

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра металлических конструкций и испытания сооружений**

**РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ОДНОЭТАЖНОГО  
КАРКАСНОГО ЗДАНИЯ**

Методические указания к курсовой работе  
по курсу «Металлические конструкции»  
для направления подготовки 08.03.01 «Строительство»  
профиль «Проектирование зданий»

Казань, 2016

**УДК 624.014**

**Расчет и конструирование  
металлических конструкций одноэтажного  
каркасного здания**

Методические указания к курсовой работе  
по курсу «Металлические конструкции» для направления подготовки  
08.03.01 «Строительство» профиль «Проектирование зданий» -  
составители: Замалиев Ф.С., Биккинин Э.Г. – КазГАСУ, Казань - 2016,  
52 стр.

Издание дополненное и переработанное.

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

В методических указаниях рассмотрены компоновочные схемы каркаса  
одноэтажного здания, расчет и конструирование несущих элементов  
каркаса и узлов (прогонов, стальных ферм и колонн).

Рецензент

Заведующий кафедрой механики Казанского государственного  
архитектурно-строительного университета, канд. физ.-мат. наук  
В.Г. Низамеев

## Введение

Разработка студентами несущих конструкций одноэтажного каркасного здания имеет своей целью закрепить теоретические знания по соответствующему разделу курса и дать необходимые навыки в расчёте элементов металлических конструкций и конструировании сооружений из стали.

Курсовая работа состоит из следующих основных частей:

1. Основы проектирования и расчёты элементов конструкции зданий из стали. Выполняются расчёты прогона и колонны, основных узлов в составе рамы поперечника. Конструкции деталей принимаются конструктивно.
2. Графическая часть выполняется на листах формата А2 или А4 (вкладывается в пояснительную записку). В этой части составляются эскизы проектируемых конструкций, разрабатываются: монтажная схема основных несущих конструкций с маркировкой всех элементов, эскизы отправочных марок ферм, колонны, а также узлов сопряжения конструкций. Составляются таблица расхода, спецификация стали и таблица отправочных марок.

### 1. Задание на курсовую работу

Задачей курсовой работы являются расчет и проектирование несущих конструкций одноэтажного здания, поперечная рама которого представлена на рис. 1.1.

Основные геометрические параметры проектируемого здания выбираются студентом в соответствии со своим порядковым номером по данным таблиц 1.1 и 1.2. Количество шагов в продольном направлении – 7.

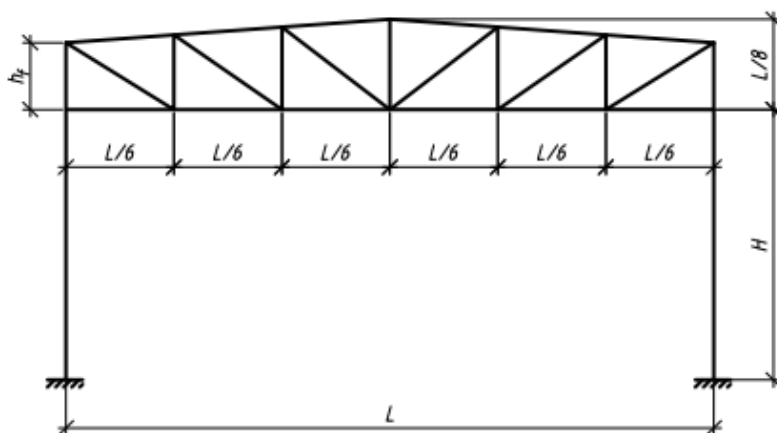


Рис.1.1. Схема поперечной рамы здания

## Код задания

Таблица 1.1

№ п/п	1 группа	2 группа	3 группа
1	111111	112121	113212
2	211122	111122	112131
3	121333	213113	111131
4	213332	121311	321212
5	113332	213122	121321
6	211321	121113	231232
7	321122	321111	113321
8	121233	211112	211312
9	321312	213313	121221
10	111211	211331	321131
11	112212	111222	211132
12	113123	112223	111231
13	322331	113131	112232
14	212232	311332	113113
15	322223	212223	321321
16	121121	321231	122113
17	322132	113312	212213
18	211213	322231	121131
19	321221	211232	212332
20	111311	322321	211223
21	112332	111323	213321
22	322313	112312	111332
23	212131	322213	112321
24	213221	313213	322213
25	121212	212121	212113
26	323113	323213	122123
27	212313	113221	213131
28	323131	212323	323221
29	322121	323121	323231
30	112113	122131	113232

## Исходные данные

Таблица 1.2

№ шифра	Пролет L, м	Шаг рам В, м, сталь	Высота колонны Н, м	Высота фермы на опоре, м	Нормативные нагрузки		Тип сече- ния
					снеговая (кг/м <sup>2</sup> )	ветровая (кг/м <sup>2</sup> )	
	1	2	3	1	4	5	6
1	15	5 С245	5	1,5	240	23	парные уголки
2	18	5,5 С255	5,5	1,8	150	30	труба квадратная
3	21	6 С235	6	2	280	38	труба круглая

## 2. Компоновка каркаса здания

При проектировании каркас здания расчленяется на две системы – поперечную и продольную, работа каждой из них под нагрузкой принимается независимой. В состав этих систем включают конструкции, работа которых является существенной и определяющей для данной системы. Все прочие конструкции, мало влияющие на работу этой системы, не рассматриваются.

В поперечную систему – раму включают только колонны и ригели покрытия. Рама образуется двумя жёстко заделанными в фундамент колоннами и ригелем – шарнирно опертой стропильной фермой (рис. 1.1)

При компоновке поперечной рамы сначала следует определить вертикальные размеры как самой рамы, так и элементов ее составляющих, привязывая размеры к уровню чистого пола.

Далее устанавливаются горизонтальные размеры с привязкой их разбивочным осям. Для невысоких зданий применяется нулевая привязка наружной грани колонны.

В продольном направлении здание при необходимости расчленяется на минимальное количество равных температурных блоков.

В продольную систему каркаса входят колонны, вертикальные связи и те из продольных элементов, которые выполняют роль связевых, обеспечивая устойчивость и неизменяемость каркаса в продольном направлении. В продольной системе колонны принимаются шарнирно опертыми на фундамент, при этом геометрическая неизменяемость обеспечивается постановкой по колоннам вертикальных связей.

Связи по верхним поясам ферм (рис. 3.2) ГС1, ГС3 устанавливаются по концам температурных блоков и когда необходимо в середине блока, где расположена вертикальная связь по колоннам.

Связи по нижним поясам стропильных ферм (рис. 3.3) состоят из горизонтальных поперечных и продольных связевых ферм. Поперечные связевые фермы по нижним поясам ставятся под поперечными связевыми фермами по верхним поясам стропильных ферм.

Вертикальные связи по колоннам ВС1 (рис. 3.4) следует располагать в средней части здания или температурного блока.

Для обеспечения пространственной жесткости устанавливается вертикальная связь ВС2 в середине блока в местах расположения ГС1- ГС4.

Для уменьшения расчетной длины нижнего пояса фермы из плоскости устанавливаются распорки Р1 в середине фермы по всей длине здания.

