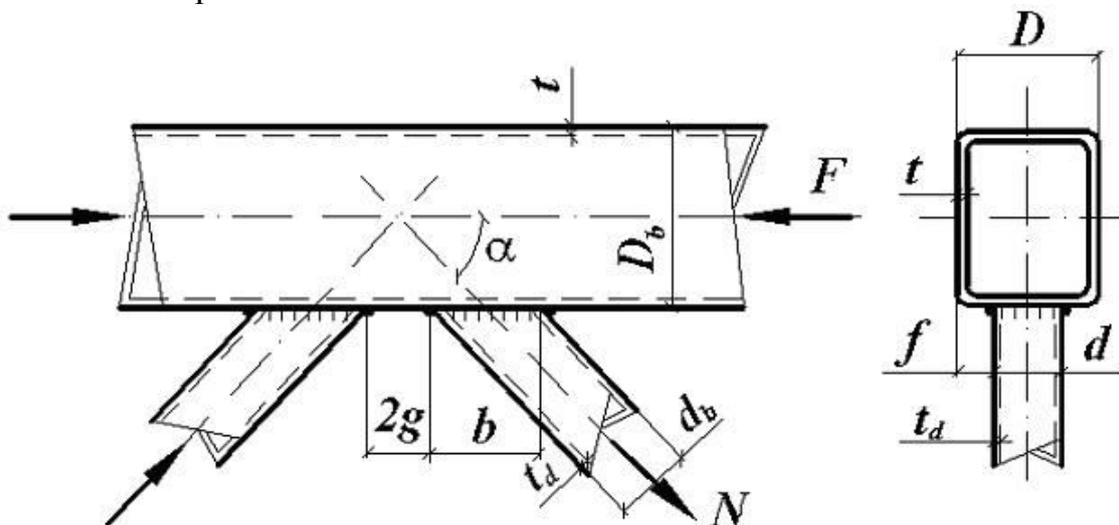


Рис. 3.8. Узел фермы (к примеру расчета)

Расчет узла

Ширина сечения раскоса $d=90\text{мм}$.
 Высота сечения раскоса $db=90\text{мм}$.
 Толщина стенки раскоса $td=6\text{мм}$.
 Площадь поперечного сечения раскоса $Ad=19.23\text{см}^2$.
 Ширина сечения пояса $D=100\text{мм}$.
 Высота сечения пояса $Db=150\text{мм}$.
 Толщина стенки пояса $t=7\text{мм}$.
 Площадь поперечного сечения пояса $A=31.36\text{см}^2$.
 Усилие в примыкающем элементе (раскосе) $N=-235\text{кН}$.
 Изгибающий момент в примыкающем элементе $M=32\text{кН}\cdot\text{м}$.
 Продольная сила в поясе со стороны растянутого элемента $F=-320\text{кН}$.
 Коэффициент условия работы $\gamma_c=1$.
 Коэффициент влияния знака в примыкающем элементе (при растяжении $=1.2$, в остальных $=1$) $\gamma_d=1$.
 Коэффициент влияния продольной силы в поясе $\gamma_D=1$.
 Коэффициент влияния токостенности пояса $\gamma_t=1$.
 Расчетное сопротивление стали $R_y=320\text{Н/мм}^2$.
 Модуль упругости стали $E=206000\text{Н/мм}^2$.
 Угол примыкания элементов решетки к поясу $\alpha=45\text{град}$.
 Длина участка линии пересечения примыкающего элемента с поясом $b=db/\sin(\alpha)=90/\sin(45)=127.279\text{мм}$.
 Половина расстояния между смежными стенками соседних элементов решетки $g=17.5\text{мм}$.
 $f=(D-d)/2=(100-90)/2=5\text{мм}$.

Проверки в соответствии с СП 16.13330.2011

Проверяем по пункту Л.2.2.

Проверка несущей способности стенки (устойчивость стенки)

Так как $d/D=0.9\leq 0.9$ и $g/b=0.137\leq 0.25$ необходимо проверить несущую способность стенки пояса по формуле (Л.1)

$$\left(\frac{[N]+1.5[M]}{db} \right) \cdot \left(\frac{0.4+1.8 \cdot c/b}{\gamma_c \cdot \gamma_d \cdot \gamma_D \cdot R_y \cdot t^2} \right) \cdot \sin(\alpha) \cdot \sqrt{2 \cdot (b+c+\sqrt{2 \cdot D \cdot f})} = 768.333 \cdot 2.289 / 2765.983 = 0.6359 < 1$$

Несущая способность стенки пояса обеспечена

Проверяем по пункту Л.2.3 (считаем по "У" образному узлу).

Проверка несущей способности стенки (устойчивость стенки)

$$\left(\frac{[N]+1.7[M]}{db} \right) \cdot \left(\frac{f \cdot \sin(\alpha)}{\gamma_c \cdot \gamma_d \cdot \gamma_D \cdot R_y \cdot t^2} \right) \cdot \sqrt{2 \cdot (b+2 \cdot \sqrt{2 \cdot D \cdot f})} = 839.444 \cdot 3.536 / 2987.428 = 0.9935 < 1$$

Несущая способность стенки пояса обеспечена

Проверяем по пункту Л.2.4.

Проверка несущей способности боковой стенки раскоса в плоскости узла в месте примыкания сжатого элемента

Так как $d/D=0.9>0.85$ необходимо проверять несущую способность боковой стенки пояса в плоскости узла в месте примыкания сжатого элемента.

Коэффициент $k=1$.

$$\frac{(N \cdot \sin^2(\alpha))}{(2 \cdot \gamma_c \cdot \gamma_t \cdot k \cdot R_y \cdot t \cdot db)} = \\ = \frac{235 \cdot \sin(45) \cdot \sin(45)}{(2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.32 \cdot 7 \cdot 90)} = 117.5 / 403.2 = 0.291 < 1.$$

Несущая способность боковой стенки раскоса в плоскости узла в месте примыкания сжатого элемента обеспечена

Проверяем по пункту Л.2.5.а.

Проверка несущей способности элемента решетки (раскоса) вблизи примыкания к поясу.

$$\text{Коэффициент на форму сечения } \frac{3 \cdot (1 + d/db)}{2 \cdot (2 + d/db)} = 1.$$

Коэффициент $k=1$.

$$\frac{((N) + 0.5[M])/db \cdot ((1.4 + 0.018 \cdot D/t) \cdot \sin(\alpha))}{(\gamma_c \cdot \gamma_d \cdot k \cdot R_{yd} \cdot A_d)} = \\ = 412.7778 \cdot 1.1718 / 615.36 \cdot 1 = 0.786 < 1.$$

Несущая способность раскоса вблизи примыкания к поясу обеспечена.

Расчет сварных швов

Коэффициент полноты сварного шва (сварка электродуговая ручная) $\beta_f=0.7$.

Катет сварного шва $k_f=4$ мм.

Тип электрода - Э70.

Расчетное сопротивление сварного углового шва по металлу шва $R_{wf}=280$ Н/мм².

Коэффициент условия работы $\gamma_c=1$.

Высота сечения раскоса $db=90$ мм.

Ширина сечения раскоса $d=90$ мм.

Высота сечения пояса $Db=150$ мм.

Ширина сечения пояса $D=100$ мм.

Толщина стенки пояса $t=7$ мм.

Зазор между смежными стенками соседних элементов решетки $2 \cdot g=35$ мм.

Половина расстояния между смежными стенками соседних элементов решетки $=17.5$ мм.

Угол примыкания элементов решетки к поясу $\alpha=45^\circ$.

Усилие в примыкающем элементе (раскосе) $N = -235 \text{ кН}$.
Изгибающий момент в примыкающем элементе $M = 32 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

Проверяем по пункту Л.2.6.

Случай Л.2.2 (примыкание 2-х и более раскосов или опорного узла с одним раскосом).

Несущая способность проверяется

$$(N + 0.5 \cdot M / db) \cdot ([1.06 + 0.014 \cdot D / t] \cdot \sin(\alpha)) / (\beta_f \cdot k_f \cdot \gamma_c \cdot R_{wf} \cdot (2 \cdot db / \sin(\alpha) + d)) \leq 1.$$

Проверка несущей способности

$$(N + 0.5 \cdot M / db) \cdot ([1.06 + 0.014 \cdot D / t] \cdot \sin(\alpha)) / (\beta_f \cdot k_f \cdot \gamma_c \cdot R_{wf} \cdot (2 \cdot db / \sin(\alpha) + d)) = \\ = (235 + 0.5 \cdot 32 / 0.09) \cdot ((1.06 + 0.014 \cdot 100 / 7) \cdot \sin(45)) / (0.7 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 0.28 \cdot (2 \cdot 90 / \sin(45) + 90)) = 412.78 \cdot 0.89 / 270.13 = 1.36 > 1.$$

Прочность сварных швов, прикрепляющих элемент решетки к поясу не обеспечена.

Случай Л.2.3 (примыкание одного не опорного раскоса или случай Л.2.2 при $g/b > 0.25$).

Несущая способность проверяется

$$(N + 0.5 \cdot M / db) \cdot ([1 + 0.01 \cdot (3 + 5d/D - 0.1 \cdot db/tb) \cdot D/t] \cdot \sin(\alpha)) / (4 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot db \cdot \gamma_c \cdot R_{wf}) \leq 1.$$

Проверка несущей способности

$$(N + 0.5 \cdot M / db) \cdot ([1 + 0.01 \cdot (3 + 5d/D - 0.1 \cdot db/tb) \cdot D/t] \cdot \sin(\alpha)) / (4 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot db \cdot \gamma_c \cdot R_{wf}) = \\ = (235 + 0.5 \cdot 32 / 0.09) \cdot ([1 + 0.01 \cdot (3 + 5 \cdot 90 / 100 - 0.1 \cdot 90 / 6) \cdot 100 / 6] \cdot \sin(45)) / (4 \cdot 0.7 \cdot 4 \cdot 90 \cdot 1 \cdot 0.28) = 0.89 \leq 1.$$

Прочность сварных швов, прикрепляющих элемент решетки к поясу обеспечена.

В приложении 1 приведены исходные данные для выполнения индивидуальных заданий по данной теме. В приложении 3 приведены сортамент на прямоугольные профили по ГОСТ 30245-2003. В приложении 4 приведены сортамент на квадратные профили по ГОСТ 30245-2003 и необходимые таблицы из СП 16.13330.2011.

4. Расчет тонкостенных профилей

Расчет тонкостенных профилей выполняется по методике приведенной в СП 260.1325800.2016. Особенностью работы таких профилей

является учет закритической работы стали на участках сечения испытывающих сжатие. СП 16.13330.2011 не допускает использование такой работы, появление потери местной устойчивости считается наступлением предельного состояния. Для тонкостенных профилей такая работа допускается, но при расчетах используется не полное сечение, а «редуцированное».

4.1. Общие сведения.

Основой методики «редуцирования» является определение эффективной ширины сжатых элементов жесткости и (при необходимости) вычисление редуцированной их толщины. Эта методика описана в приложении Б [3].

Далее приводится описание методики редуцирования сжатых полок с ребром жесткости в виде отгиба для понятия основы этой методики. Нумерация формул сохранена и соответствует источнику (приложению Б [3]).

1. Порядок определения эффективной ширины сжатых полок с ребром жесткости в виде отгиба.

Порядок определения эффективной ширины сжатых полок с ребром жесткости в виде отгиба, полное сечение которых приведено на рис. 4.1, должен содержать следующие этапы:

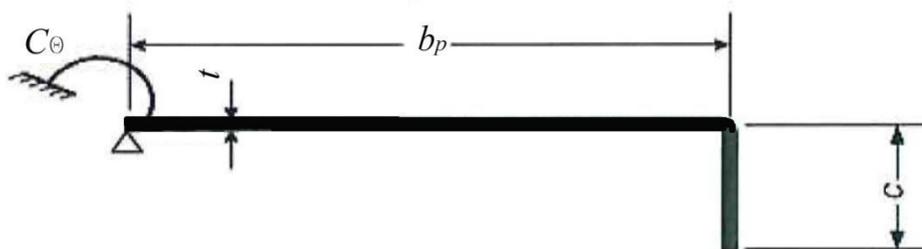


Рис. 4.1 Схема полного сечения полки с ребром жесткости.

Этап I. Определяют начальное эффективное сечение элемента жесткости с использованием эффективной ширины, в предположении, что ребро жестко подкрепляет сжатую полку профиля при $K=\infty$ и напряжения в полке равны расчетному сопротивлению $\sigma_{com} = R_y$ (см. рис. 4.2).

Эффективную ширину полки, примыкающей к ребру, определяют по формуле $b_{e2}=0,5\rho b_p$ в соответствии с 7.3 [3].

Эффективную ширину ребра по $c_{ef}=\rho b_{pc}$, где ρ определяют по 7.3 [3] с учетом коэффициента потери устойчивости $k\sigma$:

$$k\sigma=0.5, \text{ если } c/b_p \leq 0,35; \quad (\text{Б.1})$$

$$k_{\sigma} = 0,5 + 0,83 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{c}{b_p} - 0,35\right)^2}, \text{ если } 0,35 < c/b_p \leq 0,60.$$

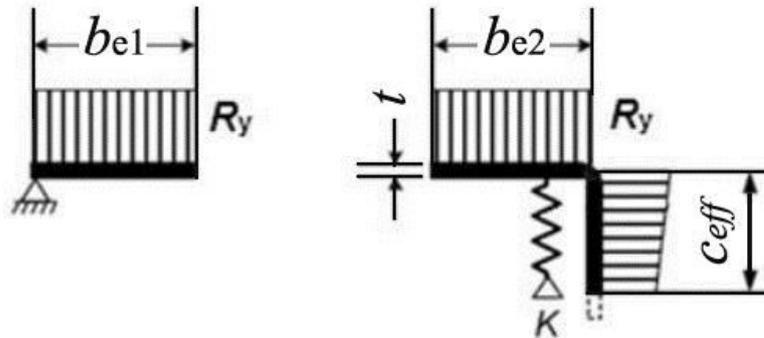


Рис. 4.2 Схема к этапу I.

Этап II. Первым шагом определяют критическое напряжение $\sigma_{cr,s}$ потери устойчивости краевого отгиба в упругой стадии по формуле

$$\sigma_{cr,s} = \frac{2 \cdot \sqrt{K_1 E I_s}}{A_s}, \quad (\text{Б.2})$$

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

I_s – момент инерции эффективного сечения отгиба, определенный по эффективной площади A_s относительно центральной оси $a-a$ эффективного поперечного сечения (см. рис. 4.3).

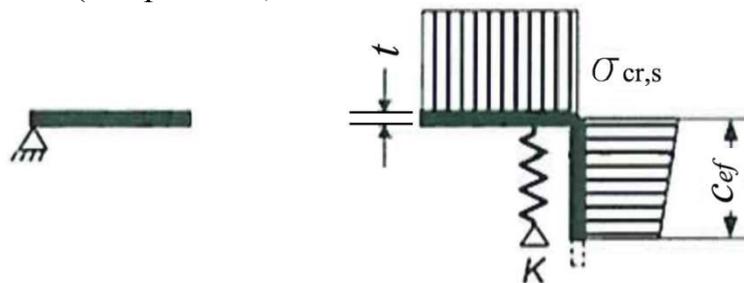


Рис. 4.3 Схема к этапу II.

Вторым шагом определяют коэффициент снижения несущей способности χ_d вследствие потери устойчивости формы сечения ребра (плоская форма потери устойчивости краевого элемента жесткости), используя начальное эффективное поперечное сечение элемента жесткости и наличие непрерывной упругоподатливой опоры (рис. 4.4).

$$\chi_d = 1,0, \text{ если } \bar{\lambda}_d \leq 0,65; \quad (\text{Б.3})$$

$$\chi_d = 1,47 - 0,723 \bar{\lambda}_d, \text{ если } 0,65 < \bar{\lambda}_d < 1,38; \quad (\text{Б.4})$$

$$\chi_d = \frac{0,66}{\bar{\lambda}_d}, \text{ если } \bar{\lambda}_d \geq 1,38, \quad (\text{Б.5})$$

где $\bar{\lambda}_d = \sqrt{\frac{R_y}{\sigma_{cr,s}}}$;

здесь $\sigma_{cr,s}$ - критическое напряжение в упругой стадии для элементов жесткости устанавливается в 7.3 [3].

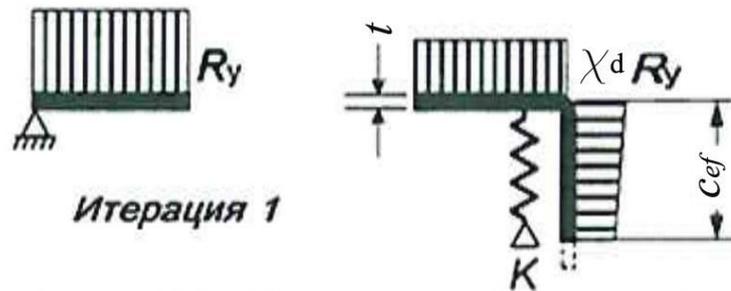


Рис. 4.4 Схема к этапу II с учетом χ_d .

Этап III. Уточняют коэффициент снижения несущей способности вследствие потери устойчивости формы сечения осуществляют итерационным расчетом, повторяют этапы I и II (см. рис. 4.5).

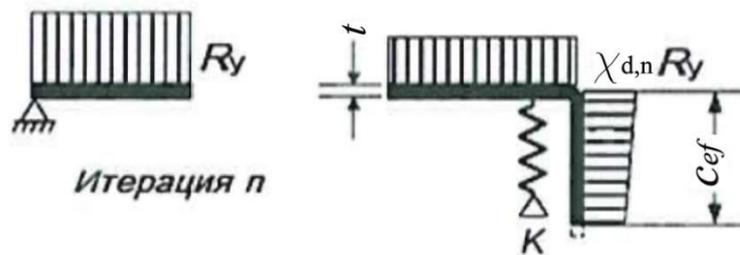


Рис. 4.5 Схема к этапу III.

Принимают эффективное поперечное сечение ребра жесткости размерами b_2 и c_{ef} и толщиной t_{red} , уменьшенной в соответствии с χ_d (рис. 4.6).

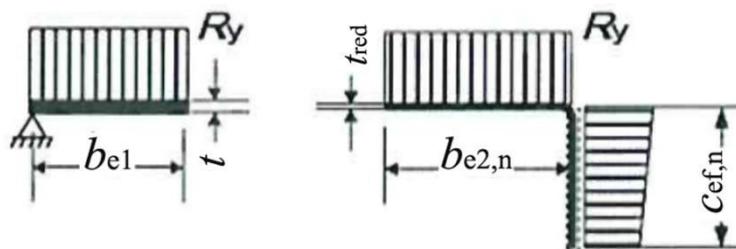


Рис. 4.6 Окончательное сечение полки.

4.2. Особенности расчета тонкостенных профилей.

1. В тонкостенных металлических конструкциях допускается потеря местной устойчивости сжатых элементов, составляющих поперечный профиль конструктивного элемента (например, стенки и полки С-образного, либо двутаврового профиля), при условии обеспечения общей несущей способности конструктивного элемента.

2. Потеря местной устойчивости элемента учитывается в расчете путем редуцирования геометрических характеристик поперечного сечения: площади поперечного сечения (A_{ef} , b_{ef} , t_{ef}), момента сопротивления (W_{ef}) и момента инерции (I_{ef}). Методика определения редуцированных характеристик приведена в п. 7.3 [3].

3. Для каждого типа конструктивных элементов необходимо выполнять проверку несущей способности с учетом редуцированных характеристик по первому и второму предельным состояниям. Проверку несущей способности на примере центрально сжатого сечения следует проводить по формуле

$$\frac{\gamma_m F}{\gamma_c \cdot R_n \cdot G_{ef}} \leq 1,$$

где F – максимальный расчетный силовой фактор в элементе от невыгодных сочетаний нагрузок и воздействий;

G_{ef} – редуцированный геометрический параметр поперечного сечения, для этого сочетания нагрузок и воздействий;

R_n – нормативное сопротивление стали, временное сопротивление или предел текучести;

γ_m – коэффициент надежности по материалу;

γ_c – коэффициент условий работы.

Проверку по второму предельному состоянию следует выполнять от воздействия на конструкцию нормативных нагрузок с учетом редукации сечения по формуле

$$f \leq f_u,$$

где f – прогиб (выгиб) или перемещение элемента конструкции;

f_u – предельный прогиб (выгиб) или перемещение элемента конструкции по СП 20.13330.2011 (приложение Е).

Метод определения редуцированных геометрических характеристик поперечных сечений элементов

При определении несущей способности и жесткости холодногнутых элементов и профилированных листов следует учитывать влияние потери местной устойчивости и устойчивости формы сжатой части поперечного сечения.

Редуцированную площадь поперечного сечения тонкостенного конструктивного элемента (пластинки) A_{red} после потери местной устойчивости определяют по формуле

$$A_{red} = \rho \cdot A. \quad (4.1; 7.9[3])$$

Допускается не учитывать влияние кривизны более широкой сжатой полки профиля на несущую способность относительно проектной оси полки профиля при изгибе или полки изгибаемого арочного профиля, в котором наружная сторона сжата, если ее кривизна составляет менее 5 % высоты сечения профиля, ее влияние см. на рис. 4.7. Если кривизна больше, то следует учитывать снижение несущей способности, например, путем уменьшения свеса широких полок и путем учета возможного изгиба стенок.

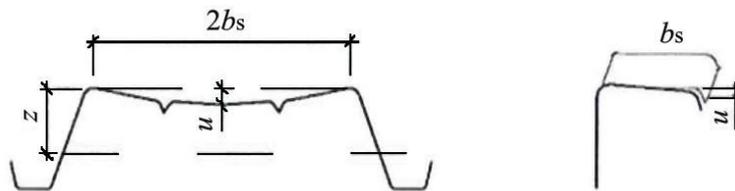


Рис. 4.7. Пример кривизны полки профиля, прямолинейного до приложения нагрузки.

Пример искривления сжатой и растянутой полки профиля с элементами жесткости и без них, прямолинейных до приложения нагрузки, показан на рисунке 4.7.

При постоянной толщине редуцируемого элемента, редукция ведется за счет изменения ширины пластинки $b_{ef} = \rho b$, допускается также осуществлять редуцию изменением толщины $t_{ef} = \rho t$.

Для гладких сжатых пластин, имеющих закрепления на продольных кромках (например, стенка двутаврового или полка и стенка С-образного сечения), коэффициент редуции определяется:

$$\rho = 1,0 \quad \text{при } \bar{\lambda}_p \leq 0,673; \quad (4.2; 7.12[3])$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 \quad \text{при } \bar{\lambda}_p > 0,673, \quad (4.3; 7.13[3])$$

где $(3 + \psi) \geq 0$.

Для гладких пластин, имеющих закрепления на одной кромке, например, полка двутаврового, уголкового или швеллерного сечения (свес полки):

$$\rho = 1,0 \quad \text{для } \bar{\lambda}_p \leq 0,748; \quad (4.4; 7.14[3])$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 \quad \text{для } \bar{\lambda}_p > 0,748, \quad (4.5; 7.15[3])$$

$$\text{где } \bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{R_{yn}}{\sigma_{cr}}}. \quad (4.6; 7.16[3])$$

Для гладких сжатых пластин, имеющих закрепления по двум

продольным кромкам (например, стенки и полки С-образного сечения) или закрепленных по одной стороне (например, полки швеллеров или уголков), коэффициент редукиции определяют в зависимости от критического напряжения потери устойчивости пластинки σ_{cr} :

$$\sigma_{cr} = k_{\sigma} \frac{\pi^2 E t^2}{12(1-\nu^2)b^2}, \quad (4.7; 7.17[3])$$

где k_{σ} – коэффициент, зависящий от граничных условий и характера напряжений в пластинке (приведен в таблицах 4.1; 7.2[3] и 4.2; 7.3[3]);

b – ширина пластинки;

t – толщина пластинки;

ν – коэффициент Пуассона (для стали $\nu=0,3$).

Для стальной пластинки формула для $\bar{\lambda}_p$ приводится к виду:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{R_{yn}}{\sigma_{cr}}} = \frac{b}{28,4t\varepsilon\sqrt{k_{\sigma}}}, \quad (4.8; 7.18[3])$$

где $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{R_y}}$.

В качестве альтернативы методу согласно п.7.3.1.7[3] допускается для определения эффективных площадей при уровне сжимающих напряжений ниже расчетного сопротивления применять следующие формулы:

для гладкой промежуточной сжатой пластины с двухсторонним закреплением

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} + 0,18 \frac{(\bar{\lambda}_p - \bar{\lambda}_{p,c})}{(\bar{\lambda}_p - 0,6)} \leq 1,0; \quad (4.9; 7.19[3])$$

для гладкой выступающей сжатой пластины с односторонним закреплением (свес листа)

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} + 0,18 \frac{(\bar{\lambda}_p - \bar{\lambda}_{p,c})}{(\bar{\lambda}_p - 0,6)} \leq 1,0; \quad (4.10; 7.20[3])$$

где $\bar{\lambda}_{p,c} = \sqrt{\frac{\sigma_{com}}{\sigma_{cr}}}$;

σ_{com} – реальные напряжения сжатия в редуцированном сечении пластинки от нагрузки.

ψ – отношение меньшего напряжения к большему, сжатие считается положительным.

Для определения геометрических характеристик редуцированного сечения (A_{red} , I_{red} , W_{red}) необходимо знать эффективную ширину b_{ef} , и коэффициент k_{σ} , определяемые по формулам, приведенным в табл. 4.1 (табл. 7.2 [3]) и 4.2 (табл. 7.3 [3]).

Более подробно методика в том числе с учетом продольных ребер описана в [3].

Таблица 4.1 (7.2 [3])

Пластины с двумя закрепленными кромками

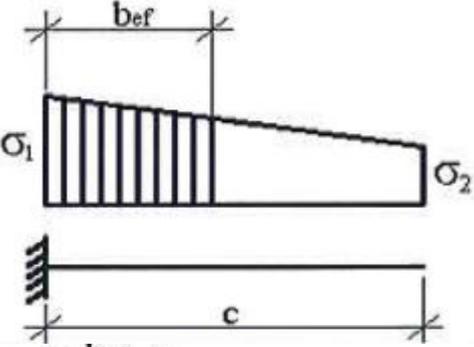
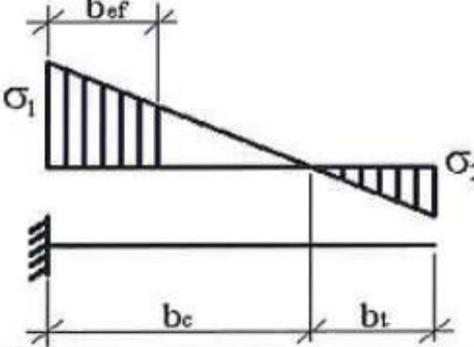
Распределение напряжений (сжатие положительно)				Эффективная ширина b_{ef}		
				$\psi = 1$ $b_{ef} = \rho \cdot b$ $b_{e1} = 0,5 b_{ef} \quad b_{e2} = 0,5 b_{ef}$		
				$1 > \psi > 0$ $b_{ef} = \rho \cdot b$ $b_{e1} = \frac{2}{5 - \psi} b_{ef} \quad b_{e2} = b_{ef} - b_{e1}$		
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1^*$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi > -3$
Коэффициент $k\sigma$	4,0	$8,2 / (1,05 + \psi)$	7,81	$7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2$	23,9	$5,98(1 - \psi)^2$

* $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ – отношение меньшего напряжения к большему согласно эпюрам напряжений, показанным на рисунках в настоящей таблице и таблицы 7.3.

Таблица 4.2 (7.3 [3])

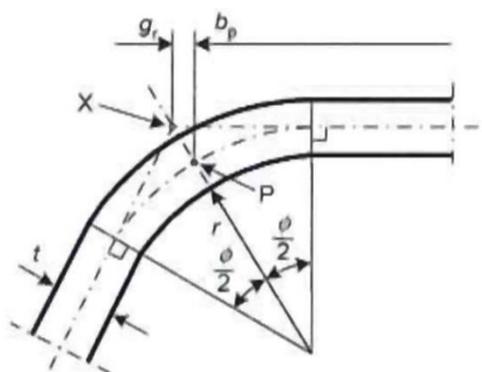
Пластины с одной закрепленной кромкой

Распределение напряжений (сжатие положительно)		Эффективная ширина b_{ef}	
		$1 > \psi > 0$ $b_{ef} = \rho \cdot c$	
		$\psi < 0$ $b_{ef} = \rho \cdot b_c = \rho \cdot c / (1 - \psi)$	
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1^*$	1	0	-1
		$1 \geq \psi \geq -3$	

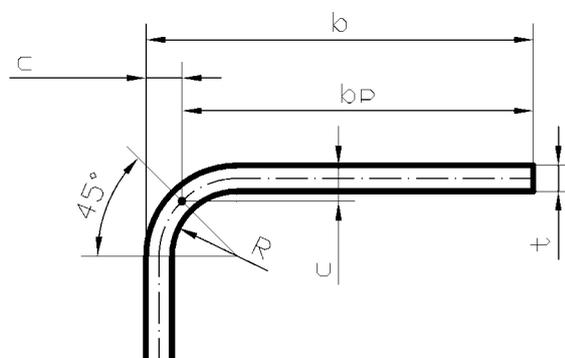
Коэффициент $k\sigma$	0,43	0,57	0,85	$0,57-0,21\psi+0,07\psi^2$	
	$1 > \psi > 0$ $b_{ef} = \rho \cdot c$				
					
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1^*$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1
Коэффициент $k\sigma$	0,43	$0,578/(\psi+0,34)$	7,81	$1,7-5\psi+17,1\psi^2$	23,8

* $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ – отношение меньшего напряжения к большему согласно эпюрам напряжений, показанным на рисунках в настоящей таблице и таблице 7.2.

При определении геометрических характеристик редуцированного сечения (A_{red} , I_{red} , W_{red}) необходимо составить из редуцированных участков редуцированное сечение без учета радиусов закругления в углах профилей. В этом случае поперечное сечение допускается считать состоящим из плоских элементов, состыкованных под углом. Длины плоских участков следует измерять от средних точек соседних угловых элементов (рис. 4.8).



для произвольного угла



для прямого угла

Рис. 4.8. К определению положения точек стыковки плоских участков сечения

4.4. Пример расчета тонкостенных профилей

Усилие (сжимающее) $N=36000\text{Н}$.

Длина 1.3м.

Сталь С250.

Профиль ПН-204-2,0 (сортамент в приложении 4 к данному пособию).

Толщина профиля $t=2\text{мм}$.

Высота стенки профиля $h=204\text{мм}$.

Ширина полки профиля $b=50\text{мм}$.

Площадь сечения $A=6\text{см}^2$.

Площадь сечения (редуцированная из сортамента) $A_{ред}=3.52\text{см}^2$.

Нормативное сопротивление $R_{уп}=250\text{Н/мм}^2$.

Расчетное сопротивление $R_y=245\text{Н/мм}^2$.

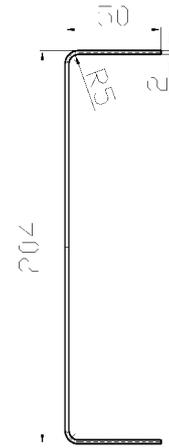


Рис. 4.9. Сечение профиля ПН-204-2,0

Расчет стенки профиля ПН

Критические напряжения находятся по ф. 4.7; 7.17[3]

$$\sigma_{cr} = k\sigma \cdot (\pi^2 \cdot E \cdot t^2) / (12 \cdot (1-\nu)^2 \cdot b^2) = 4 \cdot (3.14159^2 \cdot 206000 \cdot 2^2) / (12 \cdot (1-0.3^2) \cdot 204^2) = 71.582 \text{Н/мм}^2.$$

Отношение меньшего напряжения к большему $\psi = \sigma_2 / \sigma_1 = 1$.

Коэффициент $k\sigma = 4$ (таблица 4.1; 7.2[3]).

Модуль упругости стали $E = 206000 \text{Н/мм}^2$.

Коэффициент Пуассона $\nu = 0.3$.

Условная гибкость $\lambda_p = \sqrt{(R_{уп} / \sigma_{cr})} = \sqrt{(250 / 71.582)} = 1.869$.

Коэффициент редуцирования для стенки (по ф. 4.3; 7.13[3])

$$\rho_1 = \frac{\lambda_p - 0.055(3 + \psi)}{\lambda_p^2} = (1.869 - 0.055 \cdot (3 + 1)) / (1.869^2) = 0.472.$$

Редуцированная высота стенки $h_{ef} = \rho \cdot h = 204 \cdot 0.472 = 96.288 \text{мм}$.

Расчет полки профиля ПН

Критические напряжения находятся по ф. 4.7; 7.17[3]

$$\sigma_{cr} = k\sigma \cdot (\pi^2 \cdot E \cdot t^2) / (12 \cdot (1-\nu)^2 \cdot b^2) = 0.43 \cdot (3.14159^2 \cdot 206000 \cdot 2^2) / (12 \cdot (1-0.3^2) \cdot 50^2) = 128.095 \text{Н/мм}^2.$$

Отношение меньшего напряжения к большему $\psi = \sigma_2 / \sigma_1 = 1$.

Коэффициент $k\sigma = 0.43$ (таблица 4.2; 7.3[3]).

Модуль упругости стали $E = 206000 \text{Н/мм}^2$.

Коэффициент Пуассона $\nu = 0.3$.

Условная гибкость $\bar{\lambda}_p = \sqrt{(R_{yn}/\sigma_{cr})} = \sqrt{(250/128.095)} = 1.397$.

Коэффициент редуцирования для полки (по ф. 4.5; 7.15[3])

$$\rho_2 = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} = (1.397 - 0.188) / 1.397^2 = 0.619.$$

Редуцированная ширина полки $b_{ef} = \rho * b = 50 * 0.619 = 30.95 \text{ мм}$.

Редуцированная площадь

$$A_{red} = (\rho_1 * h * t + 2 * \rho_2 * b * t) = (96.288 * 2 + 2 * 30.95 * 2) = 316.376 \text{ мм}^2 = 3.16 \text{ см}^2.$$

Если сравнить полученное значение редуцированной площади с аналогичной величиной из сортамента ($A_{red} = 3.52 \text{ см}^2$), то можно отметить, что эти величины отличаются, причем вычисленное значение несколько меньше. Различие составляет порядка 11% и не в сторону запаса прочности, следовательно, редуцированной площадью взятой из сортамента можно пользоваться только при предварительном выборе профиля, но окончательная проверка должна выполняться с учетом вычисленной редуцированной площади.

Для определения редуцированных геометрических характеристик необходимо сформировать сечение из плоских редуцированных участков без учета радиусов закругления в углах исходного профиля.

Определяем положение точек стыковки плоских участков для профиля ПН-204-2,0 (рис. 4.10).

По сортаменту профилей ПН внутренний радиус скругления равен 5 мм (рис. 4.9). Положение точки стыковки плоских участков можно вычислить по следующему соотношению (рис. 4.10)

$$c = R + t - R_{cp} * \cos 45^\circ,$$

где R_{cp} – радиус закругления срединной линии сечения который можно вычислить как $R_{cp} = R + t/2$.

Теперь редуцированное сечение можно представить (рис. 4.11) состоящим из четырех плоских редуцированных участков, два из которых редуцированные полки с размерами b_{ef} на t и два участка – редуцированная стенка (размеры участков $h_{ef}/2$ на t).

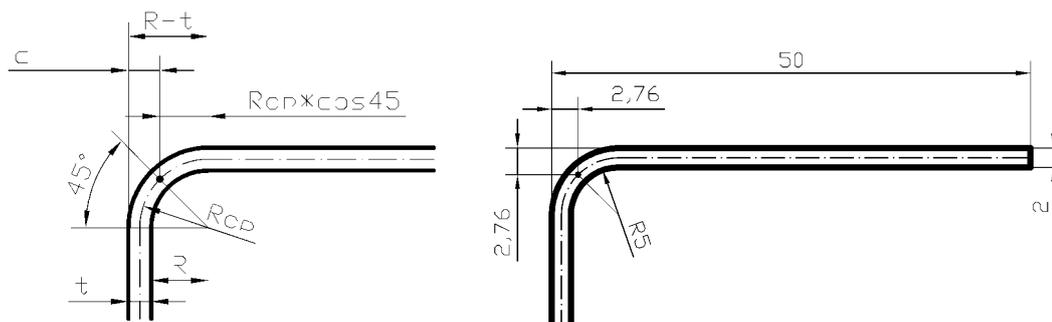


Рис. 4.10. К определению положения точек стыковки плоских участков для профиля ПН-204-2,0.

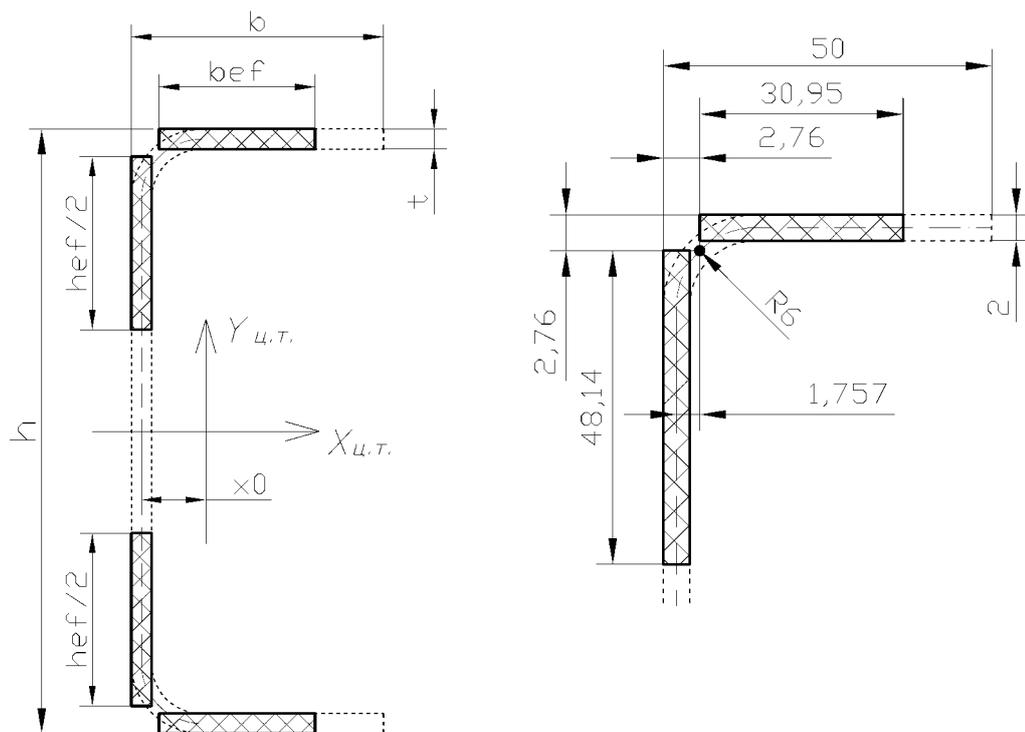


Рис. 4.11. Расположение плоских редуцированных участков в сечении профиля ПН-204-2,0.

Редуцированные геометрические характеристики

Расстояние от оси стенки до начала редуцированного участка полки 1.757мм.

Статический момент относительно центральной линии стенки $S_x = 2 * (2 * 30.95 * (30.95/2 + 1.757)) = 2133.322 \text{ мм}^3$.

Положение ц.т. редуцированного сечения относительно срединной линии стенки $x_0 = 2133.3216 / 316.4 = 6.742 \text{ мм}$.

Момент инерции редуцированного сечения относительно ц.т. $J_y = 30363.552 \text{ мм}^4$.

Радиус инерции редуцированного сечения относительно ц.т. $i_y = \sqrt{(30363.552 / 316.4)} = 9.796 \text{ мм}$.

Гибкость стержня $\lambda = 132.707$.

Условная гибкость стержня $\bar{\lambda}_{np} = 4.577$.

Коэффициент $\alpha = 0.04$.

Коэффициент $\beta = 0.14$.

Коэффициент $\delta = 9.87 * (1 - \alpha + \beta * \bar{\lambda}_{np}) + \bar{\lambda}_{np}^2 = 36.749$.

Коэффициент устойчивости

$\varphi = 0.5 * (\delta - \sqrt{(\delta^2 - 37.48 * \bar{\lambda}_{np}^2)}) / \bar{\lambda}_{np}^2 =$

$= 0.5 * (36.749 - \sqrt{(36.749^2 - 39.48 * 4.577^2)}) / 4.577^2 = 0.331$.

Проверка устойчивости
 $N/(\varphi \cdot A_{red} \cdot R_y \cdot \gamma_c) = 36000 / (0.331 \cdot 3.164 \cdot 100 \cdot 250 \cdot 1) = 1.403 > 1$,
следовательно несущая способность не обеспечена.

Вычисление геометрических характеристик и проверку устойчивости относительно другой оси не производим. Анализ редуцированного сечения (рис. 4.11) позволяет сделать вывод о том, что в этом направлении сечение более развито, следовательно в этом направлении потеря устойчивости будет при больших усилиях.

Выводы:

1. Устойчивость стержня работающего на сжатие не обеспечено.
2. Редуцированной площадью взятой из сортамента можно пользоваться только при предварительном выборе профиля, окончательная проверка должна выполняться с учетом вычисленной редуцированной площади.

В приложении 1 приведены исходные данные для выполнения индивидуальных заданий по данной теме. В приложении 5 приведен сортамент для профиля ПН.

5. Расчет соединений элементов тонкостенных холодногнутых профилей

Для получения единой конструкции отдельные элементы из тонкостенных холодногнутых профилей должны быть соединены. Соединение элементов из тонкостенных холодногнутых профилей может быть выполнено с использованием метизов или сварки.

5.1. Общие сведения.

Использование сварки в соединениях элементов из тонкостенных холодногнутых профилей несколько отличается от использовании сварки в традиционных конструкциях с использованием прокатных «толстостенных» профилей. В частности используется только точечная сварка. Примеры соединений на точечной сварке приведены на рис. 5.1.

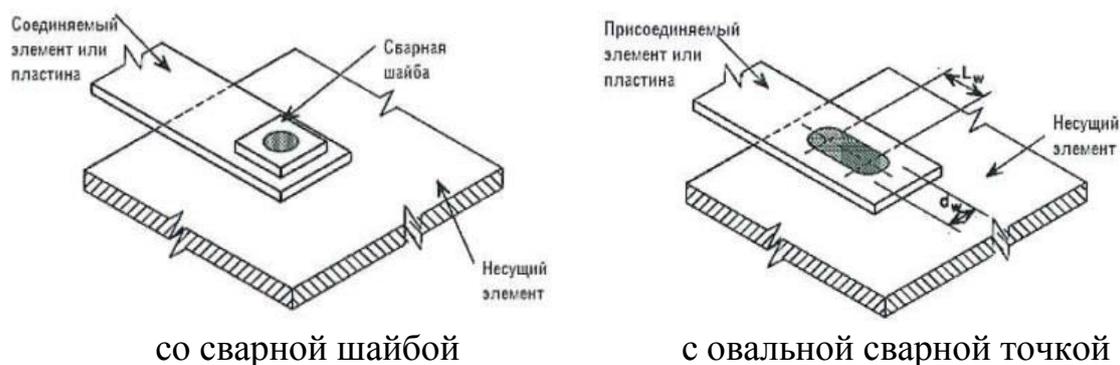


Рис. 5.1. Соединения элементов из тонкостенных холодногнутых профилей точечной сваркой.

В соединениях на метизах используют болты, вытяжные заклепки, самонарезающие винты (саморезы) и дюбеля.

Болты в соединениях элементов из тонкостенных холодногнутых профилей применяют аналогично традиционным соединениям с использованием прокатных «толстостенных» профилей (рис. 5.2).

Вытяжные заклепки (их еще называют односторонними заклепками) представляют собой алюминиевую или стальную трубку на одной стороне которой сформирована грибовидная головка, а внутри расположен стальной стержень, оснащенный увеличенной головкой (рис. 5.3). Диаметр утолщения не превышает наружного диаметра заклепки.

Самонарезающие винты могут быть двух видов, самосверлящие (для установки которых не требуется предварительное сверление) и самонарезающие (для которых необходимо предварительное сверление в соединяемых элементах). Самосверлящие винты имеют на конце специфический профиль, позволяющий винту при его установке высверливать под себя отверстие (рис. 5.4). Самосверлящие винты (рис. 5.4) имеют заостренный конец не приспособленный для сверления отверстия, по этому при установке таких винтов необходимо предварительное сверление пионерного отверстия несколько меньшего диаметра, чем сам винт.



Рис. 5.2. Болты



Рис. 5.3. Вытяжные заклепки



Рис. 5.4. Самосверлящие и самонарезающие винты

Большое разнообразие всевозможных объединений отдельных элементов в конструкцию (например образование ферм, решетчатых балок и стоек и т.п.), объединение нескольких различных конструкций между собой (стоек с фермами, стеновых панелей между собой и с балками перекрытий и т.д.) требует большого разнообразия узловых соединений. Некоторые узловые решения представлены на рис. 5.5, 5.6 и 5.7.

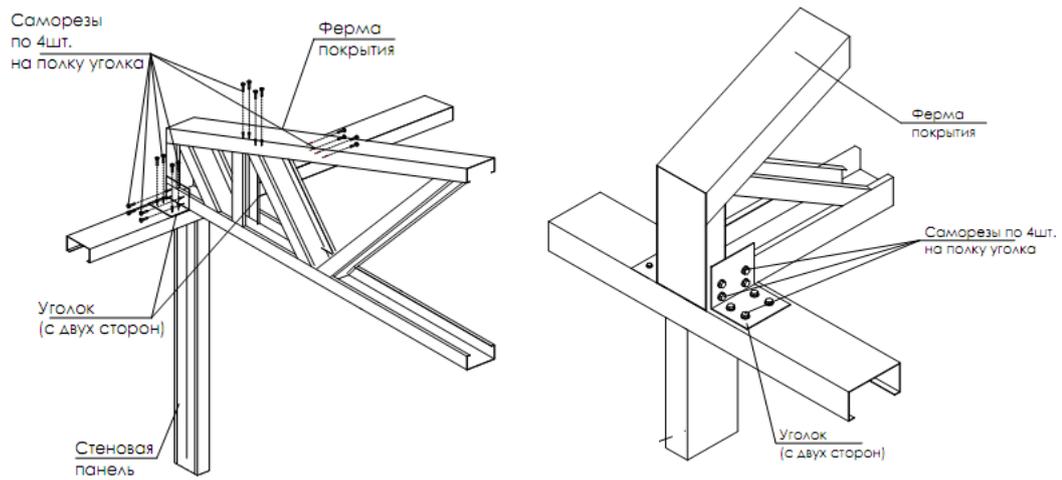


Рис. 5.5. Узлы крепления ферм к стеновой панели

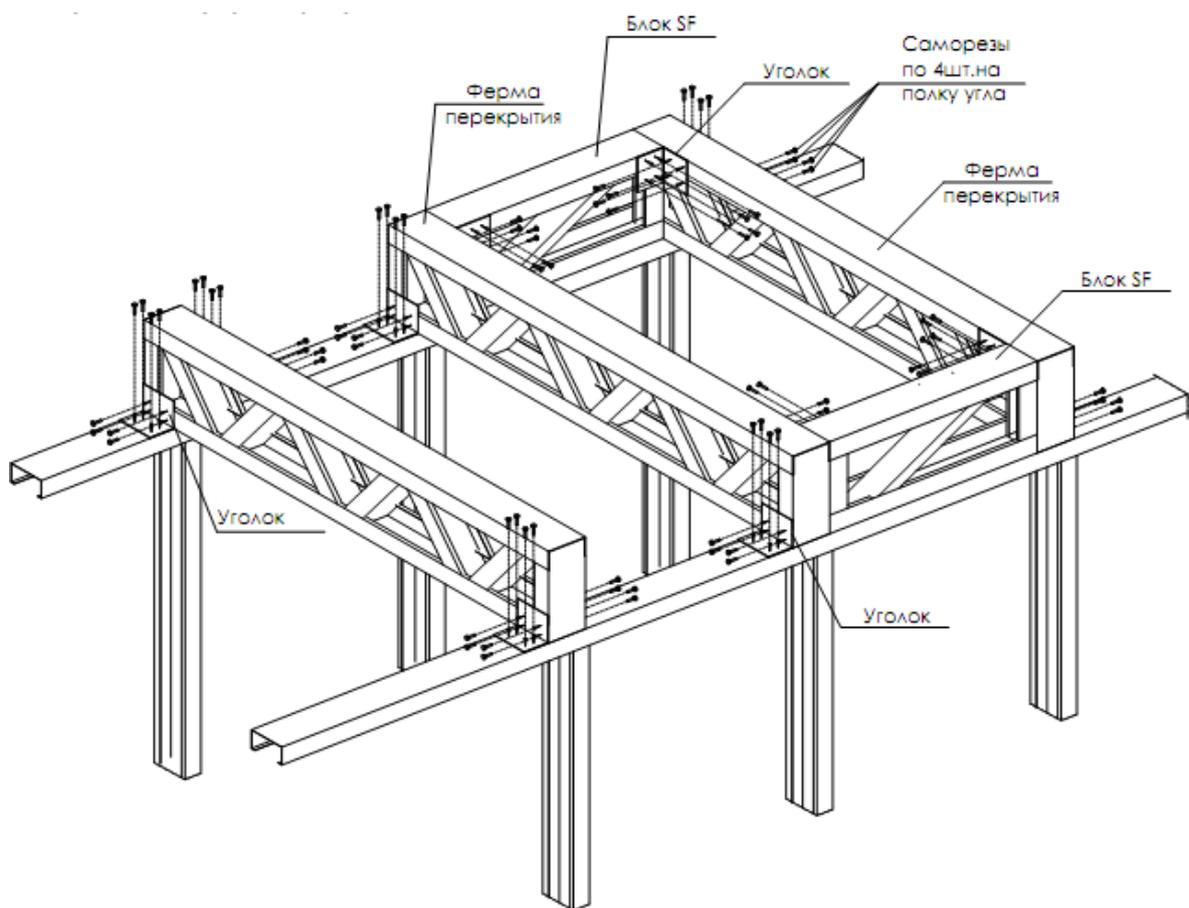


Рис. 5.6. Узлы крепления сквозных балок и ферм перекрытия к стеновым панелям

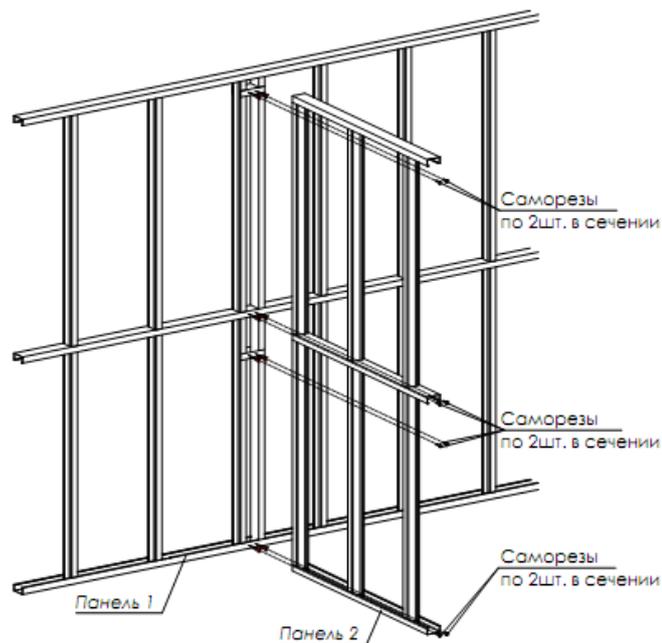


Рис. 5.7. Крепление стеновых панелей

Узлы соединения отдельных элементов в конструкцию представлены на рис. 5.8. Способ объединения двух профилей – на рис. 5.9.



Рис. 5.8. Узлы соединения отдельных элементов из тонкостенных холодногнутых профилей.

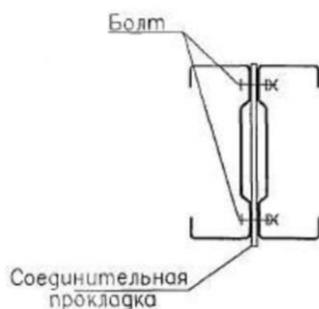


Рис. 5.9. Способ объединения двух тонкостенных холодногнутых профилей.

5.2. Особенности расчета соединений тонкостенных профилей.

Методика расчета соединений тонкостенных элементов базируется на двух нормативных документах - СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции» и СП 260.1325800.2016 «Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутого оцинкованных профилей и гофрированных листов».

Предельными состояниями для соединений на метизах работающих на сдвиг являются срез метиза, смятие листа, разрыв листа по сечению или выкол листа (рис. 5.10). Для соединений работающих на растяжение - вырыв тонкого листа под головкой метиза (рис. 5.10).

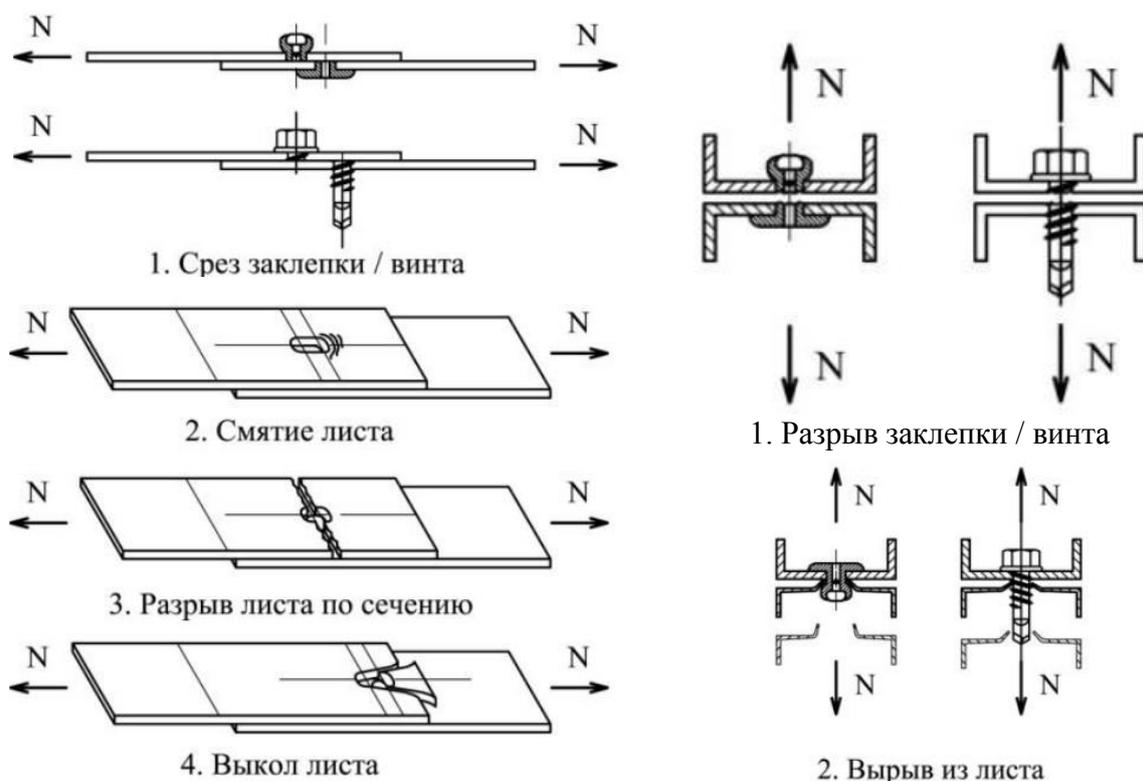


Рис. 5.10. Предельные состояния соединений на метизах.

В соответствии с СП 260.1325800.2016 в соединениях на болтах, винтах, дюбелях и вытяжных заклепках их несущую способность N_{bp} определяют сопротивлением смятию соединяемых тонкостенных элементов в контакте с винтом или заклепкой по формуле

$$N_{bp} = R_{bp} \cdot d_b \cdot \Sigma t \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c \quad (5.1; 10.1[3])$$

где d_b - номинальный внутренний диаметр резьбы по дну впадины самонарезающего винта, диаметр заклепки или дюбеля;

Σt — наименьшая суммарная толщина соединяемых элементов;

R_{bp} - расчетное сопротивление стали соединяемых элементов по

пределу прочности;

γ_b - коэффициент условий работы болтового соединения по СП 16.13330.2011 (таблица 41 [2]);

γ_c - коэффициент условий работы соединяемых элементов (см. таблицу 5.1 [3]).

2. Несущую способность F_b вытяжных заклепок, самонарезающих винтов, дюбелей и болтов по смятию основного металла определяют по формуле

$$F_b = a \cdot \frac{R_{un}}{\gamma_m} \cdot d \cdot t; \quad (5.2; 10.3[3])$$

$$\text{для заклепок: } F_b \leq \frac{R_{un} \cdot e_1 \cdot t}{1,2 \cdot \gamma_m}, \quad (5.3; 10.4[3])$$

где d - номинальный диаметр метиза;

t - толщина более тонкого из соединяемых элементов;

t_1 - толщина более толстого из соединяемых элементов;

a - коэффициент, определяемый по таблице 10.1[3];

γ_m коэффициент безопасности основного металла.

3. Несущую способность F_w самонарезающих винтов и дюбелей по вырыванию тонкого листа под головкой метиза для статических нагрузок вычисляют по формуле

$$F_w = a \cdot R_u \cdot d_w \cdot t, \quad (5.4; 10.5[3])$$

где R_u - расчетное сопротивление стали по пределу прочности;

d_w - диаметр головки (стальной шайбы) самонарезающего винта (дюбеля) + толщина наиболее тонкого из соединяемых элементов.

Для ветровых нагрузок в сочетании с постоянными нагрузками и без них:

$$F_w = 0,5a \cdot R_u \cdot d_w \cdot t. \quad (5.5; 10.6[3])$$

4. Несущую способность на срез соединений на вытяжных заклепках, самонарезающих винтах и дюбелях F_{sr} определяют испытаниями по нормативному значению разрушающей нагрузки на срез F_s по формуле

$$F_s = \frac{F_{sn}}{\gamma_m}, \quad (5.6; 10.7[3])$$

где γ_m - коэффициент безопасности по материалу метиза, $\gamma_m = 1,25$.
При соблюдении условий:

$F_s \leq 1,2F_{rp}$ или $\Sigma F_s < 1,2F_n$ - для заклепок;

$F_s \leq 1,2F_{sp}$ или $\Sigma F_s < 1,2F_n$ - для самонарезающих винтов;

$F_s \leq 1,2F_{dp}$ или $\Sigma F_s < 1,5F_n$ - для дюбелей.

Требования к расстановке метизов в соединениях

Минимально допустимые расстояния между метизами и от их осей до

краев соединяемых элементов представлены на рисунке 5.11 и принимаются по таблице 10.2[3].

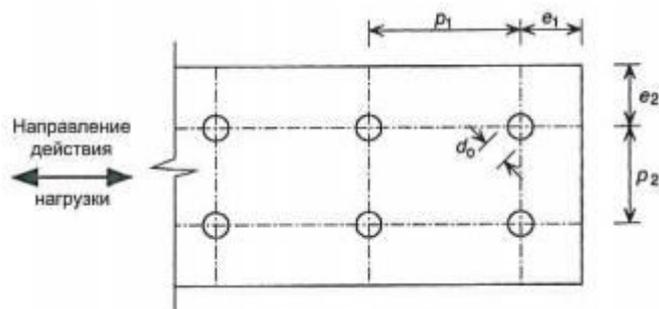


Рис. 5.11. Расположение метизов в соединениях

5.3. Порядок расчета соединений тонкостенных профилей.

1. Задаем диаметр метиза (болта, самонарезающего винта, комбинированной (вытяжной) заклепки). Справочные материалы приведены в приложении 6 к данному пособию.

2. По заданному классу стали соединяемых элементов и принятому диаметру метиза определяем несущую способность одного метиза.

3. По действующему усилию в элементе вычисляем количество метизов в узле.

4. Конструируем узел, т.е. в соответствии с требованиями к расстановке метизов в соединениях размещаем необходимое их количество на площади узла.

5.4. Пример расчета соединения из тонкостенных профилей

Рассчитать соединение из тонкостенных профилей (рис. 5.12) в трех вариантах (на самонарезающих винтах, комбинированных заклепках и болтах). Класс стали саморезов и заклепок С345, класс болтов по прочности 5.6. Законструировать соединение (определить количество метизов и их расположение на узле соединения) и выполнить его эскиз.

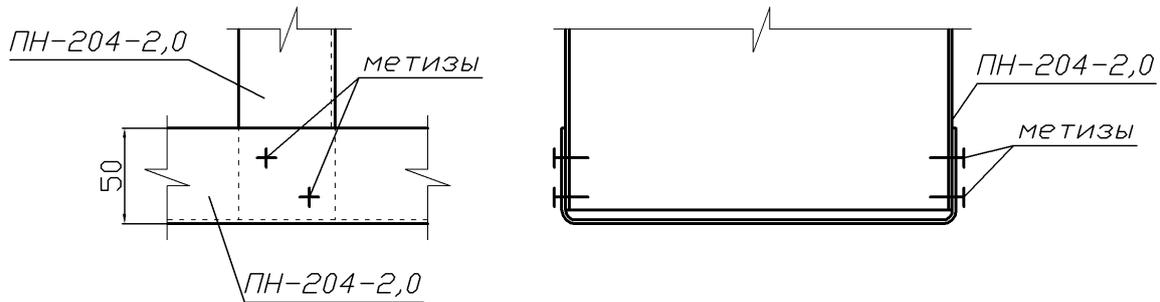
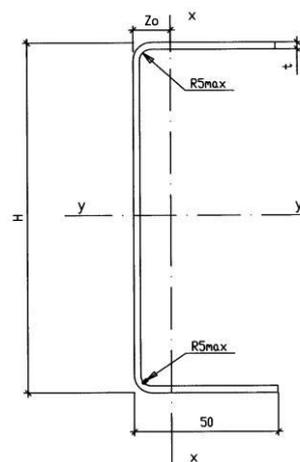


Рис. 5.12. Схема соединения тонкостенных профилей

Исходные данные:

- Усилие (растягивающее) $N=58000\text{H}$.
- Сталь соединяемых элементов – ПК.
- Профиль ПН-204-2,0.
- Толщина профиля $t=2\text{мм}$.
- Ширина полки гнутого профиля 50мм.
- Сталь саморезов или заклепок - С345.
- Класс прочности болтов 5.6.
- Расчетное сопротивление (для саморезов и заклепок)
- $R_{un}/\gamma_m=470/1.05 = 447.62\text{H}/\text{мм}^2$.
- Нормативное сопротивление (для болтов)
- $R_{un}=500/1.05 = 476.19\text{H}/\text{мм}^2$.



Расчет узла на саморезах

- Максимальный возможный диаметр самореза по размещению $50/(2*3) = 8.3\text{мм}$.
- Принимаем диаметр самореза $d=6.3\text{мм}$.
- Номинальный внутренний диаметр резьбы самореза $d_n=5.5\text{мм}$.
- Отношение $a/d=50/(2*6.3) = 3.968$.
- коэффициент $\gamma_b=1$.
- Расчетное сопротивление $R_{bp}=290*1.35 = 391.5\text{H}/\text{мм}^2$.
- Несущая способность смятию элементов в соединении
- $N_{bp}=391.5*5.5*2*1 = 4306.5\text{H}$.
- Коэффициент $\alpha=1.803$.
- Несущая способность крепежных элементов смятию основного металла $F_b=447.62*1.803*6.3*2 = 10168.942\text{H}$.
- Минимальная несущая способность $N_{\text{мин}}=4306.5\text{H}$.
- Количество саморезов (на одной стороне) $n=58000/(2*4306.5) = 6.734$, принимаем 7шт.

Расчет узла на заклепках

Максимальный возможный диаметр заклепки по размещению $50/(2*1.5) = 16.7\text{мм}$.

Выбираем диаметр заклепки $d=6.4\text{мм}$.

Отношение $a/d=3.846$.

Коэффициент $\gamma_b=1$.

Расчетное сопротивление $R_{bp}=391.5\text{кН/мм}^2$.

Несущая способность смятию элементов в соединении $N_{bp}=391.5*6.4*2*1 = 5011.2\text{Н}$.

Коэффициент $\alpha=2.012$.

Несущая способность крепежных элементов смятию основного металла $F_b=447.62*2.012*6.4*2 = 11527.826\text{Н}$.

Минимальная несущая способность $N_{\text{мин}}=5011.2\text{Н}$.

Количество заклепок (на одной стороне) $n=58000/(2*5011.2) = 5.787$, принимаем 6шт.

Расчет узла на болтах

Максимальный возможный диаметр болта по размещению $50/(2*2) = 12.5\text{мм}$.

Выбираем диаметр болта $d=12\text{мм}$.

Отношение $a/d=1.923$.

Коэффициент $\gamma_b=0.969$.

Расчетное сопротивление $R_{bp}=391.5\text{кН/мм}^2$.