Узлы связевых ферм должны совпадать с узлами стропильных ферм. Коньковые узлы обязательно раскрепляются распорками. Распорки могут ставиться дополнительно, сокращая расчётную длину сжатого верхнего пояса в местах, не раскреплённых несущими конструкциями кровли.

### 3. Монтажная схема элементов здания.

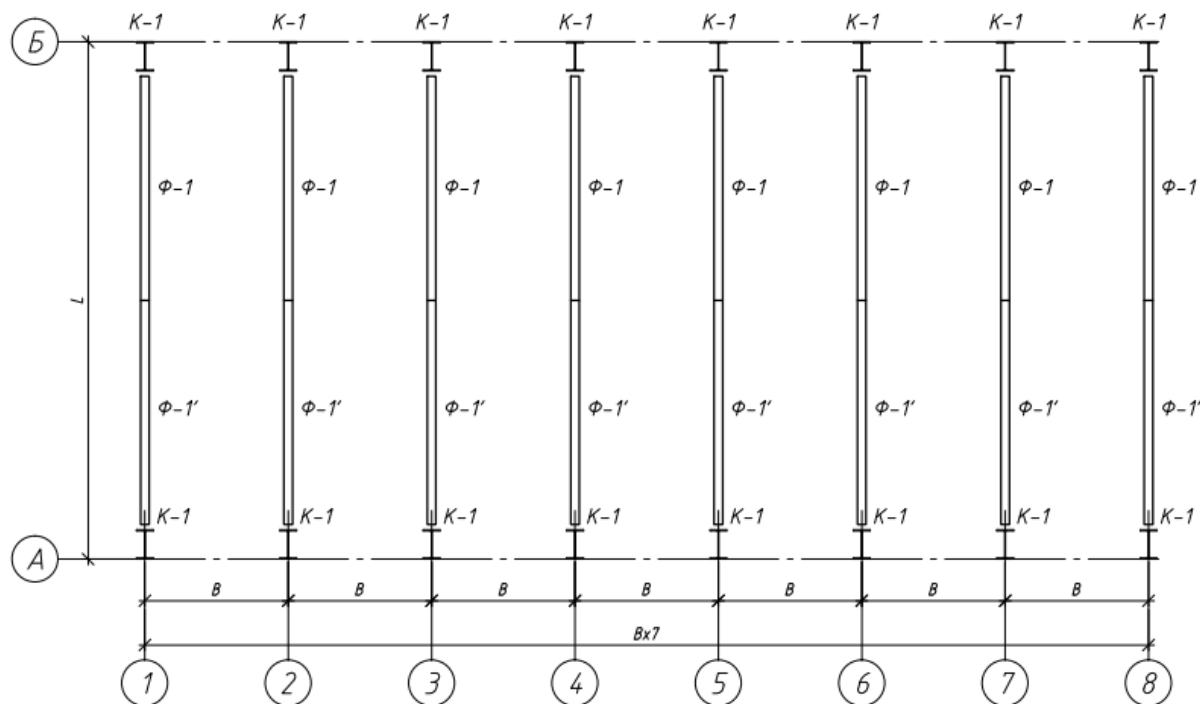


Рис. 3.1 Монтажная схема ферм и колонн

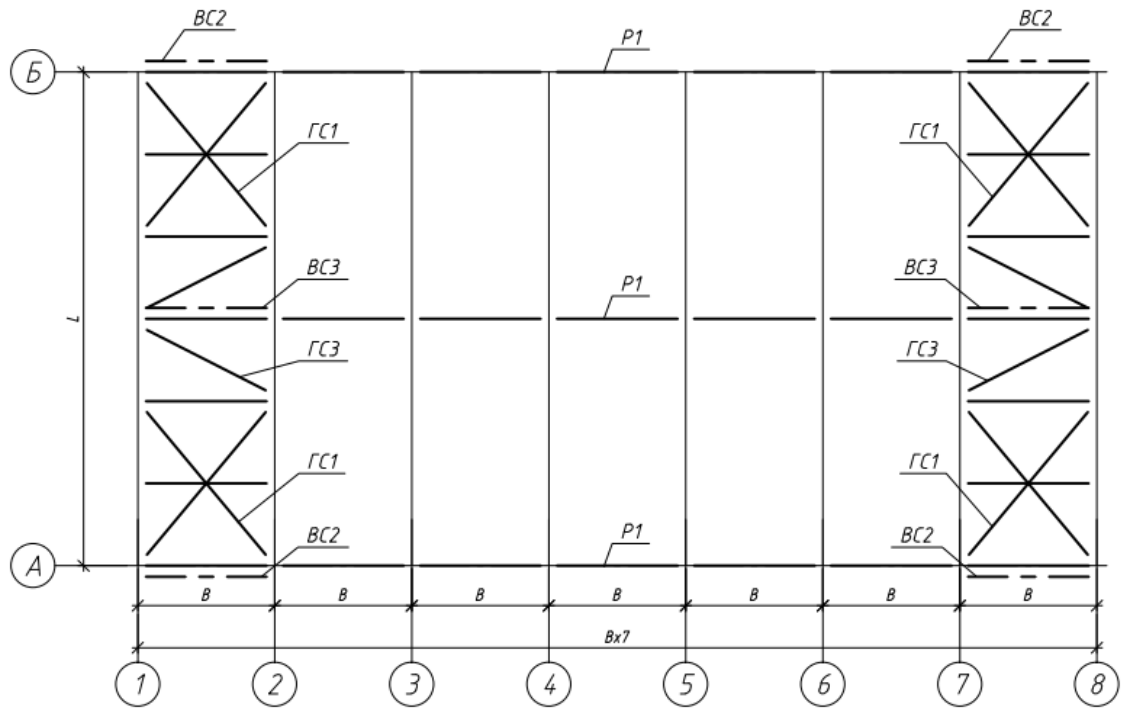


Рис. 3.2 Горизонтальные связи по верхним поясам ферм

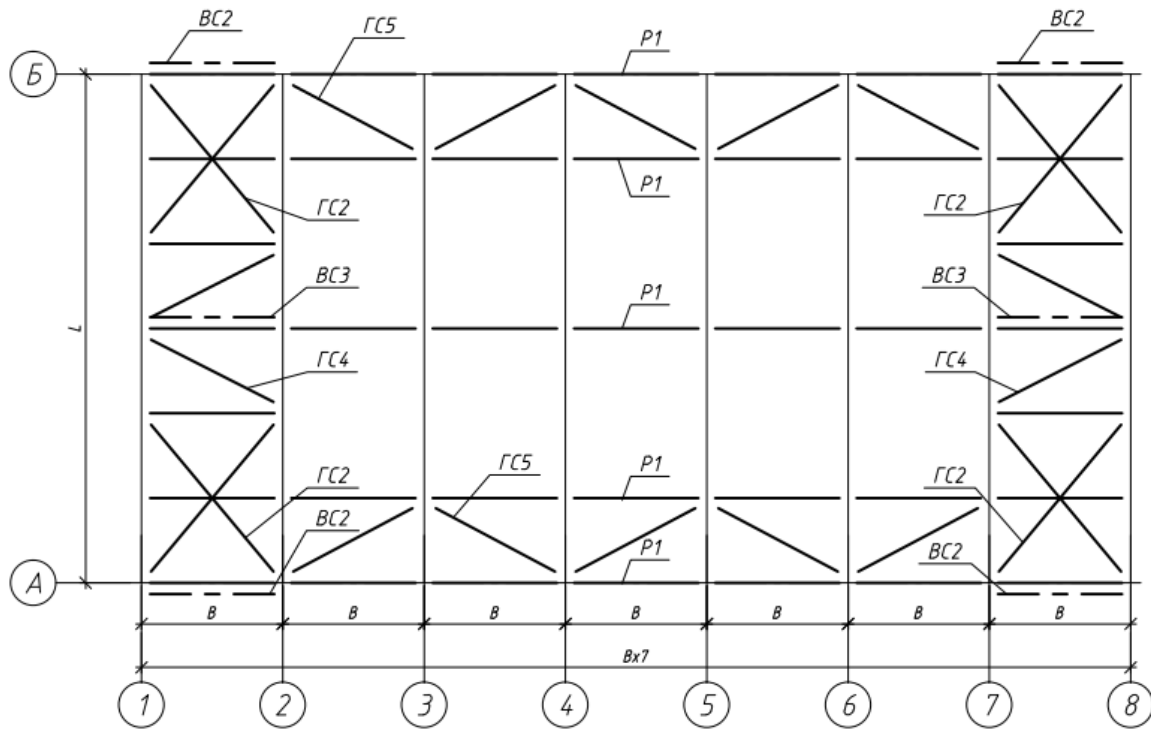


Рис. 3.3 Горизонтальные связи по нижним поясам ферм

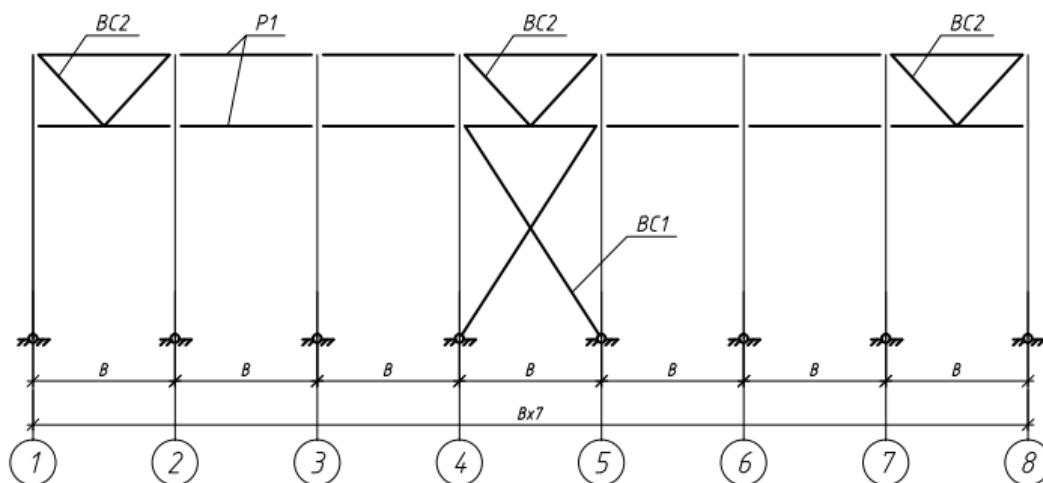


Рис. 3.4 Схема вертикальных связей

#### 4. Определение постоянной нагрузки на ригель стальной рамы

Таблица 3.1

№ п/п	Наименование нагрузки	Нормативная нагрузка $g_i^H$ , кг/м <sup>2</sup>	Коэф. Надежности по нагрузке (табл. 7.1[1]), $\gamma_{fi}$	Расчётная нагрузка, $g_i$ , кг/м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
1.	Полимерная мембрана	5	1,2	6
2.	Утеплитель Техно Руф В 60 (40мм)	7,8	1,2	9,36
3.	Утеплитель Техно Руф Н 30 (80мм)	10,4	1,2	12,48
4.	Пароизоляция из 1-го слоя пергамина	2	1,2	2,4
5.	Профнастил t=0,8мм	12,5	1,05	13,13
6.	Нагрузка от инженерного оборудования	30	1,3	39,00
7.	Связи	25÷30	1,05	31,5
8.	Прогоны			
9.	Ферма			
		$\Sigma=97,7$		$\Sigma=113,87$



## 5. Строительные нормы и правила

При проектировании стальных и других конструкций следует неукоснительно соблюдать нормы их проектирования, главные нормативные документы на которые должны опираться как проектные институты, так и отдельные проектировщики при выполнении проектных и конструкторских работ.

Нормы разрабатываются головными научно-исследовательскими и проектными организациями страны и утверждаются Минстроем (Госстроем) РФ.

Они имеют следующие обозначения:

- СП 16.13330.2011 «СНиП II-23-81\* «Стальные конструкции»
- СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07-85\* «Нагрузки воздействия»