Несущая способность смятию элементов в соединении $N_{bp}=391.5*12*2*0.969 = 9104.724\text{Н}$.

Коэффициент $\alpha=1.33$.

Несущая способность крепежных элементов смятию основного металла $F_b=476.19*1.33*12*2 = 15199.985\text{Н}$.

Минимальная несущая способность $N_{\text{мин}}=9104.724\text{Н}$.

Количество болтов (в соединении) $n=58000/(2*9104.724) = 3.185$, принимаем 4шт.

Конструируем узел на заклепках. По нормам расстановки заклепок размещаем необходимое их количество в два ряда (рис. 5.13). Ширина зоны расстановки заклепок позволяет разместить их на ширине полки профиля ПН-2004-2,0 (для вертикально расположенного элемента ширина полки 50мм, ширина зоны размещения заклепок 38.4мм). Но горизонтально расположенный элемент имеет ширину полки 50мм, а в этом направлении размер зоны размещения заклепок 57.6мм, следовательно разместить их не

возможно. А если учесть наличие скруглений горизонтально расположенного элемента высота зоны размещения заклепок будет всего 43мм (рис. 5.14).

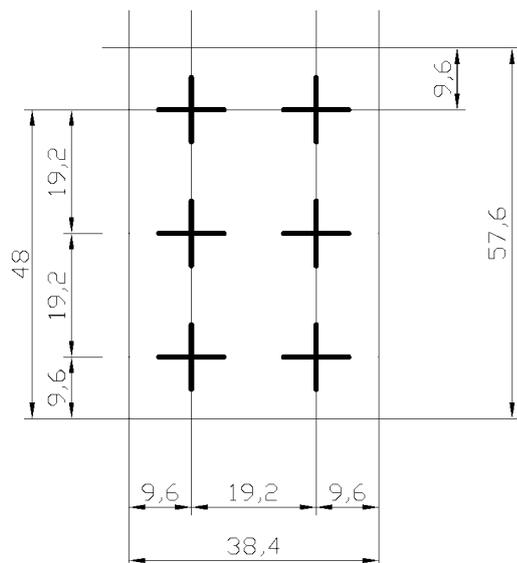


Рис. 5.13. Размещение заклепок по нормам размещения.

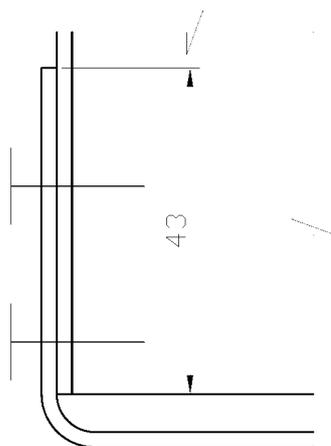


Рис. 5.14. Положение соединяемых элементов с учетом радиуса закругления профиля.

Таким образом, разместить необходимое количество заклепок невозможно. Для соединения будем использовать стальные накладки размерами 110x60мм, толщиной равной толщине соединяемых профилей, т.е. 2мм расположенные с обеих сторон узла. В таком случае на накладке необходимо разместить две группы заклепок по 6 штук на местах расположения вертикального и горизонтального элементов.

В таком случае узел будет выглядеть следующим образом (рис. 5.15).

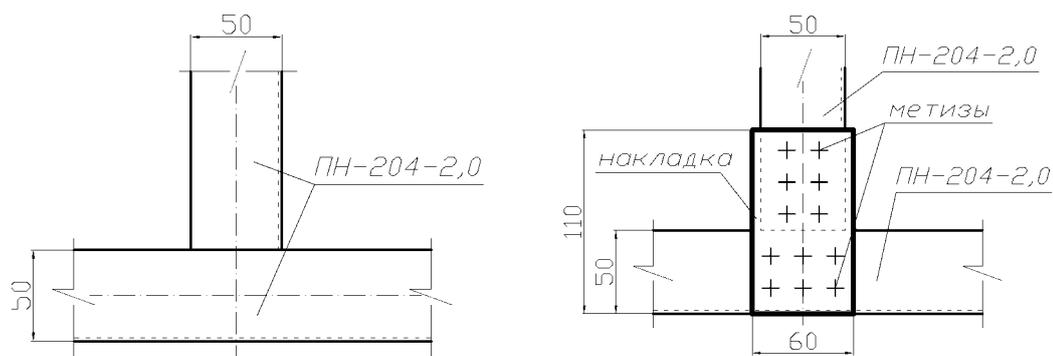


Рис. 5.15. Узел соединения профилей ПН-204-2,0 на заклепках.

В приложении 1 приведены исходные данные для выполнения индивидуальных заданий по данной теме. В приложении 1 приведены необходимые таблицы.

6. Расчет диска жесткости покрытия из стального профилированного настила на действие горизонтальных нагрузок.

Диафрагмой жесткости в покрытии называется система несущих конструктивных элементов покрытия здания образованная верхними поясами ферм или прогонами и стальным профилированным настилом прикрепленным в каждой гофре. Диафрагмы жесткости делятся на продольные и поперечные.

Поперечные диафрагмы жёсткости располагаются в крайних шагах стропильных ферм или поперечных рам здания (отсека) длиной не более 72 м. При длине здания (отсека) более 72 м между крайними диафрагмами равномерно располагаются промежуточные диафрагмы аналогичной конструкции через каждые 36-60 м [2].

Продольные диафрагмы жёсткости в зданиях с числом пролётов не более трёх располагаются вдоль крайних рядов колонн, в зданиях с числом пролётов более трёх, также и вдоль средних рядов колонн с таким расчётом, чтобы расстояние между смежными диафрагмами не превышало двух пролётов [2].

Вертикальные связи в зданиях (отсеках) с диафрагмами жёсткости проектируются так же, как в зданиях с горизонтальными связевыми фермами [2].

Размеры поперечных диафрагм жёсткости в плане рекомендуется принимать с учётом условия

$$\frac{L}{B} \geq 1,5, \quad (6.1)$$

где L и B - пролёт и ширина диафрагмы соответственно.
 Пролёт поперечных диафрагм равен пролёту стропильных ферм или поперечных рам, ширина этих диафрагм принимается кратной шагу стропильных ферм или поперечных рам (рис. 6.1).

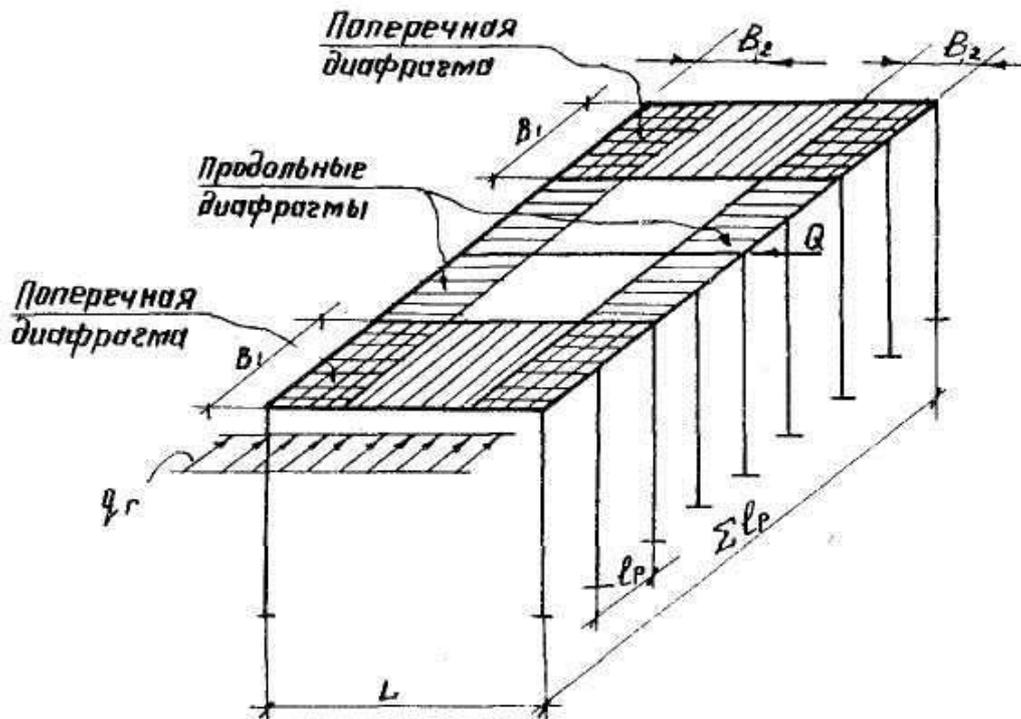


Рис. 6.1. Расчетная схема здания (отсека) с продольными и поперечными диафрагмами.

Продольные диафрагмы, ширина которых принимается кратной пролёту настила, но не менее 6 м, следует выполнять на всю длину здания (отсека). Настил покрытия фонарей выполняется с учётом требований к продольным диафрагмам жёсткости.

Жёсткость диафрагмы из профилированного настила характеризуется величиной сдвигающей силы, вызывающей единичное смещение рассматриваемого прямоугольного участка настила по линии её действия. Эта жёсткость называется сдвиговой, обозначается C и имеет размерность кгс/мм или тс/см (рис. 6.2а).

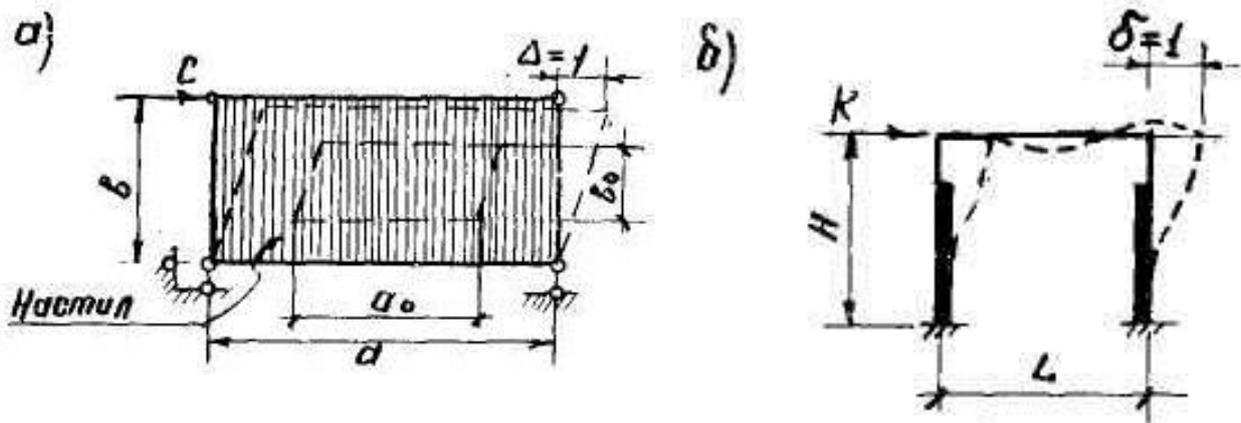


Рис. 6.2. К расчету параметров жесткости диафрагмы (а) и поперечной рамы (б)

Расчётная сдвиговая жёсткость профилированного настила определяется при следующих допущениях:

а) значение C изменяется прямо пропорционально расчётной длине рассматриваемого участка настила, параллельной направлению сдвигающей силы, и обратно пропорционально его ширине;

б) сдвиговая жёсткость настила не зависит от направления действия сдвигающей силы (вдоль или поперёк гофров);

в) настил, прогоны и их соединения работают упруго при одновременном и раздельном действии сдвигающих сил в плоскости диафрагм и вертикальных нагрузок на покрытие;

г) поперечная нагрузка на настил не влияет на его сдвиговую жёсткость.

Сдвиговую жёсткость участка настила рекомендуется рассчитывать по формуле

$$C = K_0 \cdot \alpha_0 \cdot \beta_0 \cdot C_0 \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{b_0}{a_0} \lambda. \quad (6.2)$$

где C_0 - сдвиговая жёсткость прямоугольной панели-эталона из профилированных листов рассматриваемого настила;

b_0 и a_0 - соответственно ширина и длина эталонных панелей, на которые разбивается рассматриваемый участок диафрагмы;

a и b - расчётные размеры рассматриваемого участка настила, параллельные сторонам панели-эталона a_0 и b_0 соответственно.

K_0 - коэффициент, учитывающий тип опорных креплений настила: для самонарезающих болтов и дюбелей - $K_0 = 1$; для сварных электрозаклёпок - $K_0 = 1,2$;

α_0 - коэффициент, учитывающий характер сдвигающей силы: при ветровых нагрузках $\alpha_0 = 1,0$; при крановых и сейсмических нагрузках $\alpha_0 = 0,8$;

β_0 - коэффициент, учитывающий конструкцию покрытия и принимаемый 1 при беспрогонной схеме опирания и 0.8 при прогонной схеме опирания

λ - коэффициент учитывающий одно, двух и трех пролетную схему опирания настила на прогоны (таблица Б.2 приложение 7).

В поперечных диафрагмах расчётные срезающие усилия на соединения можно определять как в однопролётной балке двутаврового сечения с гофрированной стенкой из профилированного настила и поясами в виде верхних поясов стропильных ферм или ригелей поперечных рам, расположенных по продольным краям этих диафрагм.

6.1 Прочность диафрагмы жесткости.

При изгибе диафрагм в своей плоскости допускается, что стенка из профилированного настила воспринимает только сдвигающие усилия, а верхние пояса ферм или ригелей испытывают дополнительное сжатие или растяжение

$$t = \frac{q_r L}{2B} \quad (6.3)$$

Расчётная продольная сила, действующая на соединения листов настила между собой в поперечных диафрагмах имеет вид:

$$N = n * t * e, \quad (6.4)$$

где e - шаг крепежных элементов или сварных точек.

Максимальное дополнительное усилие в верхних поясах ферм или ригелей на продольных краях этих диафрагм от нагрузки q_r равно:

$$N_n = \pm \frac{q_r L^2}{8B} \quad (6.5)$$

Расчетное срезающее усилие которое может быть воспринято одним винтом, определяется по формуле:

$$N_b = 3.2 \sqrt{\frac{t}{d}} * R_u * d * t \quad (6.6)$$

t - толщина более тонкого из соединяемых профилей;

d - диаметр винта

R_u - расчетное сопротивление стали настила

Прочность соединений профилированных листов настила между собой в

пролёте проверяется по формуле:

$$N \leq m \cdot n \cdot [N_2], \quad (6.7)$$

где N - расчётная продольная сила, действующая на соединение;

n - число крепежных элементов или сварных точек в соединении;

m - коэффициент условия работы, принимаемый равным 0,9 для заклёпочных соединений и 0.8 для соединений на самонарезающих винтах или точечной сварке.

Прочность соединений настила с поперечными опорами проверяется по формуле:

$$\left(\frac{\sqrt{N_x^2 + N_y^2}}{[N_1]} \right)^2 + \left(\frac{P}{[P_1]} \right)^2 \geq 1 \quad (6.8)$$

где N_x и N_y - расчётные срезающие усилия на один крепежный элемент или сварную точку, направленные соответственно параллельно и перпендикулярно горизонтальной нагрузке

P - расчётное растягивающее (отрывающее) усилие на один крепежный элемент или сварную точку при ветровом отсосе;

$[N_1]$ и $[P_1]$ - допускаемые усилия на один крепежный элемент или сварную точку соответственно при срезе и растяжении (отрыве)

6.2 Деформативность диафрагмы жесткости

В продольных диафрагмах расчётные срезающие усилия на соединения настила определяются с учётом взаимных перемещений поперечных рам в направлении нагрузки согласно принятой расчётной схеме (рис. 6.5). По этой схеме каждая продольная диафрагма здания (отсека) рассматривается как неразрезная равнопролётная балка на упруго-податливых опорах, которыми являются поперечные рамы.

В зданиях (отсеках), при действии сил Q на каждую поперечную раму смещение ригеля любой из них можно вычислить по формуле:

$$f_i = \frac{Q}{K} - (a_1 x_1^i + a_2 x_2^i), \quad (6.9)$$

где a_1 и a_2 - произвольные постоянные, определяемые по (6.12) и (6.13)

$$x_1 = \left(1 + \frac{K}{2C} \right) \sqrt{\left(1 + \frac{K}{2C} \right)^2 - 1}; \quad (6.10)$$

$$x_2 = x_1^{-1}; \quad (6.11)$$

$$a_1 = \frac{Q}{K} \cdot \frac{x_2^{2m}}{x_2^{2m} + 1}; \quad (6.12)$$

$$a_2 = \frac{Q}{K} \cdot \frac{1}{x_2^{2m} + 1} \quad (6.13)$$

где

m - порядковый номер рамы в середине блока;

K - параметр единичной жёсткости поперечных рам, равный горизонтальной силе на уровне ригеля, вызывающей его единичное перемещение в плоскости рамы ;

C - сдвиговая жёсткость участка продольной диафрагмы между смежными поперечными рамами;

В этом случае перемещение ригеля поперечной рамы в середине длины здания (отсека) является наибольшим и имеет вид

$$f_{\max} = \frac{Q}{K} \cdot \beta_m, \quad (6.14)$$

Расчётные срезающие усилия в соединениях настила продольной диафрагмы принимаются в зависимости от значения максимальной сдвигающей силы

$$T_{\max} = C \Delta_{\max} \quad (6.15)$$

6.3 Пример расчёта диафрагм жёсткости из профилированного настила в покрытии одноэтажного здания на ветровые нагрузки.

Требуется рассчитать диафрагмы жёсткости из профилированного настила марки Н75-750-0.9, выполняющего функцию горизонтальных связей в плоскости верхних поясов стропильных ферм покрытия одноэтажного трёхпролётного здания на действие ветровой нагрузки.

Функцию горизонтальных связей выполняет профилированный настил закрепленный в диафрагмах жесткости в каждой гофре.

Расчёт поперечных диафрагм

В плоскости верхних поясов стропильных ферм в пролётах А-Б и В-Г без фонарей учитываем три поперечные диафрагмы - у торцов и в середине

длины здания, так как она превышает 72 м (рис. 6.3). Размеры каждой диафрагмы в плане принимаем равными $L = 24$ м, $B = 12$ м, в соответствии с условием формула (6.1)

$$L/B=24/12=2>1.5$$

Сбор ветровых нагрузок осуществлялся по СП 20.13330.2011 для IV ветрового района и типа местности В и следующих расчетных исходных данных:

- средняя отметка расположения диска покрытия 24.8м (высота здания)
- Сечение колонн принято из колонных двутавров 40К1;
- Ветровой район строительства - IV

Нормативная ветровая нагрузка с учетом пульсации составит:

$$w = w_m + w_p = w_m (1 + \zeta(z_e)v) = w_m * 1.44 = 57.24 \text{ кгс/м}^2$$

при

$$w_m = 0.7w_0 k(z_e)c_e = 0.7 * 48 * 0.91 * (0.8 + 0.5) = 39.75 \text{ кгс/м}^2$$

и $k(z_e) = 0.91$; $\zeta = 0.9$; $v = 0.55$; $c_{e1} = 0.8$ и $c_{e2} = 0.5$ (для суммарной ветровой нагрузки с наветренной и подветренной стороны).

Расчетная ветровая нагрузка с учетом пульсации составит:

$$w_p = w \gamma_f = 80.13 \text{ кгс/м}^2.$$

Горизонтальная нагрузка на диск жесткости покрытия без учета заделки колонны рам на фундаменте с учетом 3-х поперечных диафрагм составит:

$$q = w_p H / 3 = 80.13 * 12.4 / 3 = 331.2 \text{ кгс/м}.$$

Погонное сдвигающее усилие в продольных соединениях настила определяем по формуле (6.3)

$$t = \frac{331.2 \times 24}{2 \times 12} = 331.2 \text{ кгс/м}.$$

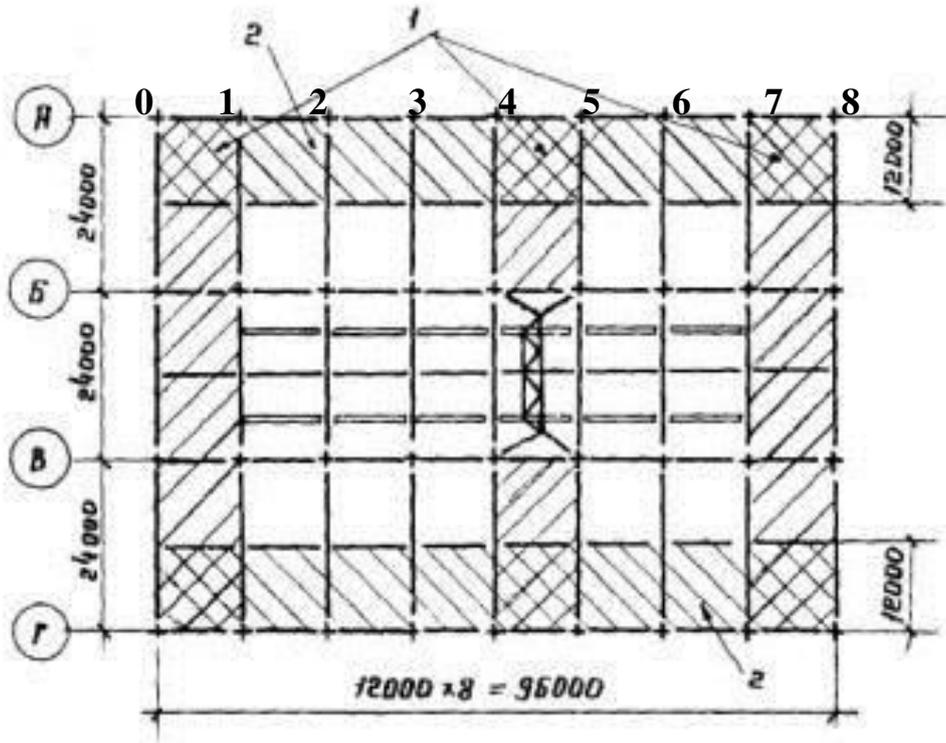


Рис. 6.3. Схема диафрагм и связей по верхним поясам ферм:
1 - поперечные диафрагмы, 2 - продольная диафрагма

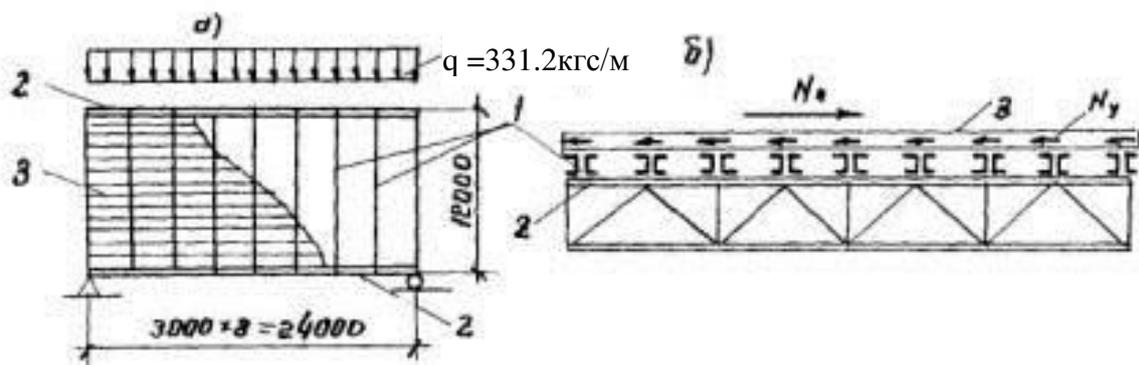


Рис. 6.4. Расчет поперечной диафрагмы:
а - расчетная схема диафрагмы в одном пролете,
б - усилия в опорных соединениях настила по продольным краям
диафрагмы,
1 - прогон, 2 - ферма, 3 - настил

Соединения листов настила между собой выполняются в данном случае с помощью комбинированных заклёпок со алюминиевым бортиком $d4.8\text{мм}$. Допускаемый шаг заклёпок в таком случае:

$$e = \frac{m \cdot [N_2]}{t} = \frac{0.9 \times 185}{331.2} = 0.5 \text{ м}$$

$[N_2] = 185$ кгс - из таблицы БЗ приложения 7.

В пределах поперечных диафрагм шаг заклёпок принимаем равным 500 мм.

Сдвигающее усилие по продольному краю торцевой диафрагмы определяем по формуле (6.5)

$$N_n = \frac{q_r L^2}{8B} = \frac{331.2 \times 24^2}{8 \times 12} = 1992 \text{ кгс.}$$

Это усилие воспринимается самосверлящими винтами d6.3×20, прикрепляющими настил к девяти прогонам по продольным краям диафрагмы (см. рис. 6.4б). Требуемое количество болтов на каждом прогоне определяем по формуле (6.5)

$$n = \frac{N}{9m[N_1]} = \frac{1992}{9 \times 1 \times 168} = 1.3 \text{ шт.}$$

$[N_1] = 168$ кгс определенное по формуле (6.6) для толщины настила 0.9мм и марки стали настила С245.

Таким образом, по продольным краям диафрагм настил должен крепиться к каждому прогону двумя самонарезающими болтами. На каждый из этих болтов действует срезающее усилие, направленное перпендикулярно нагрузке и равное:

$$N_y = \frac{1992}{18} = 110.6 \text{ кгс.}$$

По поперечному краю диафрагмы на каждый из болтов, крепящих настил к крайнему прогону в каждой волне через 187.5 мм (для гофрированных профилей Н75-750-0.9) действует усилие, параллельное нагрузке и равное

$$N_x = \frac{R}{n} = \frac{q_r L}{2n} = \frac{331.2 \times 24}{2 \times 64} = 62.1 \text{ кгс;}$$

где $n = B/187.5 = 64$ - число самонарезающих болтов на крайнем прогоне.

Так как в углах диафрагмы установлено по два винта, усилие на каждый из них снижается вдвое, т.е.

$$N_{x1} = 31 \text{ кгс.}$$

Проверяем прочность наиболее напряжённых соединений настила в углах диафрагмы по формуле (4) без учёта ветровой нагрузки

$$\left(\frac{\sqrt{N_x^2 + N_y^2}}{[N_1]} \right)^2 = \left(\frac{\sqrt{31^2 + 110.6^2}}{168} \right)^2 = 0.68 < 1.0,$$

Расчёт продольных диафрагм

Две продольные диафрагмы предусмотрены в плоскости верхних поясов стропильных ферм (вдоль крайних рядов колонн). Допуская, что стропильные фермы обладают бесконечной жёсткостью при продольном сжатии, передадим ветровую нагрузку поперек здания в плоскость продольных диафрагм шириной $B_2=l_p=12$ м каждая, которые распределяют эту нагрузку между всеми поперечными рамами здания.

Горизонтальная нагрузка на диск жесткости покрытия без учета заделки колонны рам на фундаменте с учетом 2-х продольных диафрагм составит:

$$q = w_p H / 2 = 80.13 \cdot 12.4 / 2 = 496 \text{ кгс/м.}$$

Сосредоточенная сила, приложенная в уровне ригеля средних поперечных рамы имеет вид

$$Q = q \cdot B = 496 \cdot 12 = 5952 \text{ кгс.}$$

Жёсткость поперечной рамы состоящей из 4-х колонн на уровне ригеля можно записать

$$K = 4 \cdot 3 E J / H^3 = 4 \cdot 3 \cdot 2100000 \cdot 56147 / 2480^3 = 92.7 \text{ кг/см,}$$

Сдвиговая жёсткость продольной диафрагмы из профилированного настила по прогонам определяется по формуле (6.2) для суммарной ширины двух продольных диафрагм:

$$C = K_0 \cdot \alpha_0 C_0 \frac{a}{b} \cdot \frac{e_0}{a_0} \lambda = 1 \cdot 1 \cdot 2100 \times \frac{24}{12} \times \frac{3}{6} \times 3.25 = 6825 \text{ кгс/см.}$$

Перемещения рам в своей плоскости на уровне ригелей от ветровой нагрузки с учётом жёсткости продольной диафрагмы можно определить по формуле:

$$f_i = \frac{Q}{K} - (a_1 x_1^i + a_2 x_2^i),$$

для 1-й рамы от торца здания (рис. 6.3)

$$f_1 = \frac{Q}{K} - (a_1 x_1 + a_2 x_2) = \frac{5952}{92.7} - (48.4 \times 0.89 + 18.4 \times 1.12) = 0.52 \text{ см,}$$

$$\text{где } x_1 = \left(1 + \frac{K}{2C}\right) - \sqrt{\left(1 + \frac{K}{2C}\right)^2 - 1} = 0.89;$$

$$x_2 = \frac{1}{x_1} = 1.12;$$

$$a_1 = \frac{Q}{K} \cdot \frac{x_2^{2m}}{x_2^{2m} + 1} = \frac{5952}{92.7} \times \frac{1.12^8}{1.12^8 + 1} = 48.4;$$

$$a_2 = \frac{Q}{K} \cdot \frac{1}{x_2^{2m} + 1} = 18.4;$$

для 2-й рамы от торца здания

$$f_2 = \frac{Q}{K} - (a_1 x_1^2 + a_2 x_2^2) = \frac{5952}{92.7} - (48.4 \times 0.89^2 + 18.4 \times 1.12^2) = 2.78 \text{ см},$$

для 3-й рамы от торца здания

$$f_3 = \frac{Q}{K} - (a_1 x_1^3 + a_2 x_2^3) = 4.23 \text{ см},$$

для 4-й рамы от торца здания

$$f_4 = \frac{Q}{K} - (a_1 x_1^4 + a_2 x_2^4) = 4.88 \text{ см}.$$

Учитывая симметричность, нагрузки перемещения остальных рам равны соответственно:

$$f_5 = f_3 = 4.23 \text{ см};$$

$$f_6 = f_2 = 2.78 \text{ см};$$

$$f_7 = f_1 = 0.52 \text{ см};$$

Максимальное перемещение диафрагмы от ветровой нагрузки в таком случае составило:

$$f_{\max} = 4.88 \text{ см}$$

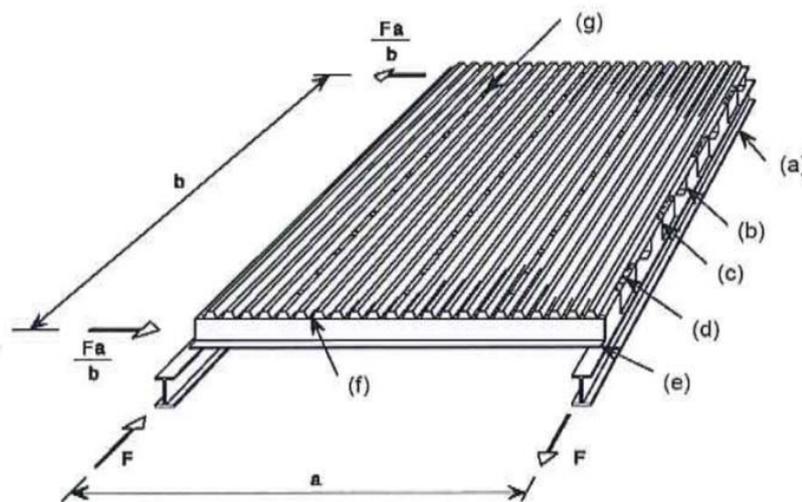
Проверка прочности продольных диафрагм

При поперечной ветровой нагрузке максимальная сдвигающая сила действует на участки диафрагмы между 1-ой и 2-ой от торца рамами (см. рис. 6.3), взаимное смещение которых по направлению нагрузки является наибольшим $\Delta_{\max} = 2.56 \text{ см}$. Эта сила определяется по формуле (6.15)

$$T = C \cdot \Delta_{\max} = 6825 \times 2.56 = 17472 \text{ кгс},$$

и передаётся на ряд самонарезающих винтов крепящих настил на поперечных краях продольной диафрагмы жёсткости. В связи с большим

усилием предусмотрим размещение в зонах продольных диафрагм между 1 и 2 рамами (рис. 6.3) специальных соединительных элементов (связей сдвига). (рис. 6.5)



a – балка; *b* – прогон; *c* – связь сдвига; *d* – крепление настила к связи сдвига; *e* – прогон;
f – крепление настила к прогону; *g* – крепление листов настила между собой

Рис. 6.5 Принципиальная схема диафрагмы жесткости.

Количество элементов креплений к связям сдвига на метр длины составит:

$$n = \frac{T}{2 * B[N_1]} = \frac{17472}{2 * 12 * 168} = 4.3 \text{ шт./м,}$$

Принимаем крепление винтов к связям сдвига с шагом 200мм

где $B=12$ м- ширина продольной диафрагмы;

$[N_1] = 168$ кгс - для винтов $d6.3 \times 25$.

По закону о парности действия касательных напряжений данной количество должно винтов должно быть и при креплении профилированного настила к прогонам.

При креплении в каждой волне количество винтов на метр длины составляет для настила Н75-750

$$n = 1/0.1875 = 5.33 \text{ шт./м} > 4.3,$$

следовательно, прочность креплений обеспечивается.

7. Список использованных источников

1. СТО 0047-2005 Перекрытия сталежелезобетонные с монолитной плитой по стальному профилированному настилу. Расчет и проектирование. М., 2005г.
2. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная

редакция СНиП II-23-81*. М., Стандартинформ., 2011г.

3. СП 260.1325800.2016 Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования. М., Стандартинформ., 2016г.

4. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М., Стандартинформ., 2011г.

5. ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций и оснований». Основные положения и требования. М., Стандартинформ., 2011г.

Приложения

Приложение 1

Индивидуальное задание к теме 1 «Расчет профнастила»

Необходимо подобрать марку профилированного настила.

Рассмотреть два варианта раскладки профилированного стального настила: многопролетную и консольную. Расчет вести предполагая, что настил уложен широкими полками вверх.

Исходные данные: Шаг несущих конструкций: $L=5.2\text{м}$, расчетная снеговая нагрузка $S_p = 490 \text{ кг/м}^2$, собственный вес кровли $q_p = 50 \text{ кг/м}^2$. Расчетная схема профнастила – двухпролетная.

Вариант	Пролет (шаг несущих конструкций) (м)	Собственный вес кровли (кгс/м ²)	Расчетная снеговая нагрузка (кгс/м ²)	Расчетная схема
1	3.2	30	70	3
2	3.4	30	140	3
3	3.6	30	210	3
4	3.8	30	280	3
5	4	30	350	3
6	4.2	30	420	2
7	4.4	30	490	2
8	4.6	30	560	2
9	4.8	30	70	2
10	5	30	140	2
11	3.2	40	210	3
12	3.4	40	280	3
13	3.6	40	350	3
14	3.8	40	420	3
15	4	40	490	3
16	4.2	40	560	2
17	4.4	40	70	2
18	4.6	40	140	2
19	4.8	40	210	2
20	5	40	280	2
21	3.2	50	350	3
22	3.4	50	420	3
23	3.6	50	490	3
24	3.8	50	560	3
25	4	50	170	3
26	4.2	50	140	2
27	4.4	50	210	2
28	4.6	50	280	2
29	4.8	50	350	2
30	5	50	420	2

Индивидуальное задание к теме 2 «Расчет прогонов»

Выполнить расчет прогонов установленных в покрытии с углом наклона кровли к горизонту согласно номеру варианта в трех вариантах выполнения: из прокатного швеллера с уклоном полок по ГОСТ 8240-89 , гнутого швеллера по ГОСТ 8278-83 и из гнуто-сварного прямоугольного профиля по ГОСТ 30245-2003 при исходных данных приведенных в таблице.

Провести анализ результатов расчетов по критерию минимума расхода стали на прогоны и сформулировать выводы по проведенному анализу.

Исходные данные к теме 2 «Расчет прогонов»

Вариант	Уклон (%)	Шаг прогонов (м)	Пролет прогонов (м)	Расчетная схема профнастила (кол. пролетов)	Марка профнастила	Снеговой район
1	10	2.5	6.5	3	H57-750-0.8	3
2	15	2.6	6.5	3	H57-750-0.8	3
3	20	2.7	6.5	3	H57-750-0.8	3
4	25	2.8	6.5	3	H57-750-0.8	3
5	10	2.9	6.5	3	H57-750-0.8	4
6	15	3	6.5	3	H57-750-0.8	4
7	20	3.1	6.5	2	H57-750-0.8	4
8	25	3.2	6.5	2	H57-750-0.8	4
9	10	3.4	6.5	2	H75-750-0.9	5
10	15	3.5	6.5	2	H75-750-0.9	5
11	20	2.5	6	2	H75-750-0.9	5
12	25	2.6	6	2	H75-750-0.9	5
13	10	2.7	6	1	H75-750-0.9	6
14	15	2.8	6	1	H75-750-0.9	6
15	20	2.9	6	1	H75-750-0.9	6
16	25	3	6	1	H75-750-0.9	6
17	10	3.1	6	1	H114-750-1.0	7
18	15	3.2	6	1	H114-750-1.0	7
19	20	3.4	6	3	H114-750-1.0	7
20	25	3.5	6	3	H114-750-1.0	7
21	10	2.5	6.5	3	H114-750-1.0	8
22	15	2.6	6.5	3	H114-750-1.0	8
23	20	2.7	6.5	3	H114-750-1.0	8
24	25	2.8	6.5	3	H114-750-1.0	8
25	10	2.9	6.5	2	H60-845-0.9	3
26	15	3	6.5	2	H60-845-0.9	3
27	20	3.1	6.5	2	H60-845-0.9	3
28	25	3.2	6.5	2	H60-845-0.9	3
29	10	3.4	6.5	2	H60-845-0.9	4
30	15	3.5	6.5	2	H60-845-0.9	4

Индивидуальное задание к теме 3 «Расчет узлов ферм из гнуто-сварных замкнутых профилей»

Выполнить расчет узлов ферм из гнуто-сварных замкнутых профилей при исходных данных из таблицы согласно номеру варианта:

Вариант	N в поясе 1, кН	N в поясе 2, кН	N в раскосе, кН	M в раскосе, кН*м	Угол, °	Зазор между стенками раскосов, мм	профиль пояса	профиль раскоса	сталь	электрод	Катет, мм
1	-170	-205	-110	11	42	20	160x80x4	70x70x4	C345	Э70	5
2	-175	-210	-115	11	43	20	160x80x4	70x70x4	C345	Э70	5
3	-180	-215	-120	11	44	20	160x80x4	70x70x4	C345	Э70	5
4	-185	-220	-125	9	45	20	160x80x4	70x70x4	C345	Э70	5
5	-190	-225	-130	8	46	20	160x80x4	70x70x4	C345	Э70	5
6	-195	-230	-135	7	47	20	160x80x4	70x70x4	C345	Э70	5
7	-200	-235	-140	6	48	20	160x80x4	70x70x4	C345	Э70	5
8	-205	-240	-145	6	49	20	160x80x4	70x70x4	C345	Э70	5
9	-370	-405	-310	25	30	30	140x120x5	100x100x4	C345	Э70	5
10	-375	-410	-315	25	31	30	140x120x5	100x100x4	C345	Э70	5
11	-380	-415	-320	25	32	30	140x120x5	100x100x4	C345	Э70	5
12	-385	-420	-325	25	33	30	140x120x5	100x100x4	C345	Э70	5
13	-390	-425	-330	25	34	30	140x120x5	100x100x4	C345	Э70	5
14	-170	-205	-110	9	42	24	120x80x4	70x70x4	C345	Э70	5
15	-175	-210	-115	9	43	24	120x80x4	70x70x4	C345	Э70	5
16	-180	-215	-120	9	44	24	120x80x4	70x70x4	C345	Э70	5
17	-185	-220	-125	9	45	24	120x80x4	70x70x4	C345	Э70	5
18	-190	-225	-130	9	46	24	120x80x4	70x70x4	C345	Э70	5
19	-370	-405	-270	20	35	40	140x120x5	100x100x4	C345	Э70	5
20	-375	-410	-275	20	36	40	140x120x5	100x100x4	C345	Э70	5
21	-380	-415	-280	18	37	40	140x120x5	100x100x4	C345	Э70	5
22	-385	-420	-285	18	38	40	140x120x5	100x100x4	C345	Э70	5
23	-390	-425	-290	18	39	40	140x120x5	100x100x4	C345	Э70	5
24	-250	-285	-205	35	39	32	180x140x5	120x120x4	C345	Э70	5
25	-255	-290	-210	35	39	32	180x140x5	120x120x4	C345	Э70	5
26	-260	-295	-215	35	39	32	180x140x5	120x120x4	C345	Э70	5
27	-265	-300	-220	35	39	32	180x140x5	120x120x4	C345	Э70	5
28	-270	-305	-225	35	39	32	180x140x5	120x120x4	C345	Э70	5
29	-275	-310	-230	35	39	24	180x140x5	120x120x4	C345	Э70	5
30	-280	-315	-255	30	39	24	180x140x5	120x120x4	C345	Э70	5

Индивидуальное задание к теме 4 «Расчет тонкостенных профилей»

Выполнить расчет тонкостенных профилей при исходных данных согласно номеру варианта :

Вариант	Усилие в раскосе фермы (сжимающее) N, кН	Длина раскоса фермы L, м	Сталь	Профиль
1	12	1.2	C220	ПН-254-1,5
2	12.5	1.15	C250	ПН-204-1,5
3	13	1.1	C280	ПН-154-1,5
4	8.5	1.05	C320	ПН-150-1,5
5	9	1	C350	ПН-154-1,5
6	9.5	0.95	ХП	ПН-200-1,2
7	10	0.9	ПК	ПН-150-1,5
8	10.5	0.85	C220	ПН-204-1,2
9	11	0.8	C250	ПН-150-1,5
10	11.5	0.75	C280	ПН-200-1,2
11	1.8	1.5	C320	ПН-200-1,2
12	1.82	1.55	C350	ПН-200-1,2
13	2.32	1.6	ХП	ПН-200-1,2
14	2.82	1.65	ПК	ПН-200-1,2
15	3.32	1.7	C220	ПН-200-1,2
16	3.29	1.75	C250	ПН-150-1,2
17	1.8	1.8	C280	ПН-150-1,2
18	1.77	1.85	C320	ПН-150-1,2
19	1.17	1.9	C350	ПН-150-1,2
20	0.57	1.95	ХП	ПН-150-1,2
21	22	0.8	ПК	ПН-150-1,5
22	20	0.82	C220	ПН-150-1,5
23	18	0.84	C250	ПН-150-1,5
24	12	0.86	C280	ПН-150-1,5
25	14	0.88	C320	ПН-150-1,5
26	42	0.9	C350	ПН-204-2,0
27	36	0.92	ХП	ПН-204-2,0
28	38	0.94	ПК	ПН-204-2,0
29	40	0.96	C220	ПН-204-2,0
30	34	0.96	C250	ПН-204-2,0

Индивидуальное задание к теме 5 «Расчет соединений элементов тонкостенных холодногнутой профилей»

Расчитать соединение из тонкостенных профилей в трех вариантах (на самонарезающих винтах, комбинированных заклепках и болтах). Класс стали саморезов и заклепок С345, класс болтов по прочности 5.6. Законструировать соединение (определить количество метизов и их расположение на узле соединения) и выполнить его эскиз.

Варианты	Усилие в раскосе фермы (растягивающее) N= кН	Сталь	Профиль
1	9.8	C220	ПН-150-0,8
2	17.7	C320	ПН-200-1,2
3	18.4	ПК	ПН-150-1,5
4	26.25	C220	ПН-254-1,5
5	18.4	C320	ПН-150-1,5
6	14.7	C320	ПН-150-1,2
7	18.4	ПК	ПН-150-1,5
8	18.4	C250	ПН-150-1,5
9	30	C350	ПН-204-2,0
10	30	ПК	ПН-204-2,0
11	30	C250	ПН-204-2,0
12	22.5	C250	ПН-204-1,5
13	17.7	ХП	ПН-200-1,2
14	18.4	C250	ПН-150-1,5
15	17.7	ХП	ПН-200-1,2
16	30	C220	ПН-204-2,0
17	18.4	C320	ПН-150-1,5
18	18.4	C220	ПН-150-1,5
19	18.75	C280	ПН-154-1,5
20	18.75	C350	ПН-154-1,5
21	18	C220	ПН-204-1,2
22	17.7	C280	ПН-200-1,2
23	17.7	C350	ПН-200-1,2
24	17.7	ПК	ПН-200-1,2
25	14.7	C250	ПН-150-1,2
26	14.7	ХП	ПН-150-1,2
27	14.7	C280	ПН-150-1,2
28	14.7	C350	ПН-150-1,2
29	18.4	C280	ПН-150-1,5
30	30	ХП	ПН-204-2,0

Индивидуальное задание к теме 6 «Расчёт диафрагм жёсткости из

профилированного настила в покрытии одноэтажного здания на ветровые нагрузки»

Требуется рассчитать диафрагмы жёсткости из профилированного настила марки Н75-750-0.9, выполняющего функцию горизонтальных связей в плоскости верхних поясов стропильных ферм покрытия одноэтажного трёхпролётного здания на действие ветровой нагрузки.

№ п.п.	L (м)	B(м)	Длина здания (м)	Ширина здания (м)	Ветровой район	Высота здания (м)	Тип настила
1	16	12	132	48	4	24	H60-845-0.9
2	17	6	132	51	6	26.4	H75-750-0.9
3	21	6	72	63	5	14.4	H114-600-0.9
4	19	6	144	57	4	19.2	H75-750-0.8
5	21	12	96	63	4	15.6	H57-750-0.8
6	23	6	132	69	2	16.8	H60-845-0.7
7	16	12	72	48	3	19.2	H114-750-0.9
8	21	12	72	63	3	19.2	H60-845-0.8
9	18	6	108	54	3	20.4	H57-750-0.7
10	16	12	108	48	4	24	H60-845-0.8
11	21	12	108	63	6	16.8	H114-600-0.9
12	24	6	144	72	6	24	H57-750-0.8
13	22	6	132	66	2	16.8	H114-600-1.0
14	19	12	144	57	5	18	H114-750-0.9
15	23	12	132	69	3	18	H114-750-0.8
16	16	6	120	48	2	20.4	H114-600-1.0
17	22	12	132	66	4	20.4	H60-845-0.8
18	24	6	132	72	3	12	H57-750-0.7
19	19	6	108	57	4	22.8	H114-600-1.0
20	23	12	72	69	5	12	H60-845-0.7
21	16	12	96	48	4	15.6	H114-600-0.9
22	23	12	84	69	6	12	H114-600-1.0
23	21	12	96	63	4	21.6	H114-600-1.0
24	24	12	120	72	4	15.6	H57-750-0.7
25	23	12	120	69	6	21.6	H57-750-0.8
26	24	6	132	72	6	19.2	H114-600-0.9
27	18	12	72	54	2	21.6	H114-750-0.8
28	21	6	144	63	3	20.4	H57-750-0.8
29	18	12	120	54	6	24	H114-750-1.0
30	21	12	144	63	4	16.8	H114-600-1.0

Приложение 2

Таблица 1 [1]

Справочные величины на 1 м ширины настила при работе полным сечением

Марка профиля	Площадь F, см ²	I _x , см ⁴	W _{x1} , см ³	W _{x2} , см ³	Масса 1м ² , кг
H114-600-1,0	12,5	401,838	66,619	74,857	17,2
H114-600-0,9	11,3	364,307	60,337	67,941	15,6
H114-600-0,8	10,0	323,538	53,666	60,234	14,0
H80A-674-1,0	12,5	186,967	43,171	50,957	15,3
H80A-674-0,9	11,3	168,829	38,982	46,015	13,9
H75-750-0,9	11,3	127,331	30,602	38,133	9,8
H75-750-0,8	10,0	113,525	27,277	34,008	11,2
H75-750-0,7	8,8	99,648	23,939	29,858	12,5
H60-845-0,9	11,3	78,939	22,306	32,074	11,1
H60-845-0,8	10,0	70,519	19,927	28,652	9,9
H60-845-0,7	8,8	61,991	17,514	25,195	8,8
H57-750-0,8	8,8	61,106	18,90	24,772	9,8
H57-750-0,7	7,7	53,748	16,618	21,798	8,7
HC44-1000-0,8	11,2	30,380	12,512	15,405	9,4
HC44-1000-0,7	9,8	26,756	11,021	13,567	8,3
HC35-1000-0,8	10,0	42,036	20,05	29,952	8,4
HC35-1000-0,7	8,75	36,954	17,618	26,351	7,4

Примечание – W_{x1} и W_{x2} – моменты сопротивления профилированного листа относительно оси 1-1 или 2-2.

Таблица 2 [1]

Критические напряжения в сжатых полках

Марка профиля	σ _{кр} при нормативных нагрузках, кгс/см ²	σ _{кр} при расчетных нагрузках, кгс/см ²
H114-600-1,0	1011	605
H114-600-0,9	819	489
H114-600-0,8	646	386
H114-600-1,0п	22877	13660
H114-600-0,9п	18415	10996
H114-600-0,8п	14478	8645
H80A-674-1,0	852	509
H80A-674-0,9	688	411
H80A-674-1,0п	3680	2198
H80A-674-0,9п	2957	1766
H75-750-0,9	4577	2733
H75-750-0,8	3599	2149
H75-750-0,7	2743	1638
H75-750-0,9п	2908	1736

H75-750-0,8П	2281	1362
H75-750-0,7П	1733	1035
H60-845-0,9	498	298
H60-845-0,8	393	234
H60-845-0,7	300	179
H60-845-0,9П	2745	1639
H60-845-0,8П	2155	1287
H60-845-0,7П	1640	979
H57-750-0,8	3285	1961
H57-750-0,7	2506	1497
H57-750-0,8П	2805	1675
H57-750-0,7П	2134	1274
HC44-1000-0,8	565	337
HC44-1000-0,7	1723	1029
HC44-1000-0,8П	9615	5741
HC44-1000-0,7П	7314	4367
HC35-1000-0,8П	6849	4090
HC35-1000-0,7П	5227	3121

Примечание – Индекс «П» указывает на расположение профилированного листа, когда сжата узкая полка (полка по оси 1-1).

Таблица А.1 – Момент сопротивления (см^3) при расчетных напряжениях в сжатых широких полках Н114-600

Наименование	Толщина, мм	Напряжения (кгс/см ²)											
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
W1	1,0	66,619	66,619	66,619	66,619	66,619	66,619	66,166	65,886	65,628	65,390	65,170	64,966
	0,9	60,337	60,337	60,337	60,337	60,099	59,769	59,471	59,202	58,957	58,735	58,532	58,344
	0,8	53,666	53,666	53,666	53,382	53,011	52,684	52,397	52,141	51,913	51,706	51,519	51,348
W2	1,0	74,857	74,857	74,857	74,857	74,857	74,857	72,772	71,523	70,402	69,392	68,479	67,648
	0,9	67,941	67,941	67,941	67,941	66,822	65,316	63,998	62,842	61,821	60,912	60,098	59,362
	0,8	60,234	60,234	60,234	58,919	57,263	55,865	54,675	53,650	52,756	51,968	51,268	50,639

Окончание таблицы А1

Наименование	Толщина, мм	Напряжения (кгс/см ²)											
		1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
W1	1,0	64,777	64,600	64,434	64,279	64,133	63,995	63,864	63,740	63,623	63,511	63,404	63,302
	0,9	58,171	58,010	57,860	57,720	57,589	57,465	57,349	57,238	57,134	57,034	56,940	56,849
	0,8	51,190	51,044	50,909	50,783	50,666	50,555	50,451	50,353	50,260	50,172	50,089	50,009
W2	1,0	66,888	66,191	65,548	64,952	64,399	63,883	63,400	62,948	62,522	62,120	61,741	61,382
	0,9	58,694	58,084	57,524	57,007	56,528	56,082	55,667	55,278	54,913	54,570	54,246	53,939
	0,8	50,071	49,554	49,081	48,646	48,245	47,872	47,526	47,202	46,898	46,613	46,345	46,091

Таблица А.2 - Момент сопротивления (см^3) при расчетных напряжениях в сжатых широких полках Н80А-674

Наименование	Толщина, мм	Напряжения ($\text{кгс}/\text{см}^2$)											
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
W1	1,0	43,171	43,171	43,171	43,171	43,171	42,759	42,504	42,271	42,056	41,858	41,674	41,504
	0,9	38,982	38,982	38,982	38,982	38,525	38,245	37,994	37,767	37,561	37,372	37,198	37,038
	0,8	34,768	34,768	34,768	34,304	33,992	33,720	33,478	33,263	33,070	32,894	32,733	32,586
W2	0,7	30,540	30,540	30,123	29,766	29,465	29,208	28,984	28,786	28,610	28,451	28,306	28,174
	1,0	50,957	50,957	50,957	50,957	50,957	48,672	47,340	46,166	45,127	44,200	43,368	42,616
	0,9	46,015	46,015	46,015	46,015	43,493	42,058	40,828	39,765	38,835	38,013	37,281	36,623
	0,8	41,037	41,037	41,037	38,488	36,913	35,613	34,523	33,593	32,788	32,083	31,458	30,900
	0,7	36,045	36,045	33,747	31,959	30,563	29,440	28,514	27,733	27,063	26,480	25,966	25,509

Окончание таблицы А.2

Наименование	Толщина, мм	Напряжения ($\text{кгс}/\text{см}^2$)													
		1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400		
W1	1,0	41,345	41,196	41,056	40,924	40,799	40,681	40,569	40,462	40,361	40,264	40,171	40,082		
	0,9	36,889	36,750	36,620	36,498	36,383	36,274	36,171	36,073	35,980	35,892	35,807	35,726		
	0,8	32,449	32,322	32,204	32,093	31,989	31,891	31,799	31,711	31,628	31,549	31,473	31,401		
W2	0,7	28,053	27,940	27,835	27,738	27,646	27,561	27,480	27,403	27,331	27,262	27,196	27,134		
	1,0	41,932	41,306	40,731	40,200	39,708	39,250	38,823	38,423	38,048	37,694	37,360	37,045		
	0,9	36,027	35,485	34,988	34,531	34,109	33,717	33,351	33,010	32,690	32,389	32,106	31,838		
	0,8	30,396	29,940	29,523	29,140	28,788	28,461	28,157	27,874	27,609	27,360	27,125	26,904		
	0,7	25,099	24,727	24,389	24,080	23,795	23,532	23,288	23,060	22,848	22,649	22,461	22,285		

Таблица А.3 – Момент сопротивления (см^3) при расчетных напряжениях в сжатых широких полках Н60-845

Наименование	Толщина, мм	Напряжения (кгс/см^2)											
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
W1	0,9	22,306	22,306	22,201	22,019	21,860	21,722	21,599	21,489	21,391	21,301	21,219	21,144
	0,8	19,927	19,927	19,688	19,505	19,351	19,219	19,103	19,001	18,910	18,828	18,752	18,684
	0,7	17,514	17,361	17,142	16,966	16,821	16,698	16,592	16,5	16,417	16,343	16,276	16,215
W2	0,9	32,074	32,074	31,111	29,552	28,297	27,270	26,414	25,686	25,057	24,508	24,022	23,588
	0,8	28,652	28,652	26,533	25,089	23,968	23,070	22,330	21,708	21,175	20,711	20,302	19,939
	0,7	25,195	23,817	22,041	20,771	19,814	19,059	18,445	17,932	17,495	17,117	16,786	16,492

Окончание таблицы А.3

Наименование	Толщина, мм	Напряжения (кгс/см^2)											
		1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
W1	0,9	21,074	21,009	20,948	20,891	20,838	20,787	20,740	20,694	20,65	20,610	20,571	20,534
	0,8	18,620	18,561	18,506	18,455	18,407	18,362	18,319	18,279	18,24	18,204	18,169	18,136
	0,7	16,159	16,107	16,059	16,014	15,972	15,933	15,895	15,860	15,827	15,796	15,766	15,737
W2	0,9	23,198	22,844	22,521	22,225	21,952	21,700	21,465	21,246	21,042	20,849	20,669	20,498
	0,8	19,613	19,318	19,050	18,805	18,579	18,371	18,177	17,997	17,829	17,671	17,522	17,383
	0,7	16,229	15,992	15,777	15,580	15,400	15,233	15,079	14,935	14,801	14,675	14,558	14,447

Таблица А.4 – Момент сопротивления (см^3) при расчетных напряжениях в сжатых широких полках Н57-750

Наименование	Толщина, мм	Напряжения (кгс/см^2)											
		1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
W1	0,8	18,90	18,90	18,90	18,900	18,900	18,900	18,900	18,887	18,864	18,84	18,818	18,796
	0,7	16,618	16,618	16,614	16,587	16,561	16,535	16,51	16,486	16,463	16,44	16,418	16,397
W2	0,8	24,772	24,772	24,772	24,772	24,772	24,772	24,772	24,681	24,514	24,350	24,195	24,042
	0,7	21,798	21,798	21,769	21,575	21,388	21,211	21,04	20,876	20,719	20,569	20,425	20,288

Таблица А.5 – Момент сопротивления (см^3) при расчетных напряжениях в сжатых широких полках НС44-1000

Наименование	Толщина, мм	Напряжения (кгс/см^2)											
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
W1	0,8	12,512	12,512	12,512	12,406	12,324	12,253	12,189	12,131	12,079	12,032	11,989	11,949
	0,7	11,021	11,021	11,021	11,021	11,021	11,021	11,021	11,021	11,021	11,021	11,004	10,979
W2	0,8	15,405	15,405	15,405	14,575	13,99	13,505	13,097	12,748	12,445	12,18	11,944	11,733
	0,7	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,429	13,234

Окончание таблицы А.5

Наименование	Толщина, мм	Напряжения (кгс/см^2)											
		1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
W1	0,8	11,912	11,877	11,845	11,814	11,786	11,759	11,734	11,709	11,686	11,664	11,644	11,624
	0,7	10,956	10,933	10,912	10,891	10,871	10,852	10,834	10,816	10,799	10,782	10,766	10,751
W2	0,8	11,543	11,371	11,213	11,069	10,935	10,811	10,696	10,589	10,488	10,394	10,305	10,221
	0,7	13,052	12,881	12,721	12,57	12,427	12,293	12,167	12,047	11,934	11,826	11,723	11,625

Таблица А.6 – Момент сопротивления (см^3) при расчетных напряжениях в сжатых узких полках Н80А-674

Наименование	Толщина, мм	Напряжения ($\text{кгс}/\text{см}^2$)												
		1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	
W1	1,0	43,171	43,171	43,171	43,171	43,171	43,171	43,171	43,171	43,171	43,171	43,135	42,953	42,776
	0,9	38,982	38,982	38,982	38,982	38,982	38,883	38,680	38,475	38,246	38,025	37,812	37,607	
	0,8	34,768	34,705	34,474	34,231	33,975	33,730	33,497	33,274	33,061	32,857	32,662	32,475	
	0,7	29,820	29,540	29,277	29,029	28,795	28,574	28,365	28,167	27,979	27,801	27,631	27,469	
W2	1,0	50,957	50,957	50,957	50,957	50,957	50,957	50,957	50,957	50,957	50,957	50,947	50,896	50,847
	0,9	46,015	46,015	46,015	46,015	46,015	45,987	45,931	45,873	45,809	45,747	45,686	45,627	
	0,8	41,037	41,020	40,956	40,888	40,816	40,747	40,680	40,615	40,553	40,492	40,434	40,378	
	0,7	35,845	35,766	35,690	35,618	35,549	35,483	35,419	35,359	35,301	35,245	35,192	35,141	

Таблица А.7 – Момент сопротивления (см^3) при расчетных напряжениях в сжатых узких полках Н75-750

Наименование	Толщина, мм	Напряжения ($\text{кгс}/\text{см}^2$)											
		1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
W1	0,9	30,602	30,602	30,602	30,602	30,602	30,465	30,296	30,095	29,902	29,713	29,534	29,358
	0,8	27,277	27,178	26,983	26,752	26,535	26,328	26,130	25,942	25,760	25,587	25,424	25,266
	0,7	23,265	23,027	22,805	22,595	22,396	22,210	22,034	21,865	21,707	21,556	21,415	21,277
W2	0,9	38,133	38,133	38,133	38,133	38,133	38,089	38,034	37,970	37,907	37,845	37,785	37,727
	0,8	34,008	33,977	33,914	33,839	33,768	33,700	33,634	33,570	33,508	33,448	33,391	33,336
	0,7	29,641	29,562	29,487	29,415	29,347	29,281	29,219	29,158	29,101	29,046	28,994	28,942

Таблица А.8 – Момент сопротивления (см^3) при расчетных напряжениях в сжатых узких полках Н60-845

Наименование	Толщина, мм	Напряжения ($\text{кгс}/\text{см}^2$)											
		1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
W1	0,9	22,306	22,306	22,306	22,306	22,200	22,061	21,907	21,751	21,600	21,456	21,316	21,183
	0,8	19,889	19,729	19,557	19,380	19,213	19,053	18,901	18,756	18,618	18,486	18,360	18,240
	0,7	16,874	16,691	16,520	16,359	16,208	16,065	15,931	15,803	15,683	15,568	15,460	15,356
W2	0,9	32,075	32,075	32,075	32,075	32,043	32,001	31,954	31,906	31,859	31,813	31,769	31,727
	0,8	28,641	28,593	28,541	28,487	28,435	28,384	28,336	28,289	28,244	28,201	28,159	28,118
	0,7	25,000	24,942	24,888	24,836	24,786	24,738	24,692	24,649	24,607	24,567	24,528	24,491

Таблица А.9 – Момент сопротивления (см^3) при расчетных напряжениях в сжатых узких полках Н57-750

Наименование	Толщина, мм	Напряжения ($\text{кгс}/\text{см}^2$)												
		1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	
W1	0,8	18,900	18,900	18,900	18,900	18,855	18,743	18,611	18,484	18,361	18,243	18,129	18,020	
	0,7	16,570	16,435	16,285	16,142	16,006	15,877	15,754	15,637	15,525	15,419	15,318	15,221	
W2	0,8	24,772	24,772	24,772	24,772	24,759	24,725	24,685	24,647	24,609	24,572	24,537	24,502	
	0,7	21,783	21,743	21,698	21,654	21,612	21,572	21,533	21,495	21,459	21,424	21,391	21,358	

Таблица А.10 - Момент сопротивления (см^3) и момент инерции (см^4) при нормативных напряжениях в сжатых широких полках Н114-600

Наименование	Толщина мм	Напряжения ($\text{кгс}/\text{см}^2$)												
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	
W1	1,0	66,619	66,619	66,619	66,619	66,619	66,619	66,619	66,619	66,619	66,619	66,276	66,099	
	0,9	60,337	60,337	60,337	60,337	60,337	60,337	60,337	60,337	60,337	59,955	59,760	59,405	
	0,8	53,666	53,666	53,666	53,666	53,666	53,666	53,297	53,074	52,867	52,675	52,498	52,334	
W2	1,0	74,857	74,857	74,857	74,857	74,857	74,857	74,857	74,857	74,857	74,857	73,270	72,469	
	0,9	67,941	67,941	67,941	67,941	67,941	67,941	67,941	67,941	66,159	65,277	64,463	63,713	
	0,8	60,234	60,234	60,234	60,234	60,234	60,234	58,533	57,537	56,639	55,827	55,091	54,419	
I	1,0	401,838	401,838	401,838	401,838	401,838	401,838	401,838	401,838	401,838	401,838	396,707	394,082	
	0,9	364,307	364,307	364,307	364,307	364,307	364,307	364,307	364,307	358,555	355,662	352,967	350,457	
	0,8	323,538	323,538	323,538	323,538	323,538	323,538	318,017	314,728	311,722	308,972	306,450	304,129	

Окончание таблицы А.10

Наименование	Толщина мм	Напряжения (кгс/см ²)												
		1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500
W1	1,0	65,930	65,769	65,617	65,471	65,333	65,201	65,075	64,954	64,839	64,728	64,622	64,520	64,422
	0,9	59,243	59,091	58,947	58,811	58,682	58,560	58,444	58,333	58,227	58,127	58,03	57,938	57,849
	0,8	52,180	52,037	51,902	51,776	51,657	51,545	51,438	51,337	51,241	51,149	51,062	50,979	50,899
W2	1,0	71,718	71,015	70,356	69,737	69,155	68,607	68,089	67,600	67,136	66,696	66,278	65,879	65,500
	0,9	63,019	62,376	61,778	61,220	60,699	60,210	59,751	59,319	58,911	58,525	58,159	57,811	57,481
	0,8	53,804	53,239	52,717	52,233	51,783	51,363	50,970	50,601	50,254	49,926	49,616	49,323	49,045
I	1,0	391,603	389,262	387,051	384,961	382,981	381,105	379,323	377,628	376,014	374,475	373,004	371,598	370,252
	0,9	348,115	345,926	343,876	341,950	340,138	338,429	336,814	335,284	333,832	332,452	331,138	329,885	328,687
	0,8	301,985	299,997	298,147	296,421	294,804	293,286	291,857	290,508	289,233	288,023	286,875	285,782	284,741

Таблица А.11 - Момент сопротивления (см^3) и момент инерции (см^4) при нормативных напряжениях в сжатых широких полках И80А-674