По ним вычисляются нагрузки и воздействия на то или иное сооружение или его часть; устанавливаются механические характеристики исследуемых материалов, их расчётные сопротивления на те или другие силовые воздействия и пр.

## 6. Расчёт прогонов

В качестве прогонов в методическом указании рассмотрен прогон двух типов сечения:

- из прокатных профилей (швеллеры, двутавры).

### 6.1. Определение нагрузок и внутренних усилий в стальных прогонах

На прогоны действуют нагрузка от собственного веса покрытия и снегового покрова. Нормативная равномерно распределенная погонная нагрузка на прогон:

$$q^H = \gamma_n(g^H + s_0)L/6, \quad (6.1)$$

где  $\gamma_n$  - коэффициент надежности по ответственности принимают равным 1 в отношении зданий и сооружений нормального уровня ответственности;

$g^H$  - нормативная постоянная нагрузка от собственного веса  $1\text{ м}^2$  покрытия;

$s_0$  - нормативная снеговая нагрузка на  $1\text{ м}^2$  площади;

$L/6$  - шаг прогонов.

Расчетная равномерно распределенная погонная нагрузка на прогоны:

$$q^P = \gamma_n(g^H\gamma_{f1} + s_0\gamma_{f2})L/6, \quad (6.2)$$

здесь  $\gamma_{f1} = 1,2$  - коэффициент надежности по нагрузке для собственного веса;

$\gamma_{f2} = 1/0,7 = 1,4286$  - коэффициент надежности по нагрузке для снеговой нагрузки.

Расчётный изгибающий момент в середине прогона определяется по формуле:

$$M = \frac{q^p \cdot B^2}{8} \quad (6.3)$$

Расчетная поперечная сила на опоре

$$Q = \frac{q^p \cdot B}{2} \quad (6.4)$$

## 6.2. Подбор сечения металлических прогонов

Подбор сечения начинается с определения требуемого момента сопротивления по формуле:

$$W_{mp} = \frac{M}{R_y \cdot \gamma_c}, \quad (6.5)$$

здесь  $R_y$  - расчётное сопротивление стали по табл. В.5 [2];

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы по табл.1 [2].

Далее по сортаменту прокатных профилей находится номер профиля с моментом сопротивления, равным или больше требуемого.

Прочность подобранного сечения прогонов при малоуклонной кровле ( $i \leq 2,5^\circ$ ) [4] проверяется по формуле

$$\sigma = \frac{M}{W_n} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad (6.6)$$

где  $W_n$  - момент сопротивления сечения нетто.

Проверку прочности прогона на касательные напряжения проверяют в опорном сечении по формуле

$$\tau = \frac{Q \cdot S}{I \cdot t_w} \leq R_s \cdot \gamma_c, \quad (6.7)$$

где  $S$  - статический момент;

$I$  - момент инерции сечения;

$t_w$  - толщина стенки балки;

$R_s = 0,58 \cdot R_y$  - расчётное сопротивление стали на срез.

Делается проверка жесткости балок по формуле

$$f = \frac{5 \cdot q^n \cdot B^4}{384 \cdot E \cdot I} \leq [f], \quad (6.8)$$

где  $[f] = B / 200$  - предельный прогиб;

$E = 2,1 \cdot 10^6$  кг/см<sup>2</sup> - модуль упругости стали.

При кровле с большим уклоном ( $i > 2,5^0$ ) прогоны, расположенные на скате, работают на изгиб в двух плоскостях (косой изгиб). Вертикальную нагрузку  $q$  разлагают на составляющие  $q_x$  и  $q_y$ , зависящие от угла наклона ската кровли  $i$   $q_x = q \cos i$ ;  $q_y = q \sin i$  (6.9)

Прочность прогона проверяется по формуле:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{q_x l_x^2}{8W_x} + \frac{q_y l_y^2}{8W_y} \leq R_y \gamma_c \quad (6.10)$$

Жесткость прогона при учете косоугольного изгиба можно определять по формуле

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq [f] \quad (6.11)$$

Однако, учитывая крепление прогонов вдоль ската кровельным настилом, прогиб прогонов от нормативной нагрузки проверяют только в плоскости, нормальной к скату [4].

## 7. Расчёт фермы

Ригель (стропильная ферма) является основным элементом поперечной рамы, который воспринимает нагрузку от покрытия и передает их на вертикальные несущие конструкции. В качестве ригеля рамы применена стальная ферма. Высота фермы принимается равной  $L/8$ .

### 7.1. Определение нагрузок и расчётных усилий

На ферму действует нагрузка от собственного веса покрытия, нагрузка от подвесного оборудования (если оно есть) и нагрузка от снегового покрова. Все нагрузки прикладываются на узлы верхнего пояса. Расчетная схема фермы представлена на рис. 7.1

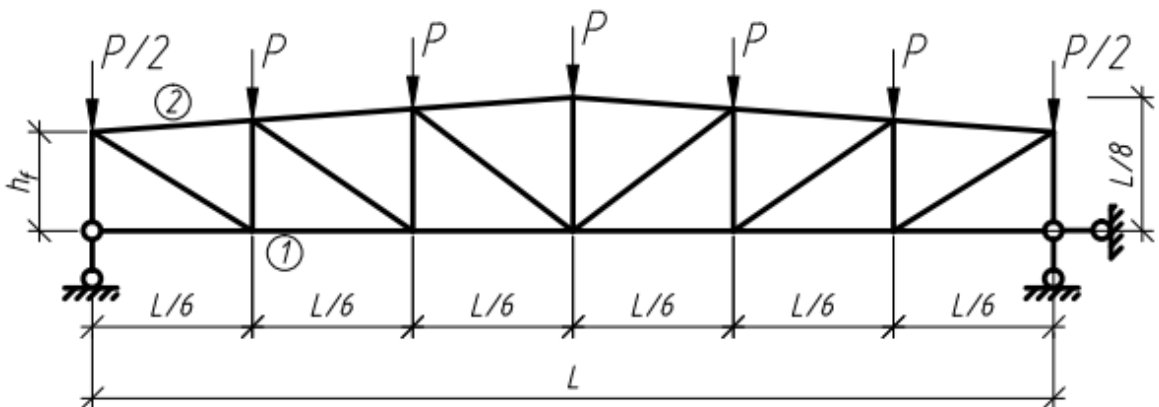


Рис. 7.1 Расчетная схема фермы

Расчетная сосредоточенная нагрузка на узлы верхнего пояса:

$$P = \gamma_n (g^H \gamma_{f1} + s_0 \gamma_{f2}) BL / 6 + P_k \gamma_{f3}, \quad (7.1)$$

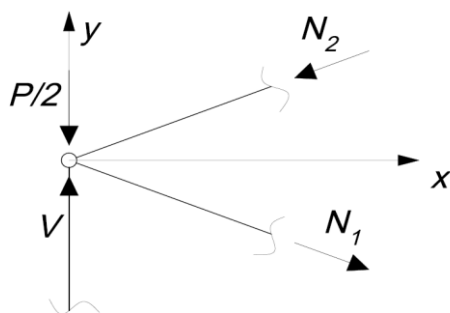
где  $P_k$  - нормативная нагрузка от подвешного оборудования (если оно есть) на узел верхнего пояса;

$\gamma_{f3} = 1,1$  - коэффициент надежности по нагрузке для подвешного оборудования.

Расчётные усилия в стержнях фермы определяем методом вырезания узлов. Для этого определяем опорные реакции

$$V = 2 \cdot P$$

Например, чтобы определить усилия в элементах 1 и 2 (рис. 7.1), вырезаем узел 1 и составляем сумму проекций усилий на оси X и Y:



$$\begin{aligned} \sum X &= N_1 \cos \beta - N_2 \cdot \cos \alpha = 0, \\ \sum Y &= -N_1 \cdot \sin \beta - N_2 \cdot \sin \alpha - P/2 + V = 0. \end{aligned}$$

Из двух уравнений определяем два неизвестных  $N_1$  и  $N_2$ .

Таким же образом определяем усилия в остальных элементах фермы, поставив найденные усилия как нагрузки.

## 7.2 Подбор сечения элементов стальной фермы

В рамках курсового проекта сечения элементов стальной фермы конструируются из парных равнобоких уголков, из гнутых замкнутых сварных прямоугольных профилей или из труб.

### 7.2.1 Подбор сечения растянутых элементов

Определяется требуемая площадь сечения растянутого элемента по формуле:

$$A_{mp} = \frac{N}{R_y \cdot \gamma_c}, \quad (7.2)$$

где  $N$  - расчётное продольное усилие в элементе.

Далее в зависимости от  $A_{mp}$  по сортаменту на равнополочные уголки выбирается сечение из двух уголков, площадь которых несколько больше, чем  $A_{mp}$ .

### 7.2.2 Подбор сечения сжатых элементов

Сначала определяется расчётная длина в плоскости фермы. В рамках курсового проекта расчётные длины принимаются равными геометрическим длинам элементов.

Предварительно задаются гибкостью  $\lambda_1 = 60 \div 90$  и определяют коэффициент продольного изгиба  $\varphi$  согласно п.7.1.3 [2].

Требуемая площадь сечения сжатого элемента определяются по формуле:

$$A_{mp} = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c}, \quad (7.3)$$

По сортаменту на равнополочные уголки выбирается сечение из двух уголков, площадь которых приблизительно равна  $A_{mp}$ , и выписывается радиус  $i_x$ .