Наименование	Толщина, мм	Напряжения (кгс/см^2)												
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	
W1	1,0	43,171	43,171	43,171	43,171	43,171	43,171	43,171	43,171	42,916	42,752	42,596	42,448	
	0,9	38,982	38,982	38,982	38,982	38,982	38,982	38,764	38,577	38,402	38,238	38,083	37,938	
W2	1,0	50,957	50,957	50,957	50,957	50,957	50,957	50,957	50,957	49,521	48,633	47,811	47,051	
	0,9	46,015	46,015	46,015	46,015	46,015	46,015	44,785	43,773	42,854	42,019	41,259	40,564	
I	1,0	186,967	186,967	186,967	186,967	186,967	186,967	186,967	186,967	183,930	182,013	180,213	178,524	
	0,9	168,829	168,829	168,829	168,829	168,829	168,829	166,229	164,045	162,024	160,157	158,430	156,828	

Описание таблицы А.11

Наименование	Толщина, мм	Напряжения (кгс/см^2)												
		1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500
W1	1,0	42,307	42,174	42,047	41,926	41,810	41,700	41,595	41,494	41,397	41,304	41,214	41,128	41,045
	0,9	37,802	37,673	37,551	37,436	37,327	37,222	37,123	37,028	36,937	36,850	36,767	36,687	36,610
W2	1,0	46,346	45,692	45,083	44,514	43,982	43,483	43,014	42,571	42,153	41,758	41,383	41,026	40,687
	0,9	39,926	39,338	38,794	38,290	37,820	37,381	36,97	36,583	36,219	35,876	35,551	35,243	34,950
I	1,0	176,940	175,450	174,048	172,725	171,475	170,292	169,169	168,102	167,087	166,118	165,193	164,308	163,461
	0,9	155,339	153,950	152,651	151,432	150,286	149,206	148,184	147,217	146,299	145,426	144,594	143,801	143,043

Таблица А.12 - Момент сопротивления (см^3) и момент инерции (см^4) при нормативных напряжениях в сжатых широких полках И60-845

Наименование	Толщина, мм	Напряжения (кгс/см^2)											
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
W1	0,9	22,306	22,306	22,306	22,306	22,295	22,188	22,089	21,998	21,915	21,837	21,766	21,699
	0,8	19,927	19,927	19,927	19,811	19,685	19,571	19,469	19,376	19,292	19,215	19,144	19,078
	0,7	17,514	17,514	17,514	17,265	17,139	17,028	16,931	16,844	16,766	16,694	16,629	16,569
W2	0,9	32,075	32,075	32,075	32,075	31,969	30,991	30,134	29,382	28,716	28,123	27,593	27,113
	0,8	28,653	28,653	28,653	27,591	26,510	25,596	24,817	24,146	23,560	23,044	22,585	22,173
	0,7	25,195	25,195	25,195	23,008	22,019	21,211	20,537	19,964	19,470	19,038	18,656	18,314
I	0,9	78,939	78,939	78,939	78,939	78,810	77,583	76,476	75,479	74,576	73,755	73,006	72,318
	0,8	70,519	70,519	70,519	69,188	67,780	66,545	65,460	64,499	63,641	62,868	62,167	61,528
	0,7	61,991	61,991	61,991	59,181	57,825	56,673	55,681	54,815	54,050	53,368	52,753	52,194

Окончание таблицы А.12

Наименование	Толщина, мм	Напряжения (кгс/см ²)												
		1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500
W1	0,9	21,637	21,579	21,524	21,472	21,423	21,377	21,333	21,291	21,251	21,212	21,176	21,141	21,141
	0,8	19,017	18,959	18,906	18,855	18,808	18,763	18,720	18,679	18,640	18,604	18,568	18,534	18,502
	0,7	16,514	16,462	16,414	16,368	16,326	16,285	16,247	16,211	16,177	16,145	16,113	16,084	16,055
W2	0,9	26,677	26,278	25,913	25,575	25,263	24,971	24,701	24,445	24,208	23,983	23,772	23,571	23,571
	0,8	21,800	21,461	21,151	20,865	20,602	20,357	20,129	19,917	19,717	19,530	19,354	19,187	19,029
	0,7	18,008	17,729	17,476	17,243	17,029	16,830	16,646	16,474	16,313	16,162	16,020	15,886	15,760
I	0,9	71,683	71,093	70,547	70,034	69,555	69,103	68,681	68,278	67,899	67,538	67,196	66,869	66,869
	0,8	60,940	60,398	59,896	59,428	58,991	58,582	58,197	57,834	57,491	57,166	56,858	56,565	56,286
	0,7	51,685	51,216	50,784	50,383	50,009	49,660	49,333	49,025	48,734	48,460	48,200	47,953	47,718

Таблица А.13 – Момент сопротивления (см^3) и момент инерции (см^4) при нормативных напряжениях в сжатых широких полках НС44-1000

Наименование	Толщина, мм	Напряжения (кгс/см^2)											
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
W1	0,8	12,512	12,512	12,512	12,512	12,512	12,440	12,387	12,338	12,293	12,250	12,211	12,174
	0,7	11,021	11,021	11,021	11,021	11,021	11,021	11,021	11,021	11,021	11,021	11,021	11,021
W2	0,8	15,405	15,405	15,405	15,405	15,405	14,831	14,436	14,085	13,772	13,492	13,239	13,009
	0,7	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567
I	0,8	30,380	30,380	30,380	30,380	30,380	29,767	29,333	28,939	28,579	28,250	27,949	27,672
	0,7	26,756	26,756	26,756	26,756	26,756	26,756	26,756	26,756	26,756	26,756	26,756	26,756

Окончание таблицы А.13

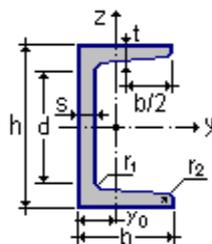
Наименование	Толщина, мм	Напряжения (кгс/см^2)															
		1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500			
W1	0,8	12,140	12,107	12,077	12,048	12,021	11,995	11,970	11,946	11,924	11,902	11,881	11,861	11,842			
	0,7	11,021	11,021	11,021	11,021	11,021	11,004	10,990	10,975	10,961	10,947	10,933	10,920	10,907			
W2	0,8	12,800	12,608	12,432	12,269	12,117	11,976	11,844	11,721	11,604	11,495	11,392	11,294	11,201			
	0,7	13,567	13,567	13,567	13,567	13,567	13,435	13,316	13,200	13,090	12,983	12,879	12,780	12,686			
I	0,8	27,415	27,176	26,954	26,746	26,551	26,368	26,195	26,031	25,876	25,729	25,589	25,455	25,328			
	0,7	26,756	26,756	26,756	26,756	26,756	26,617	26,492	26,367	26,248	26,132	26,018	25,909	25,805			

Таблица А.14 - Момент сопротивления (см⁴) и момент инерции (см⁴) при нормативных напряжениях в сжатых узких полках Н75-750

Наименование	Толщина мм	Напряжения (кгс/см ²)													
		1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	
W1	0,8	27,277	27,277	27,277	27,277	27,277	27,277	27,277	27,277	27,277	27,277	27,277	27,207	27,087	26,970
	0,7	23,939	23,939	23,939	23,939	23,939	23,833	23,698	23,552	23,398	23,249	23,107	22,969	22,837	
W2	0,8	34,008	34,008	34,008	34,008	34,008	34,008	34,008	34,008	34,008	34,008	34,008	33,986	33,947	33,910
	0,7	29,858	29,858	29,858	29,858	29,858	29,825	29,781	29,734	29,684	29,635	29,588	29,542	29,498	
I	0,8	113,525	113,525	113,525	113,525	113,525	113,525	113,525	113,525	113,525	113,525	113,525	113,329	112,994	112,666
	0,7	99,648	99,648	99,648	99,648	99,648	99,355	98,975	98,565	98,132	97,713	97,308	96,916	96,537	

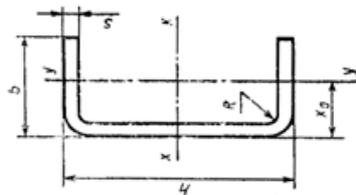
Приложение 3

Сортамент прокатного швеллера с уклоном полок по ГОСТ 8240-89



	h	b	s	t	r1	r2	A	P	Iy	Wy	iy	Sy	Iz	Wz	iz	yo
	MM	MM	MM	MM	MM	MM	CM ²	KG/M	CM ⁴	CM ³	MM	CM ³	CM ⁴	CM ³	MM	MM
5	50	32	4.4	7	6	2.5	6.16	4.84	22.8	9.1	19.2	5.59	5.61	2.75	9.5	11.6
6.5	65	36	4.4	7.2	6	2.5	7.51	5.9	48.6	15	25.4	9	8.7	3.68	10.8	12.4
8	80	40	4.5	7.4	6.5	2.5	8.98	7.05	89.4	22.4	31.6	23.3	12.8	4.75	11.9	13.1
10	100	46	4.5	7.6	7	3	10.9	8.59	174	34.8	39.9	20.4	20.4	6.46	13.7	14.4
12	120	52	4.8	7.8	7.5	3	13.3	10.4	304	50.6	47.8	29.6	31.2	8.52	15.3	15.4
14	140	58	4.9	8.1	8	3	15.6	12.3	491	70.2	56	40.8	45.4	11	17	16.7
16	160	64	5	8.4	8.5	3.5	18.1	14.2	747	93.4	64.2	54.1	63.3	13.8	18.7	18
16a	160	68	5	9	8.5	3.5	19.5	15.3	823	103	64.9	59.4	78.8	16.4	20.1	20
18	180	70	5.1	8.7	9	3.5	20.7	16.3	1090	121	72.4	69.8	86	17	20.4	19.4
18a	180	74	5.1	9.3	9	3.5	22.2	17.4	1190	132	73.2	76.1	105	20	21.8	21.3
20	200	76	5.2	9	9.5	4	23.4	18.4	1520	152	80.7	87.8	113	20.5	22	20.7
22	220	82	5.4	9.5	10	4	26.7	21	2110	192	88.9	110	151	25.1	23.7	22.1
24	240	90	5.6	10	10.5	4	30.6	24	2900	242	97.3	139	208	31.6	26	24.2
27	270	95	6	10.5	11	4.5	35.2	27.7	4160	308	109	178	262	37.3	27.3	24.7
30	300	100	6.5	11	12	5	40.5	31.8	5810	387	120	224	327	43.6	28.4	25.2
33	330	105	7	11.7	13	5	46.5	36.5	7980	484	131	281	410	51.8	29.7	25.9
36	360	110	7.5	12.6	14	6	53.4	41.9	10820	601	142	350	513	61.7	31	26.8
40	400	115	8	13.5	15	6	61.5	48.3	15220	761	157	444	642	73.4	32.3	27.5

8278-83. ШВЕЛЛЕРЫ СТАЛЬНЫЕ ГНУТЫЕ РАВНОПОЛОЧНЫЕ. СОРТАМЕНТ



H - высота стенки;

b - ширина полки;

s - толщина швеллера;

R - радиус кривизны;

W - момент сопротивления;

I - момент инерции;

i - радиус инерции;

Sx - статический момент полусечения;

x_0 - расстояние от оси y - y до наружной поверхности стенки;

±

	мм		R, не более	Площадь поперечного сечения, см ²	Справочные величины для осей						Масса 1 м, кг			
	b	b			X-X			Y-Y						
					I_{X0} см ⁴	W_{X0} см ³	i_{X0} см	S_{X0} см ³	I_{Y0} см ⁴	W_{Y0} см ³		i_{Y0} см	x_{00} см	
Гн. 25x26x2	25	26	2	3	1.39	1.43	1.14	1.01	0.67	0.96	0.6	0.83	1	1.09
Гн. 25x30x2	25	30	2	3	1.55	1.64	1.31	1.03	0.76	1.42	0.78	0.96	1.19	1.22
Гн. 28x27x2.5	28	27	2.5	4	1.81	2.24	1.6	1.11	0.95	1.32	0.8	0.85	0.04	1.42
Гн. 30x25x3	30	25	3	5	2.05	2.73	1.82	1.15	1.1	1.24	0.81	0.78	0.96	1.61
Гн. 30x30x2	30	30	2	3	1.65	2.5	1.67	1.23	0.96	1.53	0.82	0.96	1.12	1.3
Гн. 32x25x3	32	25	3	5	2.11	3.2	2	1.23	1.23	1.28	0.82	0.78	0.94	1.66
Гн. 32x32x2	32	32	2	3	1.77	3.08	1.92	1.31	1.1	1.88	0.93	1.03	1.29	1.39
Гн. 38x95x2.5	38	95	2.5	3	5.48	15.42	8.12	1.68	4.47	49.26	9.18	3	4.13	4.3
Гн. 40x20x2	40	20	2	3	1.45	3.4	1.7	1.53	1.02	0.35	0.4	0.62	0.6	1.14
Гн. 40x20x3	40	20	3	5	2.05	4.45	2.23	1.47	1.38	0.75	0.56	0.6	0.66	1.61
Гн. 40x30x2	40	30	2	3	1.85	4.85	2.42	1.62	1.4	1.72	0.86	0.96	1.01	1.45
Гн. 40x30x2.5	40	30	2.5	3	2.28	5.83	2.91	1.6	1.66	2.09	1.06	0.96	1.03	1.79
Гн. 40x40x2	40	40	2	3	2.25	6.29	3.15	1.67	1.78	3.79	1.49	1.3	1.45	1.77
Гн. 40x40x2.5	40	40	2.5	3	2.78	7.58	3.79	1.65	2.17	4.63	1.83	1.29	1.47	2.18
Гн. 40x40x3	40	40	3	5	3.25	8.57	4.28	1.62	2.51	5.31	2.14	1.28	1.52	2.55
Гн. 42x42x4	42	42	4	6	4.45	12.34	5.88	1.67	3.49	7.8	3.05	1.32	1.65	3.49

	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>S</i>	<i>R</i>	<i>A</i>	<i>I_{xx}</i>	<i>W_{xx}</i>	<i>i_{xx}</i>	<i>S_{xx}</i>	<i>I_{yy}</i>	<i>W_{yy}</i>	<i>i_{yy}</i>	<i>X_{0x}</i>	<i>Macca</i>
Г.Н.143x45x2	43	45	2	3	2.51	8.25	3.84	1.81	2.15	5.38	1.88	1.46	1.64	1.97
Г.Н.145x25x3	45	25	3	5	2.5	7.29	3.24	1.71	1.99	1.49	0.89	0.77	0.82	1.96
Г.Н.145x31x2	45	31	2	3	1.99	6.55	2.91	1.81	1.68	1.97	0.94	0.99	1.01	1.56
Г.Н.148x70x5	48	70	5	7	8.49	32.6	13.58	1.96	7.95	41.22	10.15	2.2	2.94	6.67
Г.Н.150x30x2	50	30	2	3	2.05	8.12	3.25	1.99	1.88	1.87	0.9	0.96	0.92	1.61
Г.Н.150x30x2.5	50	30	2.5	3	2.53	9.82	3.93	1.97	2.3	2.28	1.11	0.95	0.94	1.99
Г.Н.150x32x2.5	50	32	2.5	3	2.63	10.38	4.15	1.98	2.42	2.72	1.25	1.02	1.02	2.07
Г.Н.150x40x2	50	40	2	3	2.45	10.42	4.17	2.06	2.36	4.13	1.55	1.3	1.34	1.92
Г.Н.150x40x2.5	50	40	2.5	3	3.03	12.64	5.06	2.04	2.9	5.05	1.92	1.29	1.36	2.38
Г.Н.150x40x3	50	40	3	4	3.58	14.55	5.82	2.02	3.37	5.88	2.26	1.28	1.39	2.81
Г.Н.150x40x4	50	40	4	6	4.61	17.8	7.12	1.97	4.23	7.35	2.89	1.26	1.48	3.62
Г.Н.150x47x6	50	47	6	9	7.3	26.62	10.65	1.91	6.54	15.42	5.51	1.45	1.9	5.73
Г.Н.150x50x2.5	50	50	2.5	3	3.53	15.46	6.18	2.09	3.49	9.31	2.92	1.62	1.81	2.77
Г.Н.150x50x3	50	50	3	4	4.18	17.87	7.15	2.07	4.08	10.89	3.44	1.61	1.84	3.28
Г.Н.150x50x4	50	50	4	6	5.4	22.04	8.82	2.02	5.15	13.72	4.44	1.59	1.91	4.24
Г.Н.160x26x2.5	60	26	2.5	4	2.56	13.22	4.41	2.27	2.65	1.61	0.86	0.79	0.73	2.01
Г.Н.160x30x2.5	60	30	2.5	3	2.78	15.07	5.02	2.33	2.97	2.43	1.14	0.93	0.87	2.19
Г.Н.160x30x3	60	30	3	5	3.25	17.1	5.7	2.29	3.41	2.8	1.33	0.93	0.9	2.55
Г.Н.160x32x2.5	60	32	2.5	3	2.89	15.9	5.3	2.34	3.11	2.91	1.29	1	0.95	2.26
Г.Н.160x32x3	60	32	3	4	3.4	18.31	6.1	2.32	3.62	3.38	1.52	1	0.97	2.67
Г.Н.160x32x4	60	32	4	6	4.37	22.41	7.47	2.27	4.53	4.22	1.95	0.98	1.03	3.43
Г.Н.160x40x2	60	40	2	3	2.65	15.78	5.26	2.44	3	4.49	1.6	1.29	1.25	2.08
Г.Н.160x40x3	60	40	3	4	3.88	22.21	7.4	2.39	4.3	6.31	2.33	1.27	1.3	3.04
Г.Н.160x50x3	60	50	3	5	4.45	26.85	8.95	2.46	5.16	11.6	3.56	1.61	1.74	3.5
Г.Н.160x60x3	60	60	3	4	5.08	31.97	10.66	2.51	6.01	19.26	5.03	1.95	2.17	3.99
Г.Н.160x60x4	60	60	4	6	6.6	40	13.33	2.46	7.67	24.55	6.53	1.93	2.24	5.18
Г.Н.160x80x3	60	80	3	5	6.25	41.49	13.83	2.58	7.68	42.02	8.59	2.59	3.11	4.91
Г.Н.160x90x5	60	90	5	7	11.09	69.97	23.32	2.51	13.34	90.96	17.18	2.86	3.71	8.71
Г.Н.163x21x2.2	63	21	2.2	3	2.14	11.48	3.64	2.32	2.23	0.8	0.51	0.61	0.52	1.68
Г.Н.165x75x4	65	75	4	6	8	52.26	18.23	2.72	10.33	46.88	10.12	2.41	2.87	6.28
Г.Н.168x27x1	68	27	1	2	1.18	8.21	2.41	2.64	1.41	0.82	0.4	0.84	0.65	0.93
Г.Н.170x30x2	70	30	2	3	2.45	17.84	5.1	2.7	3.01	2.1	0.95	0.93	0.79	1.92
Г.Н.170x40x3	70	40	3	5	4.15	31.49	9	2.75	5.31	6.64	2.39	1.26	1.22	3.26

	b	b	s	R	A	I_{sv}	W_{sv}	i_{sv}	S_{sv}	J_{sv}	W_{sv}	i_{sv}	χ_{sv}	Macca
$\Gamma_H[70 \times 50 \times 3]$	70	50	3	5	4.75	38.23	10.92	2.84	6.27	12.32	3.66	1.61	1.64	3.73
$\Gamma_H[70 \times 50 \times 4]$	70	50	4	6	6.21	48.3	13.8	2.79	8.05	15.77	4.76	1.59	1.69	4.87
$\Gamma_H[70 \times 60 \times 4]$	70	60	4	6	7	57.02	16.29	2.85	9.37	26.12	6.74	1.93	2.13	5.5
$\Gamma_H[78 \times 46 \times 6]$	78	46	6	9	8.86	77.08	19.76	2.95	12.02	18.85	5.87	1.42	1.56	6.96
$\Gamma_H[80 \times 25 \times 4]$	80	25	4	6	4.61	37.07	9.27	2.84	5.85	2.29	1.25	2.29	0.65	3.61
$\Gamma_H[80 \times 32 \times 4]$	80	32	4	6	5.16	45.16	11.29	2.96	6.91	4.7	2.04	0.95	0.9	4.05
$\Gamma_H[80 \times 35 \times 4]$	80	35	4	6	5.41	48.63	12.16	3	7.37	6.08	2.44	1.06	1.01	4.24
$\Gamma_H[80 \times 40 \times 2.5]$	80	40	2.5	3	3.78	37.4	9.35	3.14	5.45	5.98	2.07	1.26	1.12	2.97
$\Gamma_H[80 \times 40 \times 3]$	80	40	3	4	4.48	43.51	10.88	3.12	6.39	7	2.45	1.25	1.44	3.51
$\Gamma_H[80 \times 50 \times 4]$	80	50	4	6	6.6	65.98	16.5	3.16	9.65	16.6	4.48	1.58	1.6	5.18
$\Gamma_H[80 \times 60 \times 3]$	80	60	3	4	5.68	61.3	15.32	3.29	8.7	21.46	5.31	1.94	1.96	4.46
$\Gamma_H[80 \times 60 \times 4]$	80	60	4	6	7.4	77.54	19.38	3.23	11.17	27.53	6.92	1.93	2.02	5.81
$\Gamma_H[80 \times 60 \times 6]$	80	60	6	9	10.66	105.03	26.26	3.14	15.56	38.27	9.91	1.89	2.14	8.37
$\Gamma_H[80 \times 80 \times 3]$	80	80	3	4	6.88	79.1	19.77	3.39	11.01	47.03	9.11	2.61	2.84	5.4
$\Gamma_H[80 \times 80 \times 4]$	80	80	4	6	9	100.66	25.17	3.34	14.21	60.69	11.91	2.6	2.9	7.07
$\Gamma_H[80 \times 85 \times 4]$	80	85	4	6	9.41	106.45	26.61	3.36	14.97	71.64	13.35	2.76	3.13	7.38
$\Gamma_H[80 \times 100 \times 6]$	80	100	6	9	15.46	170.88	42.72	3.32	30.59	158.47	26.22	3.2	3.96	12.14
$\Gamma_H[90 \times 50 \times 3.5]$	90	50	3.5	5	6.2	78.16	17.37	3.55	10.13	15.5	4.42	1.58	1.49	4.87
$\Gamma_H[90 \times 54 \times 5]$	90	54	5	7	8.99	110.99	24.66	3.51	14.57	25.94	7.07	1.7	1.73	7.06
$\Gamma_H[90 \times 100 \times 2.5]$	90	100	2.5	4	7.01	106.27	23.62	3.89	12.94	75.7	11.83	3.29	3.6	5.5
$\Gamma_H[100 \times 40 \times 2.5]$	100	40	2.5	3	4.28	63.16	12.63	3.84	7.47	6.41	2.14	1.22	1	3.36
$\Gamma_H[100 \times 40 \times 3]$	100	40	3	5	5.05	73.11	14.62	3.8	8.72	7.5	2.53	1.22	1.03	3.97
$\Gamma_H[100 \times 50 \times 3]$	100	50	3	4	5.68	87.88	15.57	3.93	10.24	14.05	3.9	1.57	1.36	4.47
$\Gamma_H[100 \times 50 \times 4]$	100	50	4	6	7.4	111.44	22.29	3.88	13.15	18.01	5.07	1.56	1.45	5.81
$\Gamma_H[100 \times 50 \times 5]$	100	50	5	7	9.09	133.39	26.68	3.83	15.93	21.72	6.2	1.55	1.49	7.14
$\Gamma_H[100 \times 50 \times 6]$	100	50	6	9	10.66	151.84	30.37	3.77	18.39	25.03	7.26	1.53	1.55	8.37
$\Gamma_H[100 \times 60 \times 3]$	100	60	3	4	6.28	111.99	20.4	4.03	11.69	23.25	5.52	1.92	1.79	4.93
$\Gamma_H[100 \times 60 \times 4]$	100	60	4	6	8.2	129.89	25.98	3.98	15.07	29.93	7.2	1.91	1.84	6.44
$\Gamma_H[100 \times 80 \times 3]$	100	80	3	4	7.48	130.23	26.05	4.17	14.6	51.03	9.49	2.61	2.62	5.87
$\Gamma_H[100 \times 80 \times 4]$	100	80	4	6	9.8	166.77	33.35	4.12	18.91	66.07	12.43	2.59	2.68	7.7
$\Gamma_H[100 \times 80 \times 5]$	100	80	5	7	12.09	201.14	40.23	4.08	23.06	80.47	15.29	2.58	2.74	9.49
$\Gamma_H[100 \times 100 \times 3]$	100	100	3	5	8.65	157.81	31.56	4.27	17.51	93.15	14.37	3.28	3.52	6.79
$\Gamma_H[100 \times 100 \times 6]$	100	100	6	9	16.66	284.56	56.91	4.13	32.49	173.39	27.49	3.22	3.69	13.08

	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>R</i>	<i>A</i>	<i>I_{xx}</i>	<i>W_{xx}</i>	<i>i_{xx}</i>	<i>S_{xx}</i>	<i>I_{yy}</i>	<i>W_{yy}</i>	<i>i_{yy}</i>	<i>X_{0r}</i>	<i>Macca</i>
Г _н [100x160x4	100	160	4	6	16.2	314.31	62.86	4.4	13.43	436.25	45.27	5.19	6.36	12.72
Г _н [104x20x2	104	20	2	3	2.73	35.64	6.85	3.61	4.36	0.73	0.45	0.52	0.37	1.14
Г _н [106x50x4	106	50	4	6	7.64	127.9	24.13	4.09	14.28	18.38	5.12	1.55	1.41	6
Г _н [108x70x6	108	70	6	9	13.54	245.48	45.46	4.56	26.69	66.59	14.15	2.22	2.29	10.63
Г _н [110x26x2.5	110	26	2.5	3	3.83	58.96	10.72	3.92	6.69	1.93	0.93	0.71	0.53	3.01
Г _н [110x50x4	110	50	4	6	7.8	139.63	25.39	4.23	15.05	18.61	5.15	1.54	1.38	6.13
Г _н [110x50x5	110	50	5	7	9.59	167.57	30.47	4.18	18.27	22.47	6.29	1.53	1.43	7.53
Г _н [110x100x4	110	100	4	6	11.81	252.05	45.83	4.62	25.66	125.87	19.23	3.27	3.46	9.27
Г _н [120x25x4	120	25	4	6	6.2	104.42	17.4	4.1	11.25	2.57	1.31	6.44	0.54	4.87
Г _н [120x50x3	120	50	3	5	6.25	133.77	22.29	4.63	13.15	14.85	3.99	1.54	1.28	4.91
Г _н [120x50x4	120	50	4	6	8.2	171.72	28.62	4.57	11.71	19.15	5.21	1.53	1.33	6.44
Г _н [120x50x6	120	50	6	9	11.86	236.44	39.41	4.46	24.02	26.75	7.48	1.5	1.42	9.31
Г _н [120x60x4	120	60	4	6	9	198.65	33.11	4.7	19.37	31.91	7.42	1.88	1.7	7.07
Г _н [120x60x5	120	60	5	7	11.09	239.63	39.94	4.67	23.6	38.73	9.1	1.87	1.74	8.71
Г _н [120x60x6	120	60	6	9	13.06	275.47	45.91	4.59	27.44	44.95	10.7	1.85	1.8	10.25
Г _н [120x70x5	120	70	5	7	12.09	272.71	45.45	4.75	26.48	59.56	12.25	2.22	2.14	9.49
Г _н [120x80x4	120	80	4	6	10.6	252.49	42.08	4.88	24.01	70.65	12.84	2.58	2.5	8.32
Г _н [120x80x5	120	80	5	7	13.09	305.8	50.97	4.83	29.35	86.2	15.81	2.57	2.55	10.28
Г _н [140x40x2.5	140	40	2.5	3	5.28	141.38	20.2	5.17	12.25	7.04	2.23	1.15	0.84	4.15
Г _н [140x40x3	140	40	3	5	6.25	164.66	23.52	5.13	14.37	8.26	2.63	1.15	0.86	4.91
Г _н [140x60x3	140	60	3	5	7.45	220.97	31.57	5.45	18.48	26.89	5.79	1.86	1.53	5.85
Г _н [140x60x5	140	60	5	7	12.09	345.47	49.35	5.34	29.4	40.8	9.32	1.84	1.62	9.49
Г _н [140x60x6	140	60	6	9	14.26	398.68	66.95	5.29	34.27	47.46	10.97	1.82	1.67	11.2
Г _н [140x70x5	140	70	5	7	13.09	391.05	55.86	5.47	32.77	62.87	12.56	2.19	1.99	10.28
Г _н [140x80x4	140	80	4	6	11.4	359.42	51.35	5.61	29.52	74.59	33.17	2.56	2.34	8.95
Г _н [140x80x5	140	80	5	7	14.09	436.63	62.38	5.57	36.15	91.13	16.23	2.54	2.38	11.06
Г _н [145x65x3	145	65	3	5	7.9	255.04	35.18	5.68	20.49	32.69	6.78	2.03	1.68	6.2
Г _н [148x25x4	148	25	4	6	7.32	170.34	24.37	5.96	15.99	2.7	1.34	6.07	4.92	5.75
Г _н [160x40x2	160	40	2	3	4.65	158.77	19.58	5.84	12.13	5.93	1.83	1.13	0.75	3.66
Г _н [160x40x3	160	40	3	5	6.85	228.59	28.57	5.78	17.75	8.56	2.67	1.12	0.8	5.38
Г _н [160x40x5	160	40	5	7	11.09	355.32	44.31	5.66	27.95	12.23	4.25	1.09	0.89	8.71
Г _н [160x50x2.5	160	50	2.5	4	6.26	225.47	28.18	6	16.99	13.68	3.48	1.48	1.07	4.92
Г _н [160x50x4	160	50	4	6	9.81	343.12	42.42	5.91	26.06	20.87	5.41	1.46	1.14	7.7

	b	h	s	R	A	I_{sv}	W_{sv}	i_{sv}	S_{sv}	I_{sv}	W_{sv}	i_{sv}	x_{gr}	Macca
$\Gamma_H[160 \times 50 \times 5$	160	50	5	7	12.09	415.41	51.93	5.86	31.82	25.29	6.63	1.45	1.19	9.49
$\Gamma_H[160 \times 50 \times 6$	160	50	6	9	14.26	479.22	59.9	5.8	37.08	29.35	7.8	1.43	1.24	11.2
$\Gamma_H[160 \times 60 \times 2.5$	160	60	2.5	4	6.76	256.48	32.06	6.16	18.96	22.79	4.96	1.84	1.4	5.31
$\Gamma_H[160 \times 60 \times 3$	160	60	3	5	8.05	302.54	37.82	6.13	22.46	26.95	5.89	1.83	1.42	6.32
$\Gamma_H[160 \times 60 \times 4$	160	60	4	6	10.6	391.8	48.97	6.08	29.18	34.98	7.72	1.82	1.43	8.32
$\Gamma_H[160 \times 60 \times 5$	160	60	5	7	13.09	475.49	59.44	6.03	35.7	42.56	9.49	1.8	1.52	10.28
$\Gamma_H[160 \times 60 \times 6$	160	60	6	9	15.46	550.41	68.8	5.97	41.6	49.68	11.18	1.79	1.57	12.14
$\Gamma_H[160 \times 70 \times 4$	160	70	4	6	11.4	440.48	55.06	6.21	32.3	53.86	10.4	2.17	1.82	8.95
$\Gamma_H[160 \times 80 \times 2.5$	160	80	2.5	3	7.78	319.89	39.99	6.41	22.9	50.52	8.59	2.55	2.12	6.11
$\Gamma_H[160 \times 80 \times 3$	160	80	3	5	9.25	376.5	47.06	6.38	27.17	59.79	10.22	2.54	2.15	7.26
$\Gamma_H[160 \times 80 \times 4$	160	80	4	6	12.2	489.16	61.14	6.33	35.42	78.01	13.44	2.53	2.2	9.58
$\Gamma_H[160 \times 80 \times 5$	160	80	5	7	15.09	595.66	74.46	6.28	43.45	95.4	16.57	2.51	2.24	11.85
$\Gamma_H[160 \times 80 \times 6$	160	80	6	9	17.86	692.78	86.6	6.23	51.9	111.72	19.59	2.5	2.3	14.02
$\Gamma_H[160 \times 100 \times 3$	160	100	3	5	10.45	452.12	56.31	6.56	31.88	110.04	15.59	3.24	2.94	8.28
$\Gamma_H[160 \times 100 \times 6$	160	100	6	9	20.26	835.14	104.39	6.42	60.18	207.59	30.04	3.2	3.09	15.91
$\Gamma_H[160 \times 120 \times 5$	160	120	5	7	19.09	836.99	104.5	6.62	58.95	291.01	35.78	3.9	3.87	14.99
$\Gamma_H[160 \times 20 \times 6$	160	20	6	9	22.66	977.51	122.19	6.57	69.42	342.63	42.45	3.89	3.93	17.79
$\Gamma_H[160 \times 160 \times 6$	160	160	6	9	27.46	1262.25	157.78	6.78	87.9	750.85	72.82	5.23	5.69	21.56
$\Gamma_H[170 \times 60 \times 4$	170	60	4	6	11	452.84	53.27	6.41	31.88	35.61	7.78	1.8	1.42	8.64
$\Gamma_H[170 \times 70 \times 5$	170	70	5	7	14.59	618.28	79.74	6.51	43.16	66.99	12.92	2.14	1.81	11.45
$\Gamma_H[170 \times 70 \times 6$	170	70	6	9	17.26	718.44	84.52	6.45	50.56	78.32	15.25	2.13	1.86	13.55
$\Gamma_H[180 \times 40 \times 3$	180	40	3	5	7.45	306.23	34.03	6.41	21.22	8.79	2.7	1	0.75	5.85
$\Gamma_H[180 \times 40 \times 4$	180	40	4	6	9.81	395.47	43.94	6.35	27.64	11.3	3.52	1.07	0.79	7.7
$\Gamma_H[180 \times 50 \times 4$	180	50	4	6	10.6	457.43	50.82	6.57	31.16	21.53	5.48	1.42	1.07	8.32
$\Gamma_H[180 \times 70 \times 6$	180	70	6	9	17.85	823.93	91.55	6.79	54.95	79.76	15.38	2.11	1.81	14.02
$\Gamma_H[180 \times 80 \times 4$	180	80	4	6	13	643.32	71.48	7.03	41.72	61.01	13.67	2.49	2.07	10.21
$\Gamma_H[180 \times 80 \times 5$	180	80	5	7	16.09	784.86	87.21	6.98	51.24	99.15	16.86	2.48	2.12	12.68
$\Gamma_H[180 \times 80 \times 6$	180	80	6	9	19.08	914.79	101.79	6.93	60.17	116.23	19.94	2.47	2.17	14.96
$\Gamma_H[180 \times 100 \times 5$	180	100	5	7	18.09	936.03	104.23	7.2	59.99	184.04	25.85	3.19	2.88	14.2
$\Gamma_H[180 \times 100 \times 6$	180	100	6	9	21.46	1096.52	121.84	7.15	70.61	216.45	30.63	3.18	2.93	16.84
$\Gamma_H[180 \times 130 \times 8$	180	130	8	12	32.82	1746.62	194.07	7.29	111.44	574.59	65.86	4.18	4.28	25.76
$\Gamma_H[185 \times 100 \times 3$	185	100	3	5	11.2	626.06	67.68	7.48	38.54	115.48	15.93	3.21	2.75	8.79
$\Gamma_H[200 \times 50 \times 3$	200	50	3	5	8.65	456.99	45.7	7.27	28.18	17.09	4.24	1.41	0.97	6.79