Определяется гибкость элемента по формуле:

$$\lambda_{\max} = l_p / i_x; \quad \lambda_x = l_x / i_x; \quad \lambda_y = l_y / i_y. \quad (7.4)$$

Если разница полученной и предыдущей гибкости не более 5%, то производится проверка устойчивости по формуле

$$\frac{N}{\varphi \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad (7.5)$$

где  $\varphi$  - коэффициент продольного изгиба, соответствующий определенной гибкости;

$A$  - площадь сечения по сортаменту.

Если разница больше 5%, то назначается новое значение гибкости по формуле

$$\lambda_2 = \frac{\lambda_1 + \lambda_{\max}}{2}, \quad (7.6)$$

и расчёт повторяется.

### 7.2.3 Конструкция узлов и их расчет

При конструировании узлов следует соблюдать центровку осей стержней, соединяемых в узле, т.е. оси стержней ферм должны пересекаться в одной точке. Размеры фасонки определяются при построении и вычерчивании узла. Конструкции узлов зависят от

принятого профиля стержней. На рис. 7.1-7.3 приводятся некоторые возможные варианты узловых решений для ферм из парных уголков, варианты узловых решений для ферм из круглых и прямоугольных труб.

### Расчет узлов стропильной фермы из парных уголков

Для обеспечения совместной работы двух уголков, из которых состоит сечение стержневого элемента, между ними устанавливают соединительные прокладки шагом  $40i$  для сжатых и  $80i$  для растянутых элементов ( $i$  – радиус инерции) согласно требованиям пункта 7.2.6 [1].

Усилие, действующее на один уголок:

$$N_1 = N / 2 \quad (7.7)$$

Требуемые длины сварных швов определяются формулами:

- по металлу шва

$$l_{wf}^{пер} = \frac{N_1 \cdot \frac{z_0}{b}}{2\beta_f k_f^{пер} R_{wf} \gamma_c} + 1 \text{ см} \quad (7.8)$$

$$l_{wf}^{об} = \frac{N_1 \cdot \frac{b - z_0}{b}}{2\beta_f k_f^{об} R_{wf} \gamma_c} + 1 \text{ см} \quad (7.9)$$

- по металлу границы сплавления

$$l_{wz}^{пер} = \frac{N_1 \cdot \frac{z_0}{b}}{2\beta_z k_f^{пер} R_{wz} \gamma_c} + 1 \text{ см} \quad (7.10)$$

$$l_{wz}^{об} = \frac{N_1 \cdot \frac{b - z_0}{b}}{2\beta_z k_f^{об} R_{wz} \gamma_c} + 1 \text{ см} \quad (7.11)$$

Здесь:  $b$  – ширина нахлестываемой на листовую фасонку полки уголка;  $z_0$  – расстояние от обушка до центра тяжести уголка в направлении параллельном листовой фасонке;  $\beta_f$  и  $\beta_z$  – коэффициенты, характеризующие глубину проплавления и определяемые в соответствии с требованиями п. 14.1.16 и таблицы 39 [2].  $R_{wf}$  и  $R_{wz}$  – расчетные сопротивления сварного углового шва по металлу шва и металлу границы сплавления соответственно, принимаемые по указаниям таблиц 4, Г1, Г2 [2].

При назначении катетов сварных швов  $k_f^{пер}$  и  $k_f^{об}$  учитывать следующее:

- количество типоразмеров катетов сварных швов – не более 3-х на всю ферму;

- минимальный катет шва – 4мм, но не менее значений, указанных в таблице 38 [2];
- максимальный катет углового шва  $k_f$  не должен превышать  $1.2t$ , где  $t$  - наименьшая из толщин свариваемых элементов, а катет шва, наложенного на закругленную кромку фасонного проката толщиной  $t$ , не должен превышать  $0,9t$ ;

Для уменьшения влияния изменений температуры рабочей среды на работу фасонки, концы стержней решетки не доводят до пояса на расстояние  $a$  (величина см. п. 15.2.3 [2]).

Сплошные сварные швы, присоединяющие поясные уголки к листовой фасонке, рассчитываются на восприятие сдвигающего усилия, равного сумме проекций усилий в раскосах на ось пояса.

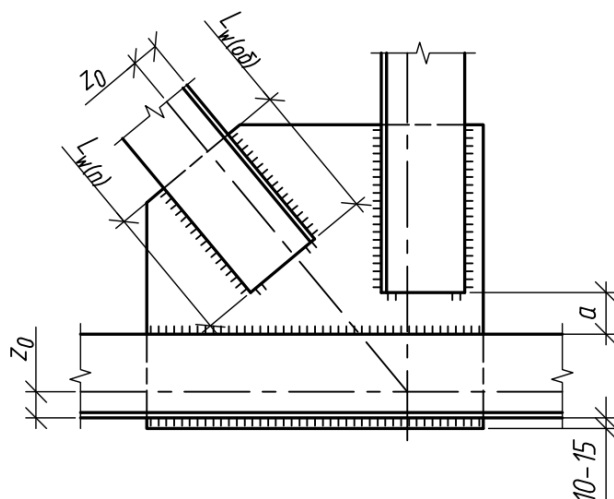


Рис. 7.1 Рядовой узел фермы из парных уголков

### Расчет узлов стропильной фермы из гнутосварных профилей

Безфасоночные узлы ферм, состоящие из пояса и примыкающих к нему элементов решетки, следует проверять:

- на продавливание (вырывание) участка стенки пояса, контактирующей с элементом решетки;
- несущую способность участка боковой стенки пояса, контактирующей с элементом решетки;
- несущую способность элемента решетки в зоне примыкания к поясу;
- прочность сварных швов прикрепления элемента решетки к поясу.

Прочность на продавливание (вырывание).

7а) В случае одностороннего примыкания к поясу двух или более элементов решетки с усилиями разных знаков (см. рисунок 7.2, а, б), а также одного элемента в опорных узлах (см. рисунок 7.2, в) при  $d/D \leq 0,9$  и  $g/b \leq 0,25$  несущую способность стенки пояса следует проверять для каждого примыкающего элемента по формуле:

$$\left(N + \frac{1,5M}{d_b}\right) \frac{\left(0,4 + \frac{1,8g}{b}\right) f \sin \alpha}{\gamma_c \gamma_d \gamma_D R_y t^2 (b + g + \sqrt{2Df})} \leq 1, \quad (7.12)$$

где  $N$  – усилие в примыкающем элементе;

$M$  – изгибающий момент от основного воздействия в примыкающем элементе в плоскости узла в сечении, совпадающем с примыкающей полкой пояса (момент от жесткости узлов допускается не учитывать);

$\gamma_d$  – коэффициент влияния знака усилия в примыкающем элементе, принимаемый равным 1,2 при растяжении и 1,0 – в остальных случаях;

$\gamma_D$  – коэффициент влияния продольной силы в поясе, определяемый при сжатии в поясе,

если

$|F| / (AR_y) > 0,5$ , по формуле

$$\gamma_D = 1,5 - |F| / (AR_y),$$

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;

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

$F$  – продольная сила в поясе со стороны растянутого элемента (решетки);

7б) Несущую способность стенки пояса в Y-образных узлах (см. рисунок 7.2, г), а также в узлах, указанных в 7а, при  $g/b > 0,25$  следует проверять по формуле

$$\frac{(N + 1,7M/d_b) f \sin \alpha}{\gamma_c \gamma_d \gamma_D R_y t^2 (b + \sqrt{2Df})} \leq 1. \quad (7.13)$$

7в) Несущую способность боковой стенки в плоскости узла в месте примыкания сжатого элемента при  $d/D > 0,85$  следует проверять по формуле

$$\frac{N \sin^2 \alpha}{2\gamma_c \gamma_t k R_y t d_b} \leq 1, \quad (7.14)$$



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

$k$  – коэффициент, принимаемый равным

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

#### Прочность элемента решетки.

7г) Несущую способность элемента решетки вблизи примыкания к поясу следует проверять:

- в узлах, указанных в 7а по формуле

$$\frac{(N + 0,5M/d_b)(1,4 + 0,018D/t)\sin\alpha}{\gamma_c \gamma_a k R_{yd} A_d} \leq 1, \quad (7.15)$$

где  $k$  следует определять, как в 7в, но с заменой характеристик пояса на характеристики элемента решетки:  $D_b$  на большее из значений  $d$  или  $d_b$  на  $t_d$  и  $R_y$  на  $R_{yd}$ .

Для элемента решетки неквадратного сечения в левую часть формулы (7.15) следует вводить множитель  $\frac{3(1+d/d_b)}{2(2+d/d_b)}$ ;

В узлах указанных в 7б по формуле

$$\left(N + \frac{0,5M}{d_b}\right) \frac{[1 + 0,01(3 + 5d/D - 0,1d_b/t_d)D/t]\sin\alpha}{\gamma_c \gamma_a k R_{yd} A_d} \leq 1, \quad (7.16)$$

Выражения в круглых скобках формулы (7.16) не должно быть менее 0. Для элементов решетки неквадратного сечения в левую часть формулы (7.16) следует вводить множитель  $(1+d/d_b)/2$ .

#### Несущая способность сварных швов.

7д) Прочность сварных швов, прикрепляющих элементы решетки к поясу, следует проверять:

а) в узлах, указанных в 7а по формуле

$$\left(N + \frac{0,5M}{d_b}\right) \frac{[1,06 + 0,014D/t]\sin\alpha}{\beta_f k_f \gamma_c R_{wf} \left(\frac{2d_b}{\sin\alpha} + d\right)} \leq 1, \quad (7.17)$$

б) в узлах, указанных в 7б по формуле

$$\left(N + \frac{0,5M}{d_b}\right) \frac{[1 + 0,01(3 + 5d/D - 0,1d_b/t_d)D/t]\sin\alpha}{4\beta_f k_f d_b \gamma_c R_{wf}} \leq 1, \quad (7.18)$$

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

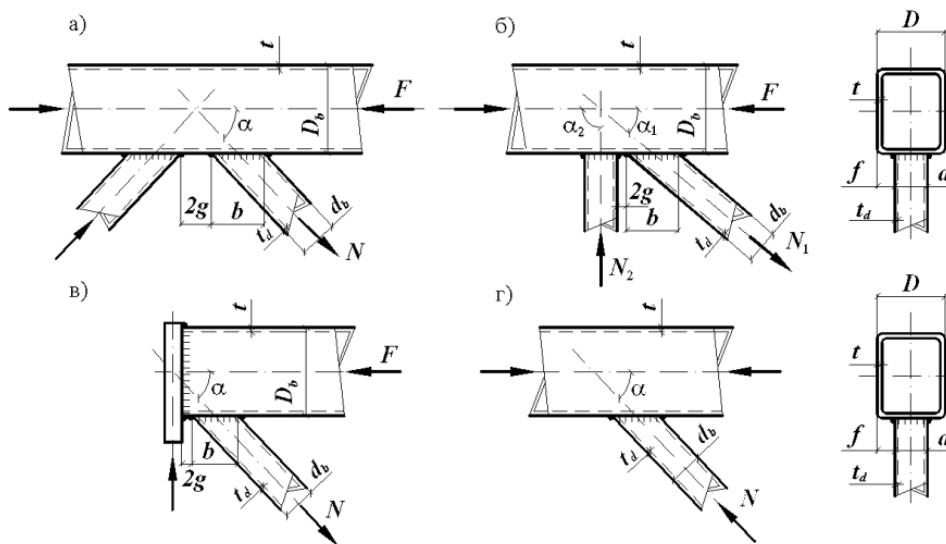


Рис. 7.2 Узлы ферм из гнутосварных профилей  
*a* – К-образный при треугольной решетке; *б* – то же, при раскосной  
 решетки; *в* – опорный; *г* – У-образный

### I. Пример расчета прочности узла фермы из гнутосварных профилей

#### Исходные данные:

Материалы: Сталь марки С345.

Заводские сварные соединения выполнены полуавтоматической сваркой по ГОСТ 14771-76\* в углекислом газе сварочной проволокой Св-08Г2С (ГОСТ 2246-70\*) диаметром не менее 1,4 мм.

Расчетные усилия в элементах ферм получены в результате статического расчета пространственного каркаса.

Расчет бесфасоночного узла фермы, состоящий из пояса и примыкающих к нему элементов решетки, производим согласно выше приведенной методике.

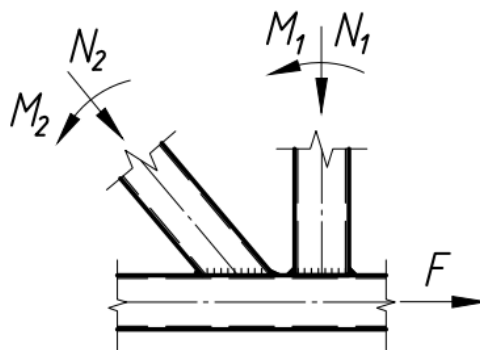


Рис. 7.3 Для расчета бесфасоночных узлов ферм из ГСП

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

Согласно статическому расчету усилия, возникающие в стержне опорного раскоса равны:

$$N_1 = 39.1\text{т};$$

$$M_1 = 3.39\text{т} \cdot \text{м};$$

- проверка условия необходимости проверки:

$$\left(\frac{d}{D}\right) = 1 > 0.85$$

- определение коэффициента  $k$ :

$$\left(4\left(\frac{t}{D_b}\right)^2 - \frac{R_y}{E}\right) = \left(4\left(\frac{1}{18}\right)^2 - \frac{3261}{2.1 \cdot 10^6}\right) = 0.01 > 6 \cdot 10^{-4}, \text{ тогда } k = 1;$$

- определение коэффициента  $\gamma_t$ :

$$\frac{D_b}{t} = \frac{18}{1} = 18 < 25, \text{ тогда } \gamma_t = 1;$$

- проверку производим по формуле 7.14:

$$\frac{39100 \cdot \sin^2 63}{2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3261 \cdot 1 \cdot 18} = 0.27 \leq 1$$

т.е. прочность боковой стенки в плоскости узла в месте примыкания сжатого опорного раскоса обеспечена.