	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>R</i>	<i>A</i>	<i>I_{xx}</i>	<i>W_{xx}</i>	<i>i_{xx}</i>	<i>S_{xx}</i>	<i>I_{yy}</i>	<i>W_{yy}</i>	<i>i_{yy}</i>	<i>x_{0y}</i>	Macca
ГН.[200x50x4	200	50	4	6	11.41	592.95	59.3	7.21	36.67	22.11	5.54	1.39	1.01	8.95
ГН.[200x80x4	200	80	4	6	13.81	823.48	82.35	7.72	48.43	83.67	13.86	2.46	1.96	10.83
ГН.[200x80x5	200	80	5	7	17.09	1006.26	100.63	7.67	59.54	102.45	17.1	2.45	2.01	13.42
ГН.[200x80x6	200	80	6	9	20.26	1174.93	117.49	6.61	70	120.22	20.24	2.44	2.06	15.91
ГН.[200x100x3	200	100	3	5	11.65	748.08	74.81	8.01	42.96	118.41	16.11	3.19	2.65	9.15
ГН.[200x100x6	200	100	6	9	22.66	1400.08	140.08	7.86	81.64	224.37	31.14	3.15	2.79	17.79
ГН.[200x180x6	200	180	6	9	32.26	2304.37	230.44	8.45	128.2	1122.2	94.54	5.9	6.13	25.33
ГН.[205x38x2.5	205	38	2.5	3	6.81	351.96	34.34	7.19	21.65	6.62	2.08	0.99	0.62	5.34
ГН.[206x75x6	206	75	6	9	20.02	1200.75	116.58	7.74	70.07	101.09	17.92	2.25	1.86	15.72
ГН.[210x57x4	210	57	4	6	12.37	728.59	69.39	7.68	42.45	32.59	7.21	1.62	1.18	9.71
ГН.[250x35x3	250	35	3	5	9.25	657.45	52.6	8.43	34.41	6.34	2.12	0.83	0.52	7.26
ГН.[250x60x3	250	60	3	5	10.75	886.25	70.9	9.08	43.67	30.27	6.19	1.68	1.11	8.44
ГН.[250x60x4	250	60	4	6	14.21	1156.1	92.49	9.02	57.09	39.37	8.12	1.66	1.15	11.15
ГН.[250x60x5	250	60	5	7	17.59	1413.5	113.08	8.96	70.22	48.01	9.99	1.65	1.19	13.81
ГН.[250x60x6	250	60	6	9	20.86	1650.53	132.04	8.89	82.56	56.16	11.79	1.64	1.24	16.38
ГН.[250x125x6	250	125	6	9	28.66	2811.72	224.94	9.9	130.14	448.01	49.33	3.95	3.42	22.5
ГН.[270x100x7	270	100	7	10	31.11	3254.41	241.07	10.23	143.96	283.03	37.48	3.02	2.45	24.42
ГН.[280x60x3.9	280	60	3.9	6	15.03	1495.61	106.83	9.98	66.57	39.47	8.01	1.62	1.07	11.8
ГН.[280x140x5	280	140	5	7	27.09	3388.17	242.01	11.18	138.97	536.69	52.31	4.45	3.74	21.27
ГН.[300x80x6	300	80	6	9	26.26	3131.48	208.77	10.92	128.15	134.74	21.25	2.27	1.66	20.62
ГН.[300x100x8	300	100	8	12	37.62	4694.84	312.98	11.17	189.27	327.88	42.94	2.95	2.37	29.53
ГН.[310x100x6	310	100	6	9	29.26	3948.93	54.77	11.62	153.02	256.39	33.01	2.96	2.23	22.97
ГН.[380x65x6	380	65	6	9	29.26	4998.26	126.31	13.07	166.64	77.71	14.37	1.63	1.09	22.97
ГН.[400x95x8	400	95	8	12	44.82	9179.84	458.99	14.31	285.48	305.12	40.06	2.61	1.88	35.18
ГН.[410x65x6	410	65	6	9	31.06	6077.35	296.46	13.99	191.27	78.82	14.45	1.59	1.05	24.38

Сортамент гнuto-сварного прямоугольного профиля по ГОСТ 30245-2003

Профиль	Справочные значения величин для осей																
	h			b			t			X-X			y-y			Масса 1м, кг	
	мм	мм	мм	A, см ²	I _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	I _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см	I _x , см ⁴	I _y , см ⁴	W _x , см ³	W _y , см ³	i _x , см	i _y , см	кг
пр.тр. 50x25x2	50	25	2	2.74	8.38	3.35	1.75	2.8	2.24	1.01	2.15	2.15	2.24	1.01	1.01	2.15	
пр.тр. 50x25x2.5	50	25	2.5	3.34	9.88	3.95	1.72	3.27	2.61	0.99	2.62	2.62	2.61	0.99	0.99	2.62	
пр.тр. 50x25x3	50	25	3	3.91	11.17	4.47	1.69	3.65	2.92	0.97	3.07	3.07	2.92	0.97	0.97	3.07	
пр.тр. 50x25x3.5	50	25	3.5	4.44	12.24	4.9	1.66	3.96	3.16	0.94	3.49	3.49	3.16	0.94	0.94	3.49	
пр.тр. 50x25x4	50	25	4	4.95	13.12	5.25	1.63	4.19	3.35	0.92	3.88	3.88	3.35	0.92	0.92	3.88	
пр.тр. 50x30x2	50	30	2	2.94	9.53	3.81	1.8	4.29	2.86	1.21	2.31	2.31	2.86	1.21	1.21	2.31	
пр.тр. 50x30x2.5	50	30	2.5	3.59	11.29	4.52	1.77	5.04	3.36	1.19	2.82	2.82	3.36	1.19	1.19	2.82	
пр.тр. 50x30x3	50	30	3	4.21	12.82	5.13	1.75	5.68	3.79	1.16	3.3	3.3	3.79	1.16	1.16	3.3	
пр.тр. 50x30x3.5	50	30	3.5	4.79	14.13	5.65	1.72	6.22	4.15	1.14	3.76	3.76	4.15	1.14	1.14	3.76	
пр.тр. 50x30x4	50	30	4	5.35	15.24	6.09	1.69	6.66	4.44	1.12	4.2	4.2	4.44	1.12	1.12	4.2	
пр.тр. 50x30x5	50	30	5	6.36	16.85	6.74	1.63	7.26	4.84	1.07	4.99	4.99	4.84	1.07	1.07	4.99	
пр.тр. 50x40x2	50	40	2	3.34	11.84	4.73	1.88	8.38	4.19	1.58	2.62	2.62	4.19	1.58	1.58	2.62	
пр.тр. 50x40x2.5	50	40	2.5	4.09	14.11	5.65	1.86	9.97	4.98	1.56	3.21	3.21	4.98	1.56	1.56	3.21	
пр.тр. 50x40x3	50	40	3	4.81	16.14	6.45	1.83	11.36	5.68	1.54	3.77	3.77	5.68	1.54	1.54	3.77	
пр.тр. 50x40x3.5	50	40	3.5	5.49	17.92	7.17	1.81	12.59	6.29	1.51	4.31	4.31	6.29	1.51	1.51	4.31	
пр.тр. 50x40x4	50	40	4	6.15	19.47	7.79	1.78	13.64	6.82	1.49	4.83	4.83	6.82	1.49	1.49	4.83	
пр.тр. 50x40x4.5	50	40	4.5	6.77	20.8	8.32	1.75	14.54	7.27	1.47	5.31	5.31	7.27	1.47	1.47	5.31	
пр.тр. 50x40x5	50	40	5	7.36	21.91	8.77	1.73	15.28	7.64	1.44	5.77	5.77	7.64	1.44	1.44	5.77	
пр.тр. 60x30x2	60	30	2	3.74	18.41	6.14	2.22	9.82	4.91	1.62	2.93	2.93	4.91	1.62	1.62	2.93	
пр.тр. 60x30x2.5	60	30	2.5	4.09	17.93	5.98	2.09	5.99	3.99	1.21	3.21	3.21	3.99	1.21	1.21	3.21	
пр.тр. 60x30x3	60	30	3	4.81	20.49	6.83	2.06	6.78	4.52	1.19	3.77	3.77	4.52	1.19	1.19	3.77	
пр.тр. 60x30x3.5	60	30	3.5	5.49	22.74	7.58	2.03	7.45	4.97	1.16	4.31	4.31	4.97	1.16	1.16	4.31	
пр.тр. 60x30x4	60	30	4	6.15	24.69	8.23	2	8.01	5.34	1.14	4.83	4.83	5.34	1.14	1.14	4.83	
пр.тр. 60x30x4.5	60	30	4.5	6.77	26.34	8.78	1.97	8.47	5.64	1.12	5.31	5.31	5.64	1.12	1.12	5.31	
пр.тр. 60x30x5	60	30	5	7.36	27.72	9.24	1.94	8.83	5.88	1.1	5.77	5.77	5.88	1.1	1.1	5.77	
пр.тр. 60x30x5.5	60	30	5.5	7.91	28.84	9.61	1.91	9.1	6.06	1.07	6.21	6.21	6.06	1.07	1.07	6.21	
пр.тр. 60x30x6	60	30	6	8.43	29.69	9.9	1.88	9.28	6.19	1.05	6.62	6.62	6.19	1.05	1.05	6.62	

Профиль	h	b	t	A, cm ²	I _x , cm ⁴	W _x , cm ³	i _x , cm	I _y , cm ⁴	W _y , cm ³	i _y , cm	масса
пр.тр. 60x40x2	60	40	2	3.74	18.41	6.14	2.22	9.82	4.91	1.62	2.93
пр.тр. 60x40x2.5	60	40	2.5	4.59	22.06	7.35	2.19	11.72	5.86	1.6	3.6
пр.тр. 60x40x3	60	40	3	5.41	25.37	8.46	2.17	13.42	6.71	1.58	4.25
пр.тр. 60x40x3.5	60	40	3.5	6.19	28.33	9.44	2.14	14.92	7.46	1.55	4.86
пр.тр. 60x40x4	60	40	4	6.95	30.96	10.32	2.11	16.23	8.12	1.53	5.45
пр.тр. 60x40x4.5	60	40	4.5	7.67	33.28	11.09	2.08	17.37	8.69	1.51	6.02
пр.тр. 60x40x5	60	40	5	8.36	35.29	11.76	2.05	18.34	9.17	1.48	6.56
пр.тр. 60x40x5.5	60	40	5.5	9.01	37	12.33	2.03	19.16	9.58	1.46	7.07
пр.тр. 60x40x6	60	40	6	9.63	38.44	12.81	2	19.82	9.91	1.43	7.56
пр.тр. 70x50x2	70	50	2	4.54	31.47	8.99	2.63	18.75	7.5	2.03	3.56
пр.тр. 70x50x2.5	70	50	2.5	5.59	38	10.86	2.61	22.57	9.03	2.01	4.39
пр.тр. 70x50x3	70	50	3	6.61	44.03	12.58	2.58	26.08	10.43	1.99	5.19
пр.тр. 70x50x3.5	70	50	3.5	7.59	49.57	14.16	2.55	29.27	11.71	1.96	5.96
пр.тр. 70x50x4	70	50	4	8.55	54.64	15.61	2.53	32.16	12.87	1.94	6.71
пр.тр. 70x50x4.5	70	50	4.5	9.47	59.24	16.93	2.5	34.77	13.91	1.92	7.43
пр.тр. 70x50x5	70	50	5	10.36	63.4	18.11	2.47	37.1	14.84	1.89	8.13
пр.тр. 70x50x5.5	70	50	5.5	11.21	67.12	19.18	2.45	39.17	15.67	1.87	8.8
пр.тр. 70x50x6	70	50	6	12.03	70.43	20.12	2.42	40.98	16.39	1.85	9.45
пр.тр. 80x40x2	80	40	2	4.54	37.35	9.34	2.87	12.71	6.36	1.67	3.56
пр.тр. 80x40x2.5	80	40	2.5	5.59	45.1	11.27	2.84	15.24	7.62	1.65	4.39
пр.тр. 80x40x3	80	40	3	6.61	52.24	13.06	2.81	17.52	8.76	1.63	5.19
пр.тр. 80x40x3.5	80	40	3.5	7.59	58.79	14.7	2.78	19.58	9.79	1.61	5.96
пр.тр. 80x40x4	80	40	4	8.55	64.77	16.19	2.75	21.42	10.71	1.58	6.71
пр.тр. 80x40x4.5	80	40	4.5	9.47	70.19	17.55	2.72	23.04	11.52	1.56	7.43
пр.тр. 80x40x5	80	40	5	10.36	75.07	18.77	2.69	24.47	12.23	1.54	8.13
пр.тр. 80x40x5.5	80	40	5.5	11.21	79.42	19.86	2.66	25.7	12.85	1.51	8.8
пр.тр. 80x40x6	80	40	6	12.03	83.26	20.82	2.63	26.75	13.38	1.49	9.45
пр.тр. 80x60x2	80	60	2	5.34	49.52	12.38	3.05	34.35	11.45	2.54	4.19
пр.тр. 80x60x2.5	80	60	2.5	6.59	60.11	15.03	3.02	42.42	14.14	2.54	5.17
пр.тр. 80x60x3	80	60	3	7.81	70.02	17.51	2.99	44.86	14.95	2.4	6.13

Профиль	h	b	t	A, cm ²	I _x , cm ⁴	W _x , cm ³	i _x , cm	I _y , cm ⁴	W _y , cm ³	i _y , cm	масса
np. np. 80x60x3.5	80	60	3.5	8.99	79.27	19.82	2.97	50.67	16.89	2.37	7.06
np. np. 80x60x4	80	60	4	10.15	87.87	21.97	2.94	56.05	18.68	2.35	7.97
np. np. 80x60x4.5	80	60	4.5	11.27	95.84	23.96	2.92	61	20.33	2.33	8.85
np. np. 80x60x5	80	60	5	12.36	103.2	25.8	2.89	65.54	21.85	2.3	9.7
np. np. 80x60x5.5	80	60	5.5	13.41	109.9	27.49	2.86	69.68	23.23	2.28	10.53
np. np. 80x60x6	80	60	6	14.43	116.1	29.03	2.84	73.43	24.48	2.26	11.33
np. np. 80x60x6.5	80	60	6.5	15.06	115.9	28.98	2.77	73.58	24.53	2.21	11.82
np. np. 80x60x7	80	60	7	15.96	120.1	30.01	2.74	76.1	25.37	2.18	12.53
np. np. 80x70x3	80	70	3	8.41	78.92	19.73	3.06	64.23	18.35	2.76	6.6
np. np. 80x70x3.5	80	70	3.5	9.69	89.51	22.38	3.04	72.79	20.8	2.74	7.61
np. np. 80x70x4	80	70	4	10.95	99.42	24.86	3.01	80.77	23.08	2.72	8.59
np. np. 80x70x4.5	80	70	4.5	12.17	108.7	27.17	2.99	88.2	25.2	2.69	9.55
np. np. 80x70x5	80	70	5	13.36	117.3	29.31	2.96	95.09	27.17	2.67	10.48
np. np. 80x70x5.5	80	70	5.5	14.51	125.2	31.3	2.94	101.5	28.98	2.64	11.39
np. np. 80x70x6	80	70	6	15.63	132.5	33.14	2.91	107.3	30.66	2.62	12.27
np. np. 80x70x6.5	80	70	6.5	16.36	133.5	33.37	2.86	108.2	30.92	2.57	12.84
np. np. 80x70x7	80	70	7	17.36	138.7	34.68	2.83	112.4	32.11	2.54	13.63
np. np. 90x50x3	90	50	3	7.81	81.83	18.19	3.24	32.7	13.08	2.05	6.13
np. np. 90x50x3.5	90	50	3.5	8.99	92.63	20.59	3.21	36.84	14.74	2.02	7.06
np. np. 90x50x4	90	50	4	10.15	102.7	22.82	3.18	40.63	16.25	2	7.97
np. np. 90x50x4.5	90	50	4.5	11.27	112	24.88	3.15	44.09	17.63	1.98	8.85
np. np. 90x50x5	90	50	5	12.36	120.5	26.79	3.12	47.23	18.89	1.95	9.7
np. np. 90x50x5.5	90	50	5.5	13.41	128.4	28.53	3.09	50.06	20.02	1.93	10.53
np. np. 90x50x6	90	50	6	14.43	135.6	30.13	3.06	52.59	21.04	1.91	11.33
np. np. 90x50x6.5	90	50	6.5	15.06	134.7	29.93	2.99	52.62	21.05	1.87	11.82
np. np. 90x50x7	90	50	7	15.96	139.4	30.97	2.96	54.27	21.71	1.84	12.53
np. np. 90x60x3	90	60	3	8.41	93.19	20.71	3.33	49.73	16.58	2.43	6.6
np. np. 90x60x3.5	90	60	3.5	9.69	105.7	23.5	3.3	56.26	18.75	2.41	7.61
np. np. 90x60x4	90	60	4	10.95	117.5	26.1	3.28	62.32	20.77	2.39	8.59
np. np. 90x60x4.5	90	60	4.5	12.17	128.4	28.54	3.25	67.93	22.64	2.36	9.55

Профиль	h	b	t	A, cm ²	I _x , cm ⁴	W _x , cm ³	i _x , cm	I _y , cm ⁴	W _y , cm ³	i _y , cm	масса
пр.тр. 90x60x5	90	60	5	13.36	138.6	30.8	3.22	73.1	24.37	2.34	10.48
пр.тр. 90x60x5.5	90	60	5.5	14.51	148	32.9	3.19	77.84	25.95	2.32	11.39
пр.тр. 90x60x6	90	60	6	15.63	156.7	34.83	3.17	82.18	27.39	2.29	12.27
пр.тр. 90x60x7	90	60	7	17.36	163.5	36.33	3.07	85.93	28.64	2.23	13.63
пр.тр. 100x40x3	100	40	3	7.81	92.33	18.47	3.44	21.63	10.82	1.66	6.13
пр.тр. 100x40x3.5	100	40	3.5	8.99	104.4	20.89	3.41	24.24	12.12	1.64	7.06
пр.тр. 100x40x4	100	40	4	10.15	115.7	23.13	3.38	26.6	13.3	1.62	7.97
пр.тр. 100x40x4.5	100	40	4.5	11.27	126	25.21	3.34	28.71	14.36	1.6	8.85
пр.тр. 100x40x5	100	40	5	12.36	135.6	27.11	3.31	30.59	15.3	1.57	9.7
пр.тр. 100x40x5.5	100	40	5.5	13.41	144.3	28.85	3.28	32.25	16.12	1.55	10.53
пр.тр. 100x40x6	100	40	6	14.43	152.2	30.43	3.25	33.69	16.85	1.53	11.33
пр.тр. 100x40x6.5	100	40	6.5	15.06	150.1	30.03	3.16	33.54	16.77	1.49	11.82
пр.тр. 100x40x7	100	40	7	15.96	155	31.01	3.12	34.39	17.19	1.47	12.53
пр.тр. 100x50x3	100	50	3	8.41	106.4	21.29	3.56	36.02	14.41	2.07	6.6
пр.тр. 100x50x3.5	100	50	3.5	9.69	120.7	24.15	3.53	40.62	16.25	2.05	7.61
пр.тр. 100x50x4	100	50	4	10.95	134.1	26.82	3.5	44.86	17.94	2.02	8.59
пр.тр. 100x50x4.5	100	50	4.5	12.17	146.6	29.31	3.47	48.74	19.5	2	9.55
пр.тр. 100x50x5	100	50	5	13.36	158.1	31.62	3.44	52.29	20.92	1.98	10.48
пр.тр. 100x50x5.5	100	50	5.5	14.51	168.8	33.76	3.41	55.5	22.2	1.96	11.39
пр.тр. 100x50x6	100	50	6	15.63	178.7	35.73	3.38	58.4	23.36	1.93	12.27
пр.тр. 100x50x6.5	100	50	6.5	16.36	178.6	35.71	3.3	58.77	23.51	1.9	12.84
пр.тр. 100x50x7	100	50	7	17.36	185.3	37.06	3.27	60.74	24.29	1.87	13.63
пр.тр. 100x60x3	100	60	3	9.01	120.6	24.11	3.66	54.61	18.2	2.46	7.07
пр.тр. 100x60x3.5	100	60	3.5	10.39	137	27.41	3.63	61.85	20.62	2.44	8.16
пр.тр. 100x60x4	100	60	4	11.75	152.5	30.51	3.6	68.59	22.86	2.42	9.22
пр.тр. 100x60x4.5	100	60	4.5	13.07	167.1	33.42	3.58	74.86	24.95	2.39	10.26
пр.тр. 100x60x5	100	60	5	14.36	180.7	36.14	3.55	80.66	26.89	2.37	11.27
пр.тр. 100x60x5.5	100	60	5.5	15.61	193.4	38.68	3.52	86.01	28.67	2.35	12.25
пр.тр. 100x60x6	100	60	6	16.83	205.2	41.03	3.49	90.93	30.31	2.32	13.21
пр.тр. 100x60x6.5	100	60	6.5	17.66	207	41.39	3.42	92.18	30.73	2.28	13.86

Профиль	h	b	t	A, cm ²	I _x , cm ⁴	W _x , cm ³	i _x , cm	I _y , cm ⁴	W _y , cm ³	i _y , cm	масса
пр.тр. 100x60x7	100	60	7	18.76	215.6	43.12	3.39	95.77	31.92	2.26	14.72
пр.тр. 120x40x3	120	40	3	9.01	148	24.67	4.05	25.74	12.87	1.69	7.07
пр.тр. 120x40x3.5	120	40	3.5	10.39	168.1	28.01	4.02	28.91	14.45	1.67	8.16
пр.тр. 120x40x4	120	40	4	11.75	186.9	31.14	3.99	31.79	15.89	1.64	9.22
пр.тр. 120x40x4.5	120	40	4.5	13.07	204.4	34.07	3.96	34.38	17.19	1.62	10.26
пр.тр. 120x40x5	120	40	5	14.36	220.8	36.79	3.92	36.72	18.36	1.6	11.27
пр.тр. 120x40x5.5	120	40	5.5	15.61	235.9	39.32	3.89	38.79	19.4	1.58	12.25
пр.тр. 120x40x6	120	40	6	16.83	249.9	41.65	3.85	40.63	20.31	1.55	13.21
пр.тр. 120x40x6.5	120	40	6.5	17.66	249.6	41.6	3.76	40.84	20.42	1.52	13.86
пр.тр. 120x40x7	120	40	7	18.76	259.2	43.21	3.72	42.01	21	1.5	14.72
пр.тр. 120x60x3	120	60	3	10.21	189.1	31.52	4.3	64.35	21.45	2.51	8.01
пр.тр. 120x60x3.5	120	60	3.5	11.79	215.6	35.93	4.28	73.02	24.34	2.49	9.26
пр.тр. 120x60x4	120	60	4	13.35	240.7	40.12	4.25	81.14	27.05	2.47	10.48
пр.тр. 120x60x4.5	120	60	4.5	14.87	264.5	44.08	4.22	88.72	29.57	2.44	11.67
пр.тр. 120x60x5	120	60	5	16.36	286.9	47.82	4.19	95.79	31.93	2.42	12.84
пр.тр. 120x60x5.5	120	60	5.5	17.81	308	51.34	4.16	102.3	34.12	2.4	13.98
пр.тр. 120x60x6	120	60	6	19.23	327.9	54.65	4.13	108.4	36.14	2.37	15.1
пр.тр. 120x60x6.5	120	60	6.5	20.26	333.3	55.56	4.06	110.8	36.93	2.34	15.9
пр.тр. 120x60x7	120	60	7	21.56	348.6	58.1	4.02	115.4	38.48	2.31	16.92
пр.тр. 120x80x3	120	80	3	11.41	230.2	38.36	4.49	123.4	30.85	3.29	8.96
пр.тр. 120x80x3.5	120	80	3.5	13.19	263.1	43.85	4.47	140.7	35.18	3.27	10.36
пр.тр. 120x80x4	120	80	4	14.95	294.5	49.09	4.44	157.2	39.3	3.24	11.73
пр.тр. 120x80x4.5	120	80	4.5	16.67	324.5	54.08	4.41	172.8	43.2	3.22	13.08
пр.тр. 120x80x5	120	80	5	18.36	353	58.84	4.39	187.6	46.89	3.2	14.41
пр.тр. 120x80x5.5	120	80	5.5	20.01	380.1	63.36	4.36	201.5	50.38	3.17	15.71
пр.тр. 120x80x6	120	80	6	21.63	405.9	67.64	4.33	214.7	53.67	3.15	16.98
пр.тр. 120x80x6.5	120	80	6.5	22.86	417.1	69.51	4.27	221.3	55.31	3.11	17.94
пр.тр. 120x80x7	120	80	7	24.36	438	73	4.24	232	57.99	3.09	19.12
пр.тр. 140x60x3	140	60	3	11.41	278.1	39.72	4.94	74.1	24.7	2.55	8.96
пр.тр. 140x60x3.5	140	60	3.5	13.19	317.7	45.39	4.91	84.19	28.06	2.53	10.36

Профиль	<u>h</u>	<u>b</u>	<u>t</u>	<u>A, cm²</u>	<u>I_x, cm⁴</u>	<u>W_x, cm³</u>	<u>i_x, cm</u>	<u>I_y, cm⁴</u>	<u>W_y, cm³</u>	<u>i_y, cm</u>	масса
пр.тр. 140x60x4	140	60	4	14.95	355.5	50.79	4.88	93.68	31.23	2.5	11.73
пр.тр. 140x60x4.5	140	60	4.5	16.67	391.6	55.94	4.85	102.6	34.19	2.48	13.08
пр.тр. 140x60x5	140	60	5	18.36	425.8	60.83	4.82	110.9	36.97	2.46	14.41
пр.тр. 140x60x5.5	140	60	5.5	20.01	458.3	65.47	4.79	118.7	39.56	2.44	15.71
пр.тр. 140x60x6	140	60	6	21.63	489.1	69.87	4.75	125.9	41.97	2.41	16.98
пр.тр. 140x60x6.5	140	60	6.5	22.86	500.2	71.46	4.68	129.4	43.13	2.38	17.94
пр.тр. 140x60x7	140	60	7	24.36	524.8	74.97	4.64	135.1	45.03	2.36	19.12
пр.тр. 140x100x4	140	100	4	18.15	503.5	71.93	5.27	300	60	4.07	14.25
пр.тр. 140x100x4.5	140	100	4.5	20.27	556.8	79.54	5.24	331.2	66.25	4.04	15.91
пр.тр. 140x100x5	140	100	5	22.36	608.1	86.87	5.22	361.2	72.24	4.02	17.55
пр.тр. 140x100x5.5	140	100	5.5	24.41	657.3	93.9	5.19	389.8	77.97	4	19.16
пр.тр. 140x100x6	140	100	6	26.43	704.5	100.6	5.16	417.2	83.45	3.97	20.75
пр.тр. 140x100x6.5	140	100	6.5	28.06	731.9	104.6	5.11	434.3	86.85	3.93	22.03
пр.тр. 140x100x7	140	100	7	29.96	772.4	110.3	5.08	457.8	91.55	3.91	23.52
пр.тр. 140x120x4	140	120	4	19.75	577.5	82.5	5.41	456	76	4.81	15.5
пр.тр. 140x120x4.5	140	120	4.5	22.07	639.4	91.35	5.38	504.6	84.1	4.78	17.32
пр.тр. 140x120x5	140	120	5	24.36	699.2	99.88	5.36	551.4	91.9	4.76	19.12
пр.тр. 140x120x5.5	140	120	5.5	26.61	756.8	108.1	5.33	596.5	99.41	4.73	20.89
пр.тр. 140x120x6	140	120	6	28.83	812.3	116	5.31	639.8	106.6	4.71	22.63
пр.тр. 140x120x6.5	140	120	6.5	30.66	847.8	121.11	5.26	668.3	111.4	4.67	24.07
пр.тр. 140x120x7	140	120	7	32.76	896.3	128	5.23	706.2	117.7	4.64	25.71
пр.тр. 140x120x7.5	140	120	7.5	34.82	942.5	134.6	5.2	742.2	123.7	4.62	27.33
пр.тр. 140x120x8	140	120	8	36.84	986.5	140.9	5.17	776.5	129.4	4.59	28.92
пр.тр. 150x100x4	150	100	4	18.95	594.5	79.27	5.6	318.4	63.68	4.1	14.87
пр.тр. 150x100x4.5	150	100	4.5	21.17	657.9	87.72	5.58	351.8	70.35	4.08	16.62
пр.тр. 150x100x5	150	100	5	23.36	719	95.87	5.55	383.7	76.75	4.05	18.33
пр.тр. 150x100x5.5	150	100	5.5	25.51	777.9	103.7	5.52	414.4	82.88	4.03	20.03
пр.тр. 150x100x6	150	100	6	27.63	834.4	111.3	5.5	443.7	88.75	4.01	21.69
пр.тр. 150x100x6.5	150	100	6.5	29.36	868.2	115.8	5.44	462.7	92.54	3.97	23.05
пр.тр. 150x100x7	150	100	7	31.36	917.1	122.3	5.41	488	97.61	3.95	24.62