1.2. Проверка несущей способности элемента решетки вблизи примыкания к поясу

- определение коэффициента  $k$ :

$$\left(4\left(\frac{t_d}{d}\right)^2 - \frac{R_y}{E}\right) = \left(4\left(\frac{7}{180}\right)^2 - \frac{3261}{2.1 \cdot 10^6}\right) = 0.0045 > 6 \cdot 10^{-4}, \text{ тогда } k = 1;$$

- проверку производим по формуле 7.15:

$$\frac{(39100 + 0,5 \cdot 339000/18)(1,4 + 0,018 \cdot 18/1) \sin 63}{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3261 \cdot 46,76} = 0,49 \leq 1,$$

т.е. прочность элемента решетки вблизи примыкания к поясу обеспечена.

1.3. Проверка несущей способности сварных швов, прикрепляющих опорный раскос к поясу

- проверку производим по формуле 7.17:

$$\left(39100 + \frac{0,5 \cdot 339000}{18}\right) \frac{(1,06 + 0,014 \cdot 18/1) \sin 63}{0,9 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 2150(2 \cdot 18/\sin 63 + 18)} = 0,75 \leq 1,0$$

т.е. прочность сварного шва сжатого элемента в узле крепления к поясу обеспечена.

2.1. Проверка несущей способности боковой стенки в плоскости узла в месте примыкания сжатой опорной стойки

Согласно статическому расчету усилия, возникающие в стержне опорной стойки равны:

$$N_2 = 10.89\text{т};$$

$$M_2 = 2.75\text{т} \cdot \text{м};$$

- проверка условия необходимости проверки:

$$\left(\frac{d}{D}\right) = 1 > 0.85$$

- определение коэффициента  $k$ :

$$\left(4\left(\frac{t}{D_b}\right)^2 - \frac{R_y}{E}\right) = \left(4\left(\frac{10}{180}\right)^2 - \frac{3261}{2.1 \cdot 10^6}\right) = 0.01 > 6 \cdot 10^{-4}, \text{ тогда } k = 1;$$

- определение коэффициента  $\gamma_t$ :

$$\frac{D_b}{t} = \frac{18}{1} = 18 < 25, \text{ тогда } \gamma_t = 1;$$

- проверку производим по формуле 7.14:

$$\frac{10890 \cdot \sin^2 90}{2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3261 \cdot 1 \cdot 18} = 0.1 \leq 1$$

т.е. прочность боковой стенки в плоскости узла в месте примыкания сжатой опорной стойки обеспечена.

2.2. Проверка несущей способности опорной стойки вблизи примыкания к поясу

- определение коэффициента  $k$ :

$$\left(4\left(\frac{t_d}{d}\right)^2 - \frac{R_y}{E}\right) = \left(4\left(\frac{7}{180}\right)^2 - \frac{3261}{2.1 \cdot 10^6}\right) = 0.0045 > 6 \cdot 10^{-4}, \text{ тогда } k = 1;$$

- проверку производим по формуле 7.15:

$$\frac{(10890 + 0,5 \cdot 275000/18)(1,4 + 0,018 \cdot 18/1) \sin 90}{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3261 \cdot 46,76} = 0,21 \leq 1$$

т.е. прочность опорной стойки вблизи примыкания к поясу обеспечена.

2.3. Проверка несущей способности сварных швов, прикрепляющих опорную стойку к поясу

- проверку производим по формуле 7.17:

$$\left(10890 + \frac{0,5 \cdot 275000}{18}\right) \frac{(1,06 + 0,014 \cdot 18/1) \sin 90}{0,9 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 2150(2 \cdot 18/\sin 90 + 18)} = 0,39 \leq 1,0$$

т.е. прочность сварного шва сжатой стойки в узле крепления к поясу обеспечена.

## Расчет узлов стропильной фермы из круглых труб

В случае примыкания к поясу  $n$  элементов решетки (см. рисунок 7.3, а, б), а также одного элемента в опорных узлах (см. рисунок 7.3, в) несущую способность стенки пояса следует проверять для каждого примыкающего элемента по формулам:

$$\frac{|\sum_{i=1}^n \varepsilon_{ij} \mu_i N_i \sin \alpha_i / \psi_i|}{\gamma_{Dj} \gamma_{rj} S} \leq 1; \quad j = 1, \dots, n; \quad (7.19)$$

$$\frac{|N_j| \sin \alpha_j}{\psi_i 2S} \leq 1, \quad (7.20)$$

где  $i$  – номер примыкающего элемента;

$j$  – номер рассматриваемого примыкающего элемента;

$N_i, N_j$  – усилие в примыкающем элементе, принимаемое с учетом знака («плюс» при растяжении, «минус» при сжатии);

$\mu_i$  – коэффициент, при  $i=j$  определяемый по формуле

$$\mu_i = \frac{\gamma_{aj}}{\gamma_{zj}} + \frac{1,7M_j}{N_j l_{zj} \sin \alpha_j};$$

при  $i \neq j$   $\mu_i = 1$ .

Здесь  $\gamma_{aj}$  – коэффициент влияния знака усилия в рассматриваемом примыкающем элементе, принимаемый равным 0,8 при растяжении и 1 – в остальных случаях;

$l_{zj}$  – длина участка примыкания рассматриваемого элемента (для трубчатых элементов)  $l_{zj} = d_j / \sin \alpha_j$ );

$\gamma_{zj}$  – коэффициент влияния длины примыкания рассматриваемого элемента, для нецилиндрических примыканий определяемый по формуле

$$\gamma_{zj} = 1 + \frac{l_{zj} - b_j}{2(2D - b_j)};$$

для цилиндрических примыканий (труб)  $\gamma_{zj} = 1$ ;

$b_i$  или  $b_j$  – ширина примыкающего элемента ( для трубчатого элемента  $b_i = d_i$  или  $b_j = d_j$ );

$S$  – характеристика несущей способности пояса, определяемая по формуле

$$S = 13(1 + 0,02\delta)t^2 R_y \gamma_c; \quad (7.21)$$

здесь  $\delta = D/t$  – тонкостенность пояса;

$\gamma_{Dj}$  – коэффициент влияния продольной силы в поясе, определяемый при сжатии в поясе по формуле

$$\gamma_{Dj} = 1 - 0,5(F_j/AR_y)^2,$$

в остальных случаях  $\gamma_{Dj} = 1$ ;

здесь  $F_j$  – продольная сила в поясе со стороны растянутого элемента решетки;

$\gamma_{rj}$  – коэффициент влияния подкрепления стенки пояса в узле поперечными ребрами, диафрагмами и т.п., принимаемый равным 1,25 при расположении подкрепляющего ребра в пределах участка рассматриваемого примыкания и 1 – в остальных случаях;

$\varepsilon_{ij}$  – коэффициент влияния расположения каждого из смежных примыкающих элементов по отношению к рассматриваемому (j-му), определяемый по таблице Л.1[2];

при  $i=j$   $\varepsilon_{ij} = 1$ ;

$$\psi_i = \arcsin \beta_{wi},$$

при  $\beta_i \leq 0,7$  допускается принимать  $\psi_i = 1,05\beta_i$  ( $\beta_i$  см. таблицу Л.1 [2]),

при  $\beta_i > 0,7$

$$\psi_i = 1,05\beta_i(1 + 0,15\beta_i^8),$$

$$\beta_{wi} = b_{wi}/D;$$

$b_{wi}$  – ширина охвата пояса примыкающим элементом между кромками сварного шва (при  $\beta_i \leq 0,7$  допускается принимать  $\beta_{wi} = \beta_i$ , при  $\beta_i > 0,7$   $\beta_{wi} = b_i - t_{di}$ ).