Профиль	h	b	t	A, см ²	I _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	I _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см	масса
пр.тр. 160x40x3	160	40	3	11.41	315.9	39.49	5.26	33.95	16.98	1.73	8.96
пр.тр. 160x40x3.5	160	40	3.5	13.19	360.5	45.07	5.23	38.23	19.12	1.7	10.36
пр.тр. 160x40x4	160	40	4	14.95	403	50.37	5.19	42.15	21.08	1.68	11.73
пр.тр. 160x40x4.5	160	40	4.5	16.67	443.2	55.4	5.16	45.73	22.86	1.66	13.08
пр.тр. 160x40x5	160	40	5	18.36	481.3	60.16	5.12	48.97	24.48	1.63	14.41
пр.тр. 160x40x5.5	160	40	5.5	20.01	517.3	64.66	5.08	51.89	25.94	1.61	15.71
пр.тр. 160x40x6	160	40	6	21.63	551.2	68.9	5.05	54.5	27.25	1.59	16.98
пр.тр. 160x40x6.5	160	40	6.5	22.86	559.7	69.96	4.95	55.43	27.71	1.56	17.94
пр.тр. 160x40x7	160	40	7	24.36	585.8	73.22	4.9	57.26	28.63	1.53	19.12
пр.тр. 160x80x4	160	80	4	18.15	597.6	74.71	5.74	203.4	50.85	3.35	14.25
пр.тр. 160x80x4.5	160	80	4.5	20.27	660.8	82.6	5.71	224.1	56.02	3.33	15.91
пр.тр. 160x80x5	160	80	5	22.36	721.6	90.2	5.68	243.8	60.95	3.3	17.55
пр.тр. 160x80x5.5	160	80	5.5	24.41	779.9	97.48	5.65	262.6	65.64	3.28	19.16
пр.тр. 160x80x6	160	80	6	26.43	835.8	104.5	5.62	280.4	70.1	3.26	20.75
пр.тр. 160x80x6.5	160	80	6.5	28.06	866	108.3	5.56	291.5	72.87	3.22	22.03
пр.тр. 160x80x7	160	80	7	29.96	913.5	114.2	5.52	306.6	76.64	3.2	23.52
пр.тр. 160x100x4	160	100	4	19.75	695	86.87	5.93	336.9	67.37	4.13	15.5
пр.тр. 160x100x4.5	160	100	4.5	22.07	769.6	96.21	5.91	372.3	74.46	4.11	17.32
пр.тр. 160x100x5	160	100	5	24.36	841.7	105.2	5.88	406.3	81.26	4.08	19.12
пр.тр. 160x100x5.5	160	100	5.5	26.61	911.2	113.9	5.85	439	87.79	4.06	20.89
пр.тр. 160x100x6	160	100	6	28.83	978.1	122.3	5.82	470.2	94.05	4.04	22.63
пр.тр. 160x100x6.5	160	100	6.5	30.66	1019	127.4	5.77	491.1	98.22	4	24.07
пр.тр. 160x100x7	160	100	7	32.76	1077	134.7	5.73	518.3	103.7	3.98	25.71
пр.тр. 160x100x7.5	160	100	7.5	34.82	1133	141.6	5.7	544.1	108.8	3.95	27.33
пр.тр. 160x100x8	160	100	8	36.84	1186	148.2	5.67	568.6	113.7	3.93	28.92
пр.тр. 160x120x4	160	120	4	21.35	792.3	99.04	6.09	509.8	84.97	4.89	16.76
пр.тр. 160x120x4.5	160	120	4.5	23.87	878.5	109.8	6.07	564.6	94.1	4.86	18.74
пр.тр. 160x120x5	160	120	5	26.36	961.8	120.2	6.04	617.5	102.9	4.84	20.69
пр.тр. 160x120x5.5	160	120	5.5	28.81	1042	130.3	6.02	668.6	111.4	4.82	22.62
пр.тр. 160x120x6	160	120	6	31.23	1120	140	5.99	717.8	119.6	4.79	24.52

Профиль	h	b	t	A, см ²	I _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	I _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см	масса
пр.тр. 160x120x6.5	160	120	6.5	33.26	1172	146.5	5.94	752	125.3	4.76	26.11
пр.тр. 160x120x7	160	120	7	35.56	1241	155.2	5.91	795.5	132.6	4.73	27.91
пр.тр. 160x120x7.5	160	120	7.5	37.82	1307	163.4	5.88	837.2	139.5	4.7	29.69
пр.тр. 160x120x8	160	120	8	40.04	1371	171.3	5.85	876.9	146.1	4.68	31.43
пр.тр. 160x140x5	160	140	5	28.36	1082	135.2	6.18	881.4	125.9	5.58	22.26
пр.тр. 160x140x5.5	160	140	5.5	31.01	1174	146.7	6.15	955.8	136.5	5.55	24.34
пр.тр. 160x140x6	160	140	6	33.63	1263	157.8	6.13	1028	146.8	5.53	26.4
пр.тр. 160x140x6.5	160	140	6.5	35.86	1325	165.7	6.08	1079	154.2	5.49	28.15
пр.тр. 160x140x7	160	140	7	38.36	1405	175.6	6.05	1144	163.4	5.46	30.11
пр.тр. 160x140x7.5	160	140	7.5	40.82	1482	185.2	6.02	1206	172.3	5.44	32.04
пр.тр. 160x140x8	160	140	8	43.24	1555	194.4	6	1265	180.8	5.41	33.95
пр.тр. 180x60x4	180	60	4	18.15	678.1	75.3	6.11	1188	39.6	2.56	14.25
пр.тр. 180x60x4.5	180	60	4.5	20.27	749.4	83.3	6.08	130.3	43.4	2.54	15.91
пр.тр. 180x60x5	180	60	5	22.36	817.8	90.9	6.05	141.2	47.1	2.51	17.55
пр.тр. 180x60x5.5	180	60	5.5	24.41	883.3	98.1	6.02	151.4	50.5	2.49	19.16
пр.тр. 180x60x6	180	60	6	26.43	946	105.1	5.98	160.9	53.6	2.47	20.75
пр.тр. 180x60x6.5	180	60	6.5	28.06	976.4	108.5	5.9	166.6	55.5	2.44	22.03
пр.тр. 180x60x7	180	60	7	29.96	1029	114.3	5.86	174.4	58.1	2.41	23.52
пр.тр. 180x60x7.5	180	60	7.5	31.82	1078	119.8	5.82	181.6	60.5	2.39	24.98
пр.тр. 180x60x8	180	60	8	33.64	1125	125	5.78	188.2	62.7	2.37	26.41
пр.тр. 180x80x4	180	80	4	19.75	802	89.12	6.37	226.5	56.62	3.39	15.5
пр.тр. 180x80x4.5	180	80	4.5	22.07	888	98.67	6.34	249.7	62.44	3.36	17.32
пр.тр. 180x80x5	180	80	5	24.36	970.9	107.9	6.31	271.9	67.99	3.34	19.12
пр.тр. 180x80x5.5	180	80	5.5	26.61	1051	116.8	6.28	293.1	73.28	3.32	20.89
пр.тр. 180x80x6	180	80	6	28.83	1128	125.3	6.25	313.3	78.31	3.3	22.63
пр.тр. 180x80x6.5	180	80	6.5	30.66	1172	130.2	6.18	326.6	81.65	3.26	24.07
пр.тр. 180x80x7	180	80	7	32.76	1238	137.6	6.15	343.9	85.97	3.24	25.71
пр.тр. 180x80x7.5	180	80	7.5	34.82	1301	144.6	6.11	360.1	90.03	3.22	27.33
пр.тр. 180x80x8	180	80	8	36.84	1361	151.3	6.08	375.4	93.85	3.19	28.92
пр.тр. 180x100x4	180	100	4	21.35	926	102.9	6.59	373.7	74.74	4.18	16.76

Профиль	h	b	t	A, cm ²	I _x , cm ⁴	W _x , cm ³	i _x , cm	I _y , cm ⁴	W _y , cm ³	i _y , cm	масса
гп.гп. 180x100x4.5	180	100	4.5	23.87	1027	114.1	6.56	413.3	82.67	4.16	18.74
гп.гп. 180x100x5	180	100	5	26.36	1124	124.9	6.53	451.4	90.29	4.14	20.69
гп.гп. 180x100x5.5	180	100	5.5	28.81	1218-	135.4	6.5	488.1	97.61	4.12	22.62
гп.гп. 180x100x6	180	100	6	31.23	1309	145.5	6.47	523.3	104.7	4.09	24.52
гп.гп. 180x100x6.5	180	100	6.5	33.26	1368	152	6.41	547.9	109.6	4.06	26.11
гп.гп. 180x100x7	180	100	7	35.56	1448	160.9	6.38	578.8	115.8	4.03	27.91
гп.гп. 180x100x7.5	180	100	7.5	37.82	1525	169.4	6.35	608.3	121.7	4.01	29.69
гп.гп. 180x100x8	180	100	8	40.04	1598	177.6	6.32	636.3	127.3	3.99	31.43
гп.гп. 180x140x4	180	140	4	24.55	1174	130.42	6.91	799.5	114.2	5.71	19.27
гп.гп. 180x140x4.5	180	140	4.5	27.47	1304	144.87	6.89	887.3	126.8	5.68	21.56
гп.гп. 180x140x5	180	140	5	30.36	1430	158.92	6.86	972.6	138.9	5.66	23.83
гп.гп. 180x140x5.5	180	140	5.5	33.21	1553	172.58	6.84	1055	150.7	5.64	26.07
гп.гп. 180x140x6	180	140	6	36.03	1673	185.85	6.61	1135	162.2	5.61	28.29
гп.гп. 180x140x6.5	180	140	6.5	38.46	1759	195.45	6.76	1195	170.8	5.57	30.19
гп.гп. 180x140x7	180	140	7	41.16	1867	207.43	6.73	1268	181.1	5.55	32.31
гп.гп. 180x140x7.5	180	140	7.5	43.82	1971	218.99	6.71	1338	191.1	5.52	34.4
гп.гп. 180x140x8	180	140	8	46.44	2071	230.15	6.68	1405	200.8	5.5	36.46
гп.гп. 200x40x4	200	40	4	18.15	738.6	73.86	6.38	52.52	26.26	1.7	14.25
гп.гп. 200x40x4.5	200	40	4.5	20.27	815.3	81.53	6.34	57.07	28.53	1.68	15.91
гп.гп. 200x40x5	200	40	5	22.36	888.7	88.87	6.3	61.22	30.61	1.65	17.55
гп.гп. 200x40x5.5	200	40	5.5	24.41	958.8	95.88	6.27	64.98	32.49	1.63	19.16
гп.гп. 200x40x6	200	40	6	26.43	1026	102.6	6.23	68.37	34.19	1.61	20.75
гп.гп. 200x40x6.5	200	40	6.5	28.06	1053	105.3	6.13	70.02	35.01	1.58	22.03
гп.гп. 200x40x7	200	40	7	29.96	1107	110.7	6.08	72.5	36.25	1.56	23.52
гп.гп. 200x80x4	200	80	4	21.35	1046	104.6	7	249.6	62.4	3.42	16.76
гп.гп. 200x80x4.5	200	80	4.5	23.87	1159	115.9	6.97	275.4	68.85	3.4	18.74
гп.гп. 200x80x5	200	80	5	26.36	1269	126.9	6.94	300.1	75.02	3.37	20.69
гп.гп. 200x80x5.5	200	80	5.5	28.81	1375	137.5	6.91	323.6	80.91	3.35	22.62
гп.гп. 200x80x6	200	80	6	31.23	1477	147.7	6.88	346.1	86.53	3.33	24.52
гп.гп. 200x80x6.5	200	80	6.5	33.26	1539	153.9	6.8	361.7	90.43	3.3	26.11

Профиль	h	b	t	A, см ²	I _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	I _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см	масса
пр.гр. 200x80x7	200	80	7	35.56	1629	162.9	6.77	381.2	95.29	3.27	27.91
пр.гр. 200x80x7.5	200	80	7.5	37.82	1714	171.4	6.73	399.6	99.89	3.25	29.69
пр.гр. 200x80x8	200	80	8	40.04	1795	179.5	6.7	416.9	104.2	3.23	31.43
пр.гр. 200x100x4	200	100	4	22.95	1200	120	7.23	410.6	82.12	4.23	18.01
пр.гр. 200x100x4.5	200	100	4.5	25.67	1331	133.1	7.2	454.4	90.87	4.21	20.15
пр.гр. 200x100x5	200	100	5	28.36	1459	145.9	7.17	496.6	99.31	4.18	22.26
пр.гр. 200x100x5.5	200	100	5.5	31.01	1583	158.3	7.14	537.2	107.4	4.16	24.34
пр.гр. 200x100x6	200	100	6	33.63	1703	170.3	7.12	576.3	115.3	4.14	26.4
пр.гр. 200x100x6.5	200	100	6.5	35.86	1783	178.3	7.05	604.7	120.9	4.11	28.15
пр.гр. 200x100x7	200	100	7	38.36	1889	188.9	7.02	639.4	127.9	4.08	30.11
пр.гр. 200x100x7.5	200	100	7.5	40.82	1992	199.2	6.99	672.5	134.5	4.06	32.04
пр.гр. 200x100x8	200	100	8	43.24	2090	209	6.95	704	140.8	4.03	33.95
пр.гр. 200x120x4	200	120	4	24.55	1353	135.3	7.42	617.5	102.9	5.02	19.27
пр.гр. 200x120x4.5	200	120	4.5	27.47	1503	150.3	7.4	684.7	114.1	4.99	21.56
пр.гр. 200x120x5	200	120	5	30.36	1649	164.9	7.37	749.8	125	4.97	23.83
пр.гр. 200x120x5.5	200	120	5.5	33.21	1791	179.1	7.34	812.8	135.5	4.95	26.07
пр.гр. 200x120x6	200	120	6	36.03	1929	192.9	7.32	873.7	145.6	4.92	28.29
пр.гр. 200x120x6.5	200	120	6.5	38.46	2026	202.6	7.26	919.5	153.2	4.89	30.19
пр.гр. 200x120x7	200	120	7	41.16	2150	215	7.23	974.3	162.4	4.87	32.31
пр.гр. 200x120x7.5	200	120	7.5	43.82	2270	227	7.2	1027	171.2	4.84	34.4
пр.гр. 200x120x8	200	120	8	46.44	2385	238.5	7.17	1078	179.6	4.82	36.46
пр.гр. 200x160x5	200	160	5	34.36	2029	202.9	7.69	1442	180.3	6.48	26.97
пр.гр. 200x160x5.5	200	160	5.5	37.61	2207	220.7	7.66	1568	195.9	6.46	29.52
пр.гр. 200x160x6	200	160	6	40.83	2380	236	7.64	1690	211.2	6.43	32.05
пр.гр. 200x160x6.5	200	160	6.5	43.66	2513	251.3	7.59	1785	223.1	6.39	34.27
пр.гр. 200x160x7	200	160	7	46.76	2672	267.2	7.56	1897	237.1	6.37	36.7
пр.гр. 200x160x7.5	200	160	7.5	49.82	2826	282.6	7.53	2005	250.6	6.34	39.11
пр.гр. 200x160x8	200	160	8	52.84	2975	297.5	7.5	2110	263.7	6.32	41.48
пр.гр. 200x160x8.5	200	160	8.5	55.83	3120	312	7.48	2211	276.4	6.29	43.83
пр.гр. 200x160x9	200	160	9	58.78	3260	326	7.45	2309	288.7	6.27	46.14

Профиль	h	b	t	A, cm ²	I _x , cm ⁴	W _x , cm ³	i _x , cm	I _y , cm ⁴	W _y , cm ³	i _y , cm	масса
гг.гг. 200x160x9.5	200	160	9.5	61.69	3395	339.5	7.42	2404	300.5	6.24	48.43
гг.гг. 200x160x10	200	160	10	64.57	3527	352.7	7.39	2496	312	6.22	50.68
гг.гг. 220x100x4	220	100	4	24.55	1519	138.1	7.87	447.4	89.49	4.27	19.27
гг.гг. 220x100x4.5	220	100	4.5	27.47	1687	153.4	7.84	495.4	99.08	4.25	21.56
гг.гг. 220x100x5	220	100	5	30.36	1851	168.3	7.81	541.7	108.34	4.22	23.83
гг.гг. 220x100x5.5	220	100	5.5	33.21	2010	182.7	7.78	586.3	117.26	4.2	26.07
гг.гг. 220x100x6	220	100	6	36.03	2164	196.7	7.75	629.3	125.86	4.18	28.29
гг.гг. 220x100x6.5	220	100	6.5	38.46	2270	206.3	7.68	661.6	132.31	4.15	30.19
гг.гг. 220x100x7	220	100	7	41.16	2408	218.9	7.65	699.9	139.99	4.12	32.31
гг.гг. 220x100x7.5	220	100	7.5	43.82	2541	231	7.61	736.6	147.33	4.1	34.4
гг.гг. 220x100x8	220	100	8	46.44	2669	242.7	7.58	771.7	154.34	4.08	36.46
гг.гг. 220x140x5	220	140	5	34.36	2313	210.3	8.21	1155	165	5.8	26.97
гг.гг. 220x140x5.5	220	140	5.5	37.61	2516	228.7	8.18	1254	179.2	5.77	29.52
гг.гг. 220x140x6	220	140	6	40.83	2714	246.7	8.15	1351	193	5.75	32.05
гг.гг. 220x140x6.5	220	140	6.5	43.66	2862	260.2	8.1	1427	203.7	5.72	34.27
гг.гг. 220x140x7	220	140	7	46.76	3043	278.6	8.07	1515	216.5	5.69	36.7
гг.гг. 220x140x7.5	220	140	7.5	49.82	3218	292.6	8.04	1601	228.7	5.67	39.11
гг.гг. 220x140x8	220	140	8	52.84	3388	308	8.01	1683	240.5	5.64	41.48
гг.гг. 240x120x5	240	120	5	34.36	2579	215	8.66	882	147	5.07	26.97
гг.гг. 240x120x5.5	240	120	5.5	37.61	2805	233.8	8.64	957	159.5	5.04	29.52
гг.гг. 240x120x6	240	120	6	40.83	3026	252.1	8.61	1030	171.6	5.02	32.05
гг.гг. 240x120x6.5	240	120	6.5	43.66	3188	265.6	8.54	1087	181.2	4.99	34.27
гг.гг. 240x120x7	240	120	7	46.76	3388	282.4	8.51	1153	192.2	4.97	36.7
гг.гг. 240x120x7.5	240	120	7.5	49.82	3583	298.6	8.48	1217	202.8	4.94	39.11
гг.гг. 240x120x8	240	120	8	52.84	3771	314.3	8.45	1278	213.1	4.92	41.48
гг.гг. 240x160x6	240	160	6	45.63	3683	306.9	8.98	1974	246.8	6.58	35.82
гг.гг. 240x160x6.5	240	160	6.5	48.86	3896	324.7	8.93	2091	261.4	6.54	38.35
гг.гг. 240x160x7	240	160	7	52.36	4148	345.7	8.9	2224	278.1	6.52	41.1
гг.гг. 240x160x7.5	240	160	7.5	55.82	4394	366.2	8.87	2354	294.2	6.49	43.82
гг.гг. 240x160x8	240	160	8	59.24	4633	386.1	8.84	2480	309.9	6.47	46.51

Профиль	h	b	t	A, cm ²	I _x , cm ⁴	W _x , cm ³	i _x , cm	I _y , cm ⁴	W _y , cm ³	i _y , cm	масса
гг.гг. 240x160x8.5	240	160	8.5	62.63	4865	405.4	8.81	2602	325.2	6.45	49.16
гг.гг. 240x160x9	240	160	9	65.98	5091	424.2	8.78	2720	340	6.42	51.79
гг.гг. 240x160x9.5	240	160	9.5	69.29	5311	442.5	8.75	2835	354.3	6.40	54.39
гг.гг. 240x160x10	240	160	10	72.57	5524	460.3	8.72	2946	368.2	6.37	56.96
гг.гг. 240x160x10.5	240	160	10.5	74.86	5590	465.8	8.64	2990	373.8	6.32	58.76
гг.гг. 240x160x11	240	160	11	77.97	5777	481.4	8.61	3088	386.1	6.29	61.2
гг.гг. 240x160x11.5	240	160	11.5	81.03	5957	496.4	8.57	3183	397.8	6.27	63.61
гг.гг. 240x160x12	240	160	12	84.06	6130	510.9	8.54	3273	409.2	6.24	65.99
гг.гг. 250x150x6	250	150	6	45.63	3885	310.8	9.23	1768	235.7	6.22	35.82
гг.гг. 250x150x6.5	250	150	6.5	48.86	4109	328.7	9.17	1872	249.6	6.19	38.35
гг.гг. 250x150x7	250	150	7	52.36	4375	350	9.14	1991	265.4	6.17	41.1
гг.гг. 250x150x7.5	250	150	7.5	55.82	4633	370.7	9.11	2106	280.8	6.14	43.82
гг.гг. 250x150x8	250	150	8	59.24	4885	390.8	9.08	2217	295.7	6.12	46.51
гг.гг. 260x130x6	260	130	6	44.43	3888	299	9.35	1326	204	5.46	34.88
гг.гг. 260x130x6.5	260	130	6.5	47.56	4106	315.8	9.29	1403	215.8	5.43	37.33
гг.гг. 260x130x7	260	130	7	50.96	4369	336.1	9.26	1490	229.2	5.41	40
гг.гг. 260x130x7.5	260	130	7.5	54.32	4625	355.8	9.23	1574	242.2	5.38	42.64
гг.гг. 260x130x8	260	130	8	57.64	4874	374.9	9.2	1656	254.8	5.36	45.25
гг.гг. 260x130x8.5	260	130	8.5	60.93	5116	393.5	9.16	1735	266.9	5.34	47.83
гг.гг. 260x130x9	260	130	9	64.18	5350	411.6	9.13	1811	278.6	5.31	50.38
гг.гг. 260x130x9.5	260	130	9.5	67.39	5578	429.1	9.1	1885	290	5.29	52.9
гг.гг. 260x130x10	260	130	10	70.57	5799	446	9.06	1956	300.9	5.26	55.39
гг.гг. 260x130x10.5	260	130	10.5	72.76	5848	449.8	8.96	1982	305	5.22	57.12
гг.гг. 260x130x11	260	130	11	75.77	6038	464.5	8.93	2044	314.5	5.19	59.48
гг.гг. 260x130x11.5	260	130	11.5	78.73	6221	478.6	8.89	2103	323.6	5.17	61.81
гг.гг. 260x130x12	260	130	12	81.66	6397	492.1	8.85	2160	332.3	5.14	64.1
гг.гг. 300x100x6	300	100	6	45.63	4777	318.4	10.23	841.4	168.3	4.29	35.82
гг.гг. 300x100x6.5	300	100	6.5	48.86	5038	335.9	10.15	888.9	177.8	4.27	38.35
гг.гг. 300x100x7	300	100	7	52.36	5360	357.3	10.12	942.1	188.4	4.24	41.1
гг.гг. 300x100x7.5	300	100	7.5	55.82	5673	378.2	10.08	993.3	198.7	4.22	43.82

Профиль	h	b	t	A, cm ²	I _x , cm ⁴	W _x , cm ³	i _x , cm	I _y , cm ⁴	W _y , cm ³	i _y , cm	масса
гп.гп. 300x100x8	300	100	8	59.24	5977	398.5	10.04	1043	208.5	4.2	46.51
гп.гп. 300x100x8.5	300	100	8.5	62.63	6273	418.2	10.01	1090	218	4.17	49.16
гп.гп. 300x100x9	300	100	9	65.98	6559	437.3	9.97	0.1135	227	4.15	51.79
гп.гп. 300x100x9.5	300	100	9.5	69.29	6836	455.8	9.93	1179	235.7	4.12	54.39
гп.гп. 300x100x10	300	100	10	72.57	7105	473.7	9.9	1220	244	4.1	56.96
гп.гп. 300x200x6	300	200	6	57.63	7370	491.3	11.31	3961	396.1	8.29	45.24
гп.гп. 300x200x6.5	300	200	6.5	61.86	7838	522.5	11.26	4217	421.7	8.26	48.56
гп.гп. 300x200x7	300	200	7	66.36	8365	557.7	11.23	4497	449.7	8.23	52.09
гп.гп. 300x200x7.5	300	200	7.5	70.82	8882	592.1	11.2	4771	477.1	8.21	55.59
гп.гп. 300x200x8	300	200	8	75.24	9388	625.9	11.17	5039	503.9	8.18	59.07
гп.гп. 300x200x8.5	300	200	8.5	79.63	9884	658.9	11.14	5302	530.2	8.16	62.51
гп.гп. 300x200x9	300	200	9	83.98	10370	691.3	11.11	5558	555.8	8.14	65.92
гп.гп. 300x200x9.5	300	200	9.5	88.29	10845	723	11.08	5809	580.9	8.11	69.31
гп.гп. 300x200x10	300	200	10	92.57	11310	754	11.05	6054	605.4	8.09	72.66
гп.гп. 300x200x10.5	300	200	10.5	95.86	11547	769.8	10.98	6195	619.5	8.04	75.25
гп.гп. 300x200x11	300	200	11	99.97	11970	798	10.94	6418	641.8	8.01	78.47
гп.гп. 300x200x11.5	300	200	11.5	104	12383	825.5	10.91	6636	663.6	7.99	81.67
гп.гп. 300x200x12	300	200	12	108.1	12784	852.3	10.88	6847	684.7	7.96	84.83
гп.гп. 320x180x6	320	180	6	57.63	8012	500.8	11.79	3308	367.5	7.58	45.24
гп.гп. 320x180x6.5	320	180	6.5	61.86	8517	532.3	11.73	3520	391.1	7.54	48.56
гп.гп. 320x180x7	320	180	7	66.36	9089	668.1	11.7	3752	416.9	7.52	52.09
гп.гп. 320x180x7.5	320	180	7.5	70.82	9650	603.1	11.67	3979	442.2	7.5	55.59
гп.гп. 320x180x8	320	180	8	75.24	10200	637.5	11.64	4201	466.8	7.47	59.07
гп.гп. 320x180x8.5	320	180	8.5	79.63	10738	671.1	11.61	4418	490.9	7.45	62.51
гп.гп. 320x180x9	320	180	9	83.98	11265	704	11.58	4630	514.4	7.42	65.92
гп.гп. 320x180x9.5	320	180	9.5	88.29	11780	736.3	11.55	4836	537.4	7.4	69.31
гп.гп. 320x180x10	320	180	10	92.57	12285	767.8	11.52	5038	559.7	7.38	72.66
гп.гп. 320x180x10.5	320	180	10.5	95.86	12530	783.1	11.43	5155	572.7	7.33	75.25
гп.гп. 320x180x11	320	180	11	99.97	12988	811.7	11.4	5338	593.1	7.31	78.47
гп.гп. 320x180x11.5	320	180	11.5	104	13434	839.6	11.36	5517	613	7.28	81.67

Профиль	h	b	t	A, см ²	I _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	I _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см	масса
пр.тр. 320x180x12	320	180	12	108.1	13867	866.7	11.33	5690	632.2	7.26	84.83
пр.тр. 350x250x6	350	250	6	69.63	12456	711.8	13.37	7457	596.6	10.35	54.66
пр.тр. 350x250x6.5	350	250	6.5	74.86	13293	759.6	13.33	7963	637	10.31	58.76
пр.тр. 350x250x7	350	250	7	80.36	14210	812	13.3	8508	680.6	10.29	63.08
пр.тр. 350x250x7.5	350	250	7.5	85.82	15112	863.5	13.27	9044	723.5	10.27	67.37
пр.тр. 350x250x8	350	250	8	91.24	15999	914.3	13.24	9570	765.6	10.24	71.63
пр.тр. 350x250x8.5	350	250	8.5	96.63	16872	964.1	13.21	10087	807	10.22	75.85
пр.тр. 350x250x9	350	250	9	102	17731	1013	13.19	10595	847.6	10.19	80.05
пр.тр. 350x250x9.5	350	250	9.5	107.3	18575	1061	13.16	11094	887.5	10.17	84.22
пр.тр. 350x250x10	350	250	10	112.6	19404	1109	13.13	11583	926.7	10.14	88.36
пр.тр. 350x250x10.5	350	250	10.5	116.9	19923	1138	13.06	11912	952.9	10.1	91.73
пр.тр. 350x250x11	350	250	11	122	20694	1183	13.03	12368	989.5	10.07	95.74
пр.тр. 350x250x11.5	350	250	11.5	127	21451	1226	12.99	12815	1025	10.04	99.72
пр.тр. 350x250x12	350	250	12	132.1	22191	1268	12.96	13253	1060	10.02	103.7
пр.тр. 350x300x6	350	300	6	75.63	14232	813.2	13.72	11259	750.6	12.2	59.37
пр.тр. 350x300x6.5	350	300	6.5	81.36	15210	869.2	13.67	12037	802.5	12.16	63.87
пр.тр. 350x300x7	350	300	7	87.36	16269	929.6	13.65	12872	858.1	12.14	68.58
пр.тр. 350x300x7.5	350	300	7.5	93.32	17312	989.2	13.62	13694	912.9	12.11	73.26
пр.тр. 350x300x8	350	300	8	99.24	18339	1048	13.59	14504	966.9	12.09	77.91
пр.тр. 350x300x8.5	350	300	8.5	105.1	19351	1106	13.57	15301	1020	12.06	82.53
пр.тр. 350x300x9	350	300	9	111	20347	1163	13.54	16086	1072	12.04	87.12
пр.тр. 350x300x9.5	350	300	9.5	116.8	21328	1219	13.51	16858	1124	12.01	91.68
пр.тр. 350x300x10	350	300	10	122.6	22294	1274	13.49	17618	1175	11.99	96.21
пр.тр. 350x300x10.5	350	300	10.5	127.4	22948	1311	13.42	18147	1210	11.94	99.98
пр.тр. 350x300x11	350	300	11	133	23855	1363	13.39	18861	1257	11.91	104.4
пр.тр. 350x300x11.5	350	300	11.5	138.5	24745	1414	13.36	19561	1304	11.88	108.7
пр.тр. 350x300x12	350	300	12	144.1	25619	1464	13.34	20249	1350	11.86	113.1
пр.тр. 380x220x6	380	220	6	69.63	13885	730.8	14.12	6011	546.4	9.29	54.66
пр.тр. 380x220x6.5	380	220	6.5	74.86	14810	779.5	14.07	6418	583.4	9.26	58.76
пр.тр. 380x220x7	380	220	7	80.36	15831	833.2	14.04	6854	623.1	9.24	63.08

Профиль	h	b	t	A, cm^2	I_x, cm^4	W_x, cm^3	i_x, cm	I_y, cm^4	W_y, cm^3	i_y, cm	масса
гр.тр. 380x220x7.5	380	220	7.5	85.82	16836	886.1	14.01	7282	662	9.21	67.37
гр.тр. 380x220x8	380	220	8	91.24	17824	938.1	13.98	7703	700.3	9.19	71.63
гр.тр. 400x200x10	400	200	10	112.6	23000	1150	14.29	7859	785.9	8.36	88.36
гр.тр. 400x200x10.5	400	200	10.5	116.9	23577	1179	14.2	8080	808	8.32	91.73
гр.тр. 400x200x11	400	200	11	122	24485	1224	14.17	8383	838.3	8.29	95.74
гр.тр. 400x200x11.5	400	200	11.5	127	25374	1269	14.13	8679	867.9	8.27	99.72
гр.тр. 400x200x12	400	200	12	132.1	26245	1312	14.1	8968	896.8	8.24	103.7

Приложение 4

Сортамент на профили по ГОСТ 30245-2003

Профиль	h	b	t	Площадь поперечного сечения $A, \text{см}^2$	Справочные величины для осей x-x			Масса 1м , кг
	мм				$I_x,$ см^4	$W_x,$ см^3	$i_x,$ см	
40x40x2	40	40	2	2.94	6.94	3.47	1.54	2.31
40x40x2.5	40	40	2.5	3.59	8.21	4.1	1.51	2.82
40x40x3	40	40	3	4.21	9.31	4.65	1.49	3.3
40x40x3.5	40	40	3.5	4.79	10.26	5.13	1.46	3.76
40x40x4	40	40	4	5.35	11.05	5.52	1.44	4.2
50x50x2	50	50	2	3.74	14.14	5.66	1.95	2.93
50x50x2.5	50	50	2.5	4.59	16.93	6.77	1.92	3.6
50x50x3	50	50	3	5.41	19.45	7.78	1.9	4.25
50x50x3.5	50	50	3.5	6.19	21.7	8.68	1.87	4.86
50x50x4	50	50	4	6.95	23.7	9.48	1.85	5.45
50x50x4.5	50	50	4.5	7.67	25.45	10.19	1.82	6.02
50x50x5	50	50	5	8.36	26.98	10.79	1.8	6.56
50x50x5.5	50	50	5.5	9.01	28.27	11.31	1.77	7.07
50x50x6	50	50	6	9.63	29.36	11.74	1.75	7.56
60x60x2	60	60	2	4.54	25.14	8.38	2.35	3.56
60x60x2.5	60	60	2.5	5.59	30.33	10.11	2.33	4.39
60x60x3	60	60	3	6.61	35.11	11.7	2.31	5.19
60x60x3.5	60	60	3.5	7.59	39.5	13.17	2.28	5.96
60x60x4	60	60	4	8.55	43.5	14.5	2.26	6.71
60x60x4.5	60	60	4.5	9.47	47.14	15.71	2.23	7.43
60x60x5	60	60	5	10.36	50.41	16.8	2.21	8.13
60x60x5.5	60	60	5.5	11.21	53.34	17.78	2.18	8.8
60x60x6	60	60	6	12.03	55.94	18.65	2.16	9.45
70x70x2	70	70	2	5.34	40.72	11.63	2.76	4.19
70x70x2.5	70	70	2.5	6.59	49.39	14.11	2.74	5.17
70x70x3	70	70	3	7.81	57.5	16.43	2.71	6.13
70x70x3.5	70	70	3.5	8.99	65.05	18.59	2.69	7.06
70x70x4	70	70	4	10.15	72.06	20.59	2.66	7.97
70x70x4.5	70	70	4.5	11.27	78.55	22.44	2.64	8.85
70x70x5	70	70	5	12.36	84.52	24.15	2.62	9.7
70x70x5.5	70	70	5.5	13.41	90.01	25.72	2.59	10.53

70x70x6	70	70	6	14.43	95.01	27.14	2.57	11.33
70x70x6.5	70	70	6.5	15.06	95.11	27.17	2.51	11.82
70x70x7	70	70	7	15.96	98.5	28.14	2.48	12.53
80x80x3	80	80	3	9.01	87.81	21.95	3.12	7.07
80x80x3.5	80	80	3.5	10.39	99.75	24.94	3.1	8.16
80x80x4	80	80	4	11.75	111	27.74	3.07	9.22
80x80x4.5	80	80	4.5	13.07	121.5	30.37	3.05	10.26
80x80x5	80	80	5	14.36	131.3	32.83	3.02	11.27
80x80x5.5	80	80	5.5	15.61	140.5	35.12	3	12.25
80x80x6	80	80	6	16.83	149	37.24	2.97	13.21
80x80x6.5	80	80	6.5	17.66	151	37.76	2.92	13.86
80x80x7	80	80	7	18.76	157.4	39.34	2.9	14.72
80x80x7.5	80	80	7.5	19.82	163	40.76	2.87	15.56
80x80x8	80	80	8	20.84	168	42.01	2.84	16.36
90x90x3	90	90	3	10.21	127.2	28.28	3.53	8.01
90x90x3.5	90	90	3.5	11.79	145	32.22	3.51	9.26
90x90x4	90	90	4	13.35	161.8	35.96	3.48	10.48
90x90x4.5	90	90	4.5	14.87	177.8	39.5	3.46	11.67
90x90x5	90	90	5	16.36	192,8-	42.84	3.43	12.84
90x90x5.5	90	90	5.5	17.81	206.9	45.99	3.41	13.98
90x90x6	90	90	6	19.23	220.2	48.94	3.38	15.1
90x90x6.5	90	90	6.5	20.26	225.3	50.07	3.34	15.9
90x90x7	90	90	7	21.56	235.8	52.4	3.31	16.92
90x90x7.5	90	90	7.5	22.82	245.4	54.54	3.28	17.91
90x90x8	90	90	8	24.04	254.2	56,48,	3.25	18.87
100x100x3	100	100	3	11.41	177	35.4	3.94	8.96
100x100x3.5	100	100	3.5	13.19	202.2	40.44	3.91	10.36
100x100x4	100	100	4	14.95	225.1	45.02	3.88	11.73
100x100x4.5	100	100	4.5	16.67	247.5	49.5	3.85	13.08
100x100x5	100	100	5	18.36	270.9	54.19	3.84	14.41
100x100x5.5	100	100	5.5	20.01	291.6	58.32	3.82	15.71
100x100x6	100	100	6	21.63	311.2	62.24	3.79	16.98
100x100x6.5	100	100	6.5	22.86	320.6	64.12	3.75	17.94
100x100x7	100	100	7	24.36	336.7	67.33	3.72	19.12
100x100x7.5	100	100	7.5	25.82	351.6	70.32	3.69	20.27
100x100x8	100	100	8	27.24	365.4	73.09	3.66	21.39
120x120x3	120	120	3	13.81	312.3	52.05	4.76	10.84
120x120x3.5	120	120	3.5	15.99	358.1	59.68	4.73	12.56
120x120x4	120	120	4	18.15	402.2	67.03	4.71	14.25
120x120x4.5	120	120	4.5	20.27	444.5	74.09	4.68	15.91
120x120x5	120	120	5	22.36	485.3	80.88	4.66	17.55

120x120x5.5	120	120	5.5	24.41	524.3	87.39	4.63	19.16
120x120x6	120	120	6	26.43	561.8	93.64	4.61	20.75
120x120x6.5	120	120	6.5	28.06	584.6	97.43	4.56	22.03
120x120x7	120	120	7	29.96	616.8	102.8	4.54	23.52
120x120x7.5	120	120	7.5	31.82	647.3	107.9	4.51	24.98
120x120x8	120	120	8	33.64	676.2	112.7	4.48	26.41
140x140x4	140	140	4	21.35	651.5	93.07	5.52	16.76
140x140x4.5	140	140	4.5	23.87	722.1	103.2	5.5	18.74
140x140x5	140	140	5	26.36	790.3	112.9	5.48	20.69
140x140x5.5	140	140	5.5	28.81	856.3	122.3	5.45	22.62
140x140x6	140	140	6	31.23	920	131.4	5.43	24.52
140x140x6.5	140	140	6.5	33.26	963.6	137.7	5.38	26.11
140x140x7	140	140	7	35.56	1020	145.7	5.36	27.91
140x140x7.5	140	140	7.5	37.82	1074	153.5	5.33	29.69
140x140x8	140	140	8	40.04	1126	160.8	5.3	31.43
150x150x4	150	150	4	22.95	807.7	107.7	5.93	18.01
150x150x4.5	150	150	4.5	25.67	896.1	119.5	5.91	20.15
150x150x5	150	150	5	28.36	981.8	130.9	5.88	22.26
150x150x5.5	150	150	5.5	31.01	1065	142	5.86	24.34
150x150x6	150	150	6	33.63	1145	152.7	5.84	26.4
150x150x6.5	150	150	6.5	35.86	1203	160.4	5.79	28.15
150x150x7	150	150	7	38.36	1275	170	5.77	30.11
150x150x7.5	150	150	7.5	40.82	1344	179.2	5.74	32.04
150x150x8	150	150	8	43.24	1411	188.1	5.71	33.95
160x160x4	160	160	4	24.55	987	123.4	6.34	19.27
160x160x4.5	160	160	4.5	27.47	1096	137	6.32	21.56
160x160x5	160	160	5	30.36	1202	150.3	6.29	23.83
160x160x5.5	160	160	5.5	33.21	1305	163.1	6.27	26.07
160x160x6	160	160	6	36.03	1405	175.6	6.24	28.29
160x160x6.5	160	160	6.5	38.46	1479	184.8	6.2	30.19
160x160x7	160	160	7	41.16	1569	196.1	6.17	32.31
160x160x7.5	160	160	7.5	43.82	1656	207	6.15	34.4
160x160x8	160	160	8	46.44	1740	217.5	6.12	36.46
180x180x5	180	180	5	34.36	1737	192.9	7.11	26.97
180x180x5.5	180	180	5.5	37.61	1888	209.8	7.09	29.52
180x180x6	180	180	6	40.83	2036	226.2	7.06	32.05
180x180x6.5	180	180	6.5	43.66	2150	238.9	7.02	34.27
180x180x7	180	180	7	46.76	2286	254	6.99	36.7
180x180x7.5	180	180	7.5	49.82	2417	268.6	6.97	39.11
180x180x8	180	180	8	52.84	2545	282.7	6.94	41.48
180x180x8.5	180	180	8.5	55.83	2668	296.5	6.91	43.83

180x180x9	180	180	9	58.78	2787	309.7	6.89	46.14
180x180x9.5	180	180	9.5	61.69	2903	322.6	6.86	48.43
180x180x10	180	180	10	64.57	3015	335	6.83	50.68
200x200x6	200	200	6	45.63	2832	283.2	7.88	35.82
200x200x6.5	200	200	6.5	48.86	3000	300.0	7.84	38.35
200x200x7	200	200	7	52.36	3193	319.3	7.81	41.1
200x200x7.5	200	200	7.5	55.82	3382	338.2	7.78	43.82
200x200x8	200	200	8	59.24	3565	356.5	7.76	46.51
200x200x8.5	200	200	8.5	62.63	3743	374.3	7.73	49.16
200x200x9	200	200	9	65.98	3917	391.7	7.7	51.79
200x200x9.5	200	200	9.5	69.29	4085	408.5	7.68	54.39
200x200x10	200	200	10	72.57	4249	424.9	7.65	56.96
200x200x10.5	200	200	10.5	74.86	4309	430.9	7.59	58.76
200x200x11	200	200	11	77.97	4454	445.4	7.56	61.2
200x200x11.5	200	200	11.5	81.03	4593	459.3	7.53	63.61
200x200x12	200	200	12	84.06	4727	472.7	7.5	65.99
250x250x6	250	250	6	57.63	5671	453.7	9.92	45.24
250x250x6.5	250	250	6.5	61.86	6036	482.9	9.88	48.56
250x250x7	250	250	7	66.36	6441	515.3	9.85	52.09
250x250x7.5	250	250	7.5	70.82	6838	547.1	9.83	55.59
250x250x8	250	250	8	75.24	7227	578.2	9.8	59.07
250x250x8.5	250	250	8.5	79.63	7608	608.7	9.77	62.51
250x250x9	250	250	9	83.98	7981	638.5	9.75	65.92
250x250x9.5	250	250	9.5	88.29	8346	667.7	9.72	69.31
250x250x10	250	250	10	92.57	8703	696.3	9.7	72.66
250x250x10.5	250	250	10.5	95.86	8900	712	9.64	75.25
250x250x11	250	250	11	99.97	9227	738.1	9.61	78.47
250x250x11.5	250	250	11.5	104	9545	763.6	9.58	81.67
250x250x12	250	250	12	108.1	9854	788.3	9.55	84.83
300x300x6	300	300	6	69.63	9963	664.2	11.96	54.66
300x300x6.5	300	300	6.5	74.86	10637	709.1	11.92	58.76
300x300x7	300	300	7	80.36	11370	758	11.89	63.08
300x300x7.5	300	300	7.5	85.82	12090	806	11.87	67.37
300x300x8	300	300	8	91.24	12798	853.2	11.84	71.63
300x300x8.5	300	300	8.5	96.63	13495	899.7	11.82	75.85
300x300x9	300	300	9	102	14180	945.3	11.79	80.05
300x300x9.5	300	300	9.5	107.3	14853	990.2	11.77	84.22
300x300x10	300	300	10	112.6	15515	1034	11.74	88.36
300x300x10.5	300	300	10.5	116.9	15947	1063	11.68	91.73
300x300x11	300	300	11	122	16564	1104	11.65	95.74
300x300x11.5	300	300	11.5	127	17168	1145	11.63	99.72

300x300x12	300	300	12	132.1	17761	1184	11.6	103.7
------------	-----	-----	----	-------	-------	------	------	-------

Т а б л и ц а Г.2 — Нормативные и расчетные сопротивления металла швов сварных соединений с угловыми швами

Сварочные материалы		R_{wst} , Н/мм ²	R_{wf} , Н/мм ²
тип электрода (по ГОСТ 9467)	марка проволоки		
Э42, Э42А	Св-08, Св-08А	410	180
Э46, Э46А	Св-08ГА,	450	200
Э50, Э50А	Св-08Г2С, Св-10ГА, ПП-АН-8, ПП-АН-3	490	215
Э60	Св-08Г2С*, Св-10НМА, Св-10Г2	590	240
Э70	Св-10ХГ2СМА, Св-08ХН2ГМЮ	685	280
Э85	—	835	340

* Только для швов с катетом $k_f \leq 8$ мм в конструкциях из стали с пределом текучести 440 Н/мм² и более.

Т а б л и ц а В.5 — Нормативные и расчетные сопротивления при растяжении, сжатии и изгибе листового, широкополосного универсального и фасонного проката

Сталь по ГОСТ 27772	Толщина проката*, мм	Нормативное сопротивление** проката, Н/мм ²		Расчетное сопротивление*** проката, Н/мм ²	
		R_{yn}	R_{yn}	R_y	R_y
C235	От 2 до 8	235	360	230 / 225	350 / 345
C245	» 2 » 20	245	370	240 / 235	360 / 350
	Св.20 » 30	235	370	230 / 225	360 / 350
C255	От.2 » 20	245	370	240 / 235	360 / 350
	Св.20 » 40	235	370	230 / 225	360 / 350
C285	От 2 » 10	275	390	270 / 260	380 / 370
	Св.10 » 20	265	380	260 / 250	370 / 360
C345	От 2 » 20	325	470	320 / 310	460 / 450
	Св.20 » 40	305	460	300 / 290	450 / 440
	» 40 » 80	285	450	280 / 270	440 / 430
	» 80 » 100	265	430	260 / 250	420 / 410
C345К	От 4 » 10	345	470	335 / 330	460 / 450
C375	» 2 » 20	355	490	345 / 340	480 / 465
	Св.20 » 40	335	480	325 / 320	470 / 455
C390	От 4 » 50	390	540	380 / 370	525 / 515
C440	» 4 » 30	440	590	430 / 420	575 / 560
	Св.30 » 50	410	570	400 / 390	555 / 540
C590 C590К	От 10 » 40	590	685	575 / 560	670 / 650

* За толщину фасонного проката следует принимать толщину полки.

** За нормативное сопротивление приняты гарантированные значения предела текучести и временного сопротивления, приводимые в государственных стандартах или технических условиях. В тех случаях, когда эти значения в государственных стандартах или технических условиях приведены только в одной системе единиц – (кгс/мм²), нормативные сопротивления (Н/мм²) вычислены умножением соответствующих величин на 9,81 с округлением до 5 Н/мм². По согласованию с организацией — составителем норм допускается применение значений нормативных сопротивлений, отличных от приведенных в настоящей таблице В.5.

*** Значения расчетных сопротивлений получены делением нормативных сопротивлений на коэффициенты надежности по материалу, определенные в соответствии с 3.2, с округлением до 5 Н/мм². В числителе представлены значения расчетных сопротивлений проката, поставляемого по ГОСТ 27772 (кроме стали C590К) или другой нормативной документации, в которой используется процедура контроля свойств проката по ГОСТ 27772 ($\gamma_m = 1,025$), в знаменателе – расчетное сопротивление остального проката при $\gamma_m = 1,050$.

Приложение 5

Сортамент на профили ПН

Обозначение профиля	Высота сечения Н мм.	Толщина профиля, t, мм.	Площадь сечения , fp (fc) см ²	Масса 1 м. длины кг.	Расчетные справочные величины для профилей при изгибе						
					момент инерции	момент сопротивления	момент инерции	момент сопротивления	радиус инерции	радиус инерции	
					Jx см ⁴ .	W см ³ .	Jy см ⁴ .	W см ³	rx см	ry см	z0 см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ПН-150-0,8	150	0,8	1,96(0,64)	1,55	3,76	1,07	54,2	5,72	1,38	5,26	1,66
ПН-154-0,8	154	0,8	2,0(0,64)	1,57	3,76	1,07	57,7	5,96	1,37	5,37	1,66
ПН-175-0,8	175	0,8	2,16(0,64)	1,81	3,76	1,07	79,0	7,33	1,32	6,05	1,66
ПН-179-0,8	179	0,8	2,2(0,64)	1,83	3,76	1,07	83,6	7,59	1,31	6,16	1,66
ПН-200-0,8	200	0,8	2,36(0,64)	1,97	3,76	1,07	110,0	9,09	1,26	6,83	1,66
ПН-204-0,8	204	0,8	2,4(0,64)	1,99	3,76	1,07	115,6	9,37	1,25	6,94	1,66
ПН-150-1,0	150	1,0	2,45(0,96)	1,92	4,97	1,38	71,7	7,63	1,42	5,41	1,55
ПН-154-1,0	154	1,0	2,5(0,96)	1,95	4,97	1,38	76,3	7,93	1,41	5,52	1,55
ПН-175-1,0	175	1,0	2,7(0,96)	2,21	4,97	1,38	104,0	9,7	1,36	6,21	1,55
ПН-179-1,0	179	1,0	2,75(0,96)	2,25	4,97	1,38	110,0	10,04	1,34	6,32	1,55
ПН -200-1,0	200	1,0	2,95(0,96)	2,42	4,97	1,38	144,4	12,0	1,3	7,0	1,55
ПН -204-1,0	204	1,0	3,0(0,96)	2,45	4,97	1,38	151,5	12,35	1,29	7,11	1,55
ПН-150-1,2	150	1,2	2,94(1,34)	2,39	6,24	1,68	90,5	9,72	1,46	5,55	1,43
ПН -154-1,2	154	1,2	3,0(1,34)	2,43	6,24	1,68	96,4	10,12	1,44	5,67	1,43
ПН-175-1,2	175	1,2	3,24(1,34)	2,63	6,24	1,68	130,9	12,3	1,39	6,36	1,43
ПН-179-1,2	179	1,2	3,3(1,34)	2,68	6,24	1,68	138,2	12,72	1,37	6,47	1,43
ПН-200-1,2	200	1,2	3,54(1,34)	2,88	6,24	1,68	181,1	15,11	1,33	7,15	1,43
ПН-204-1,2	204	1,2	3,6(1,34)	2,92	6,24	1,68	190,0	15,56	1,32	7,26	1,43
ПН-150-1,5	150	1,5	3,68(2,04)	2,98	8,22	2,15	121,1	13,21	1,49	5,74	1,33
ПН-154-1,5	154	1,5	3,75(2,04)	3,03	8,22	2,15	128,6	13,74	1,48	5,86	1,33
ПН-175-1,5	175	1,5	4,05(2,04)	3,28	8,22	2,15	174,3	16,58	1,42	6,56	1,33
ПН-179-1,5	179	1,5	4,13(2,04)	3,33	8,22	2,15	183,9	17,12	1,41	6,67	1,33
ПН-200-1,5	200	1,5	4,43(2,04)	3,59	8,22	2,15	240,2	20,26	1,36	7,36	1,33
ПН-204-1,5	204	1,5	4,5(2,04)	3,63	8,22	2,15	251,9	20,84	1,35	7,48	1,33
ПН-254-1,5	254	1,5	5,25(2,04)	4,21	8,22	2,15	402,5	29,4	1,25	8,75	1,33
ПН-150-2,0	150	2,0	4,9(3,52)	3,91	11,62	2,86	164,2	20,0	1,54	5,79	1,18
ПН-154-2,0	154	2,0	5,0(3,52)	3,98	11,62	2,86	174,8	21,2	1,52	5,91	1,18
ПН-175-2,0	175	2,0	5,4(3,52)	4,32	11,62	2,86	236,4	24,8	1,47	6,62	1,18
ПН-179-2,0	179	2,0	5,5(3,52)	4,38	11,62	2,86	249,4	25,6	1,45	6,73	1,18
ПН-200-2,0	200	2,0	5,9(3,52)	4,72	11,62	2,86	310,0	30,0	1,4	7,42	1,18
ПН-204-2,0	204	2,0	6,0(3,52)	4,78	11,62	2,86	322,6	30,93	1,39	7,54	1,18
ПН-254-2,0	254	2,0	7,0(3,52)	5,56	11,62	2,86	538,5	42,6	1,29	8,77	1,18

Примечания. 1.. Расчетные характеристики определены с учетом редуционных коэффициентов для сжатых граней ПРОФИЛЯ.

2. Ширина заготовки профилей определена с учетом их массы по ТУ 1121-001-13830080-2003.

3. Масса профиля в таблице определена с учетом массы цинкового покрытия 414г/м² заготовки.

Приложение 6

Т а б л и ц а 6.2 (СП 16.13330.2011)

Марка стали	Нормативный документ	Нормативное сопротивление, Н/мм ²		Расчетное сопротивление, Н/мм ²		
		R_{yn}	R_{in}	R_y	R_s	R_{lp}
220	ГОСТ Р 52246	220	300	215	125	105
250		250	330	245	140	120
280		280	360	270	155	135
320		320	390	310	180	155
350		350	420	330	190	165
ХП, ПК	ГОСТ 14918	230	300	225	130	110

Допускается применение стального тонколистового проката с алюмоцинковыми покрытиями по [1] классов не менее AZ150, AZ255.

Т а б л и ц а 5.1 (СП 260.1325800.2016)

Элемент конструкции	Коэффициент условия работы γ_c
1 Балки, прогоны из одиночных гнутых профилей С-, Z- и Σ -образных сечений	0,95
2 Колонны и стойки из спаренных профилей С- и Σ -образных сечений	0,95
3 Сжатые и внецентренно сжатые колонны и стойки из спаренных швеллеров	0,80
4 Растянутые элементы (затяжки, тяги, оттяжки и подвески) при расчете на прочность по неослабленному сечению	0,90
5 Сжатые элементы ферм из спаренных профилей С- и Σ -образных сечений	0,90
6 Прогоны несимметричного сечения	0,90
7 Сжатые тавровые элементы решетчатых конструкций из спаренных уголков с некаймленными полками при расчете на устойчивость	0,75
8 Сжатые элементы из одиночных уголков с некаймленными полками	0,7
9 Крепление связей, распорок, жестких настилов, планок, раскрепляющих сжатые пояса стержней и внецентренно сжатые стержни из плоскости действия момента	0,85
10 Устойчивость неподкрепленной стенки балок и прогонов от воздействия опорной реакции или местной нагрузки, приложенных к поясам	0,85

11 Соединения, работающие на срез, на вытяжных заклепках, самонарезающих винтах и дюбелях: -смятие листа толщиной до 0,7 мм включ. - смятие листа толщиной до 2,0 мм включ. - отрыв листа вокруг головки или пресс-шайбы - вырыв винта из листа основания	0,8 0,85 1,05 1,05
Примечание Коэффициенты $\gamma_c < 1$ в расчетах не следует учитывать совместно.	

Таблица 2 (СП 16.13330.2011)

Напряженное состояние	Расчетные сопротивления проката и труб
Растяжение, сжатие, изгиб: по пределу текучести по временному сопротивлению Сдвиг Смятие: торцевой поверхности (при наличии пригонки) местное в цилиндрических шарнирах (цапфах) при плотном касании Диаметральное сжатие катков (при свободном касании в конструкциях с ограниченной подвижностью)	$R_y = R_{yn} / \gamma_m$ $R_u = R_{un} / \gamma_m$ $R_s = 0,58R_{vn} / \gamma_m$ $R_p = R_{un} / \gamma_m$ $R_{lp} = 0,5R_{un} / \gamma_m$ $R_{ctd} = 0,025R_{un} / \gamma_m$

Значения коэффициентов надежности по материалу (γ_m) проката, гнутых профилей и труб следует принимать по таблице 3 (СП 16.13330.2011).

Таблица 3 (СП 16.13330.2011)

Государственный стандарт или технические условия на прокат и трубы	Коэффициент надежности по материалу γ_m
ГОСТ 27772 (кроме сталей С590 и С590К) и другая нормативная документация, использующая процедуру контроля свойств проката по ГОСТ 27772	1,025
Для проката с пределом текучести свыше 380 Н/мм ² по ГОСТ 19281, для труб по ГОСТ 8731	1,100
Для остального проката и труб, соответствующих требованиям настоящих норм	1,050
Для проката и труб, поставляемых по зарубежной нормативной документации	1,100

Таблица 5 (СП 16.13330.2011)

Напряженное состояние	Условное обозначение	Расчетные сопротивления одноболтовых соединений					смятию соединяемых элементов
		срез и растяжению болтов классов прочности					
		5,6	5,8	8,8	10,9	12,9	
Срез	R_{bs}	$0,42R_{bun}$	$0,41R_{bun}$	$0,40R_{bun}$		$0,35R_{bun}$	-
Растяжение	R_{bt}	$0,45 R_{bun}$	-	$0,54R_{bun}$		-	-
Смятие: болты класса точности А	R_{bp}^*	-					$1,60R_u$
болты класса точности В		-					$1,35R_u$

** R_{bp} следует определять для соединяемых элементов из стали с пределом текучести до 440 Н/мм².*

Таблица 41 (СП 16.13330.2011)

Характеристика		Предел текучести R_{yn} стали соединяемых элементов, Н/мм ²	Значения $a/d, s/d$	Значение коэффициента γ_b
болтового соединения	напряженного состояния			
Одноболтовое, болт классов точности А, В или высокопрочный	Срез	-	-	1,0
	Смятие	До 285	$1,5 \leq a/d \leq 2;$ $1,35 \leq a/d < 1,5$	$0,4a/d + 0,2$ $a/d - 0,7$
		Св. 285 до 375		$0,5a/d$ $0,67a/d - 0,25$
		Св. 375	$a/d \geq 2,5$	1,0
Многоболтовое, болты класса точности А	Срез	-	-	1,0
	Смятие	До 285	$1,5 \leq a/d \leq 2$ $2 \leq s/d \leq 2,5$	$0,4a/d + 0,2$ $0,4s/d$
		Св. 285 до 375		$0,5a/d$ $0,5s/d - 0,25$
		Св. 375	$a/d \geq 2,5$ $s/d \geq 3$	1,0 1,0

Обозначения, принятые в таблице 41:
a - расстояние вдоль усилия от края элемента до центра ближайшего отверстия;
s - расстояние вдоль усилия между центрами отверстий;
d - диаметр отверстия для болта.

Примечания:
1 Для расчета многоболтового соединения на срез и смятие при болтах класса точности В, а также при высокопрочных болтах без регулируемого натяжения при всех значениях предела текучести R_{yn} стали соединяемых элементов значения коэффициента γ_b следует умножить на 0,9.
2 Для расчета многоболтового соединения на смятие следует принимать значение γ_b меньшее из вычисленных при принятых значениях *d, a, s*.

Таблица Г.5 (СП 16.13330.2011) - Нормативные сопротивления стали болтов и расчетные сопротивления одноболтовых соединений срезу и растяжению, Н/мм²

Класс прочности болтов ГОСТ Р 52627	R_{bun}	R_{byn}	R_{bs}	R_{bt}
5,6	500	300	210	225
5,8	500	400	210	-
8,8	830	665	330	450
10,9	1040	935	415	560
12,9	1220	1100	425	-

Таблица 10.1 (СП 16.13330.2011) — Значения коэффициента α

Наименование крепежного элемента	Формулы для определения коэффициента α
Вытяжные заклепки	<p>при $t=t_1$ $\alpha = 3,6 \sqrt{t/d} \leq 2,1$; $F_b \leq \frac{R_{un} e_1 t}{1,2 \gamma_m}$</p> <p>при $t_1 \geq 2,5t$ $\alpha = 2,1$ при $t < t_1 \leq 2,5t$ α – по линейной интерполяции</p>
Самонарезающие винты	<p>при $t=t_1$ $\alpha = 3,2 \sqrt{t/d} \leq 2,1$; при $t_1 \geq 2,5t$ и $t < 1,0$ мм $\alpha = 3,2 \sqrt{t/d} \leq 2,1$; при $t_1 \geq 2,5t$ и $t \geq 1,0$ мм $\alpha = 2,1$; при $t < t_1 \leq 2,5t$ α – по линейной интерполяции</p>
Дюбели	$\alpha = 3,2 \sqrt{t/d} \leq 2,1$
Болты	<p>при $0,75 \leq t \leq 1,25$ мм при $t > 1,25$ мм $\alpha = 1,33$</p>

Таблица 10.2 (СП 16.13330.2011) - Минимальные допустимые расстояния между метизами и от их осей до краев соединяемых

ЭЛЕМЕНТОВ

В миллиметрах

Размер по рисунку 10.1	Тип метиза			
	Заклепка $2,6 \leq d \leq 6,4$	Винт самонарезающий $3,0 \leq d \leq 8,0$	Дюбель $2,6 \leq d \leq 6,4$	Болт (минимальный размер М6*)
e_1	$1,5d_0$	$3,0d_0$	$4,5d_0$	$2,0d_0$
e_2	$1,5d_0$	$1,5d_0$	$4,5d_0$	$1,5d_0$
P_1	$3,0d_0$	$3,0d_0$	$4,5d_0$	$2,5d_0$
P_2	$3,0d_0$	$3,0d_0$	$4,5d_0$	$2,5d_0$

* По ГОСТ Р ИСО 8765.

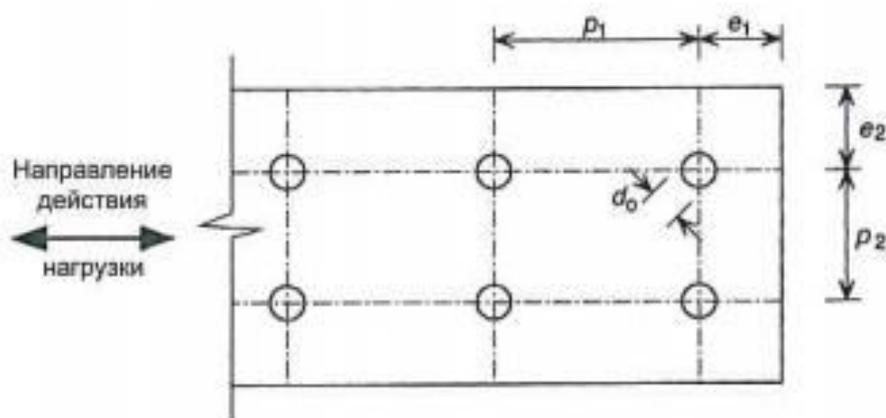


Рисунок 10.1 – Расположение метизов в соединениях

Справочные материалы

Шурупы с потайной головкой по DIN 7504

Наружный диаметр, мм	3,5	3,9	4,2	4,8	5,5	6,3
Внутренний диаметр, мм	2,5	2,9	3,2	3,9	4,6	5,5

Винты самонарезающие с шестигранной головкой и сверлом (DIN 7504-K)

Наружный диаметр, мм	3,8	4,2	4,8	5,0	5,5	6,3
Внутренний диаметр, мм	2,8	3,2	3,9	4,1	4,6	5,5

Заклепки вытяжные комбинированные

Диаметр заклепки, мм	2,4	3,0	3,2	4,0	4,8	5,0	6,0	6,4
Диаметр отверстия под заклепку, мм	2,5	3,1	3,3	4,1	4,9	5,1	6,1	6,5

Болты по ГОСТ 1759.0-87

Номинальный диаметр резьбы, d, мм	4	5	6	7	8	10	12	14	16
Шаг резьбы P, мм	0,7	0,8	1	1	1,25	1,5	1,75	2	2
Номинальная площадь поперечного сечения A _s , мм ²	8,78	14,2	20,1	28,9	36,6	58,0	84,3	115	157

Приложение 7

Справочные данные для расчета диска жесткости из стального профилированного настила.

Расчетные значения эталонной жесткости C_0 для диафрагм из профилированного настила

Таблица Б1

Обозначение профиля	Толщина, мм	Размеры эталонной панели, мм		C_0 , Н/мм	ГОСТ, ТУ
		a_0	b_0		
НС35-1000	0,7	3000	3000	900	ГОСТ 24045-94
	0,8			1300	
Н57-750	0,7	6000	3000	1300	- « -
	0,8			1900	
Н60-845	0,7	6000	3000	1200	- « -
	0,8			1800	
	0,9			2600	
Н75-750	0,8	6000	3000	1400	- « -
	0,9			2100	
Н114-750	0,8	6000	6000	500	- « -
	0,9			700	
	1,0			900	
Н114-600	0,8	6000	6000	600	- « -
	0,9			850	
	1,0			1100	

Значение коэффициентов повышения сдвиговой жесткости настила λ в зависимости от характера опирания .

Таблица Б.2

Кол-во пролетов	λ при соответствующей марке настила.									
	Н57-0.6	Н57-0.7	Н57-0.8	Н75-0.7	Н75-0.8	Н75-0.9	Н114-600-0.8	Н114-600-0.9	Н114-600-1	Н153-840-0.8-1.5
2	1.86	1.84	1.81	1.87	1.86	1.84	1.85	1.83	1.81	1.85-1.72
3	2.63	2.57	2.50	2.68	2.63	2.59	2,6	2.56	2.5	2.62-2.28
4	3.33	3.21	3.10	3.41	3.33	3.25	-	-	-	-

Несущая способность заклепок на сдвиг.

Таблица Б.3

Диаметр корпуса d_1 , мм	Предельные усилия в кгс для заклепки			
	с алюминиевым корпусом		со стальным корпусом	
	при срезе	при растяжении	при срезе	при растяже- нии
3,2	85,0	115,0	140,0	170,0
4,0	130,0	195,0	200,0	240,0
4,8	185,0	280,0	300,0	410,0
5,0	215,0	300,0	350,0	480,0
6,0	350,0	390,0	420,0	550,0
6,4	350,0	430,0	490,0	700,0