Несущую способность стенки трубчатых элементов решетки вблизи примыкания к поясу следует проверять по формуле

$$\frac{N(1 + \chi\delta)}{\gamma_c \gamma_a \gamma_{cd} R_{yd} A_d} \leq 1, \quad (7.22)$$

где  $\chi$  коэффициент, принимаемый равным: 0,008 - для раскосов в К-образных узлах, при расчете примыканий которых значение коэффициента  $\zeta$  определяемого по таблице Л.1[2], составляет менее 0,85; 0,015 - в остальных случаях;

$\gamma_{cd}$  – коэффициент условий работы, принимаемый равным: 0,85 - для элементов, пересекающихся в узле с двумя другими элементами, имеющими разные знаки усилий;

1 - в остальных случаях.

При подкреплении стенки пояса в узле (в местах примыкания рассматриваемого примыкающего элемента) прилегающей и

приваренной к поясу накладкой толщиной  $t_a$  вместо  $R_y$  в формуле (7.21) следует принимать расчетное сопротивление материала накладки  $R_{ya}$ , вместо  $t$  - приведенную толщину  $t_{ef}$  принимаемую равной: для растянутых примыкающих элементов  $t_a$ , но не более  $1,5t$ , для сжатых -  $t_{max} + 0,25 t_{min}$ , где  $t_{max}$  - большая, а  $t_{min}$  - меньшая из толщин  $t$  и  $t_a$ .

Прочность сварных швов в случае резки труб со скосом кромки допускается проверять по формуле

$$\frac{1,05N}{R_{wy}A_d} \leq 1, \quad (7.23)$$

где  $R_{wy}$  - расчетное сопротивление сварного стыкового соединения, принимаемое по указаниям 6.4 [2].

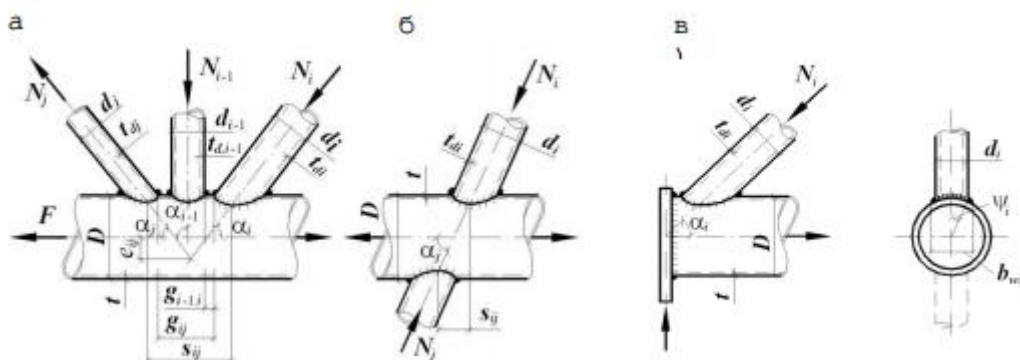


Рис. 7.2 Узлы ферм из гнутосварных профилей  
а – К-образный; б – Х-образный; в – опорный;

## II. Пример расчета прочности узла фермы из круглых труб

Исходные данные приняты из примера расчета узла фермы из гнутосварных профилей.

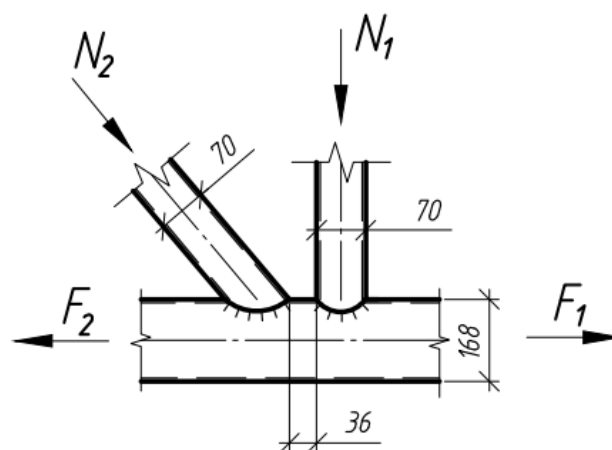


Рис. 7.4 Для расчета безфасоночных узлов ферм из круглых труб

2.1 Расчет на местный изгиб (проверка несущей способности стенки пояса в месте контакта с элементом решетки).

Определение значений параметров, входящих в проверочные формулы 7.19 и 7.20.

$$g_{21} = 36\text{мм}; \zeta_{21} = 1 - 0,4(1 - 3,6/16,8)^4 = 0,85; \delta = 16,8/0,5 = 33,6;$$

$$\varepsilon_{21} = 1 - 1,30 \cdot \frac{0,85(1+0,02 \cdot 33,6)}{1+0,04 \cdot 33,6} = 0,21; \varepsilon_{11} = 1; \mu_1 = 1; \mu_2 = 1;$$

$$\beta_1 = \beta_2 = 7/16,8 = 0,42; \psi_1 = \psi_2 = 1,05 \cdot 0,42 = 0,44; \gamma_{D1} = 1; \gamma_{rj} = 1;$$

$$S = 13(1 + 0,02 \cdot 33,6)0,5^2 \cdot 3261 \cdot 1 = 17,72\text{т};$$

Проверка прочности по формуле 7.19:

$$\frac{|1 \cdot 1 \cdot (-8) \cdot \frac{1}{1} + 0,21 \cdot 1 \cdot 17 \cdot 0,707/1|}{1 \cdot 1 \cdot 17,72} = 0,31 \leq 1$$

Проверка прочности по формуле 7.20:

$$\frac{|-8|\sin 90|}{1 \cdot 2 \cdot 17,72} 0,23 \leq 1$$

т.е. прочность стенки пояса в месте примыкания раскоса обеспечена.

2.2 Расчет на прочность элементов решетки в местах их примыкания к поясу фермы.

Определение значений параметров, входящих в проверочную формулу 7.22.

$$\chi = 0,015; \gamma_a = 1; \gamma_{cd} = 1; A_d = 8,29\text{см}^2;$$

Проверка прочности по формуле 7.22:

$$\frac{8000(1 + 0,015 \cdot 33,6)}{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3261 \cdot 8,29} = 0,56 \leq 1,$$

т.е. прочность раскоса вблизи примыкания к поясу обеспечена.

2.3 Расчет сварных швов по формуле 7.23:

$$\frac{1,05 \cdot 8000}{0,85 \cdot 3261 \cdot 8,29} = 0,37 \leq 1,$$

т.е. прочность сварного шва узле крепления к поясу обеспечена.



## 8. Расчет колонны

Колонна служит для передачи нагрузок от ригеля на фундамент, а также воспринимает горизонтальные ветровые нагрузки.

### 8.1. Определение нагрузок и внутренних усилий

На здание действуют нагрузки от собственной массы конструкции, нагрузка от подвешенного оборудования (если оно есть), нагрузки от снегового покрова и давления ветра. Расчетная схема поперечной рамы представлена на рис. 8.1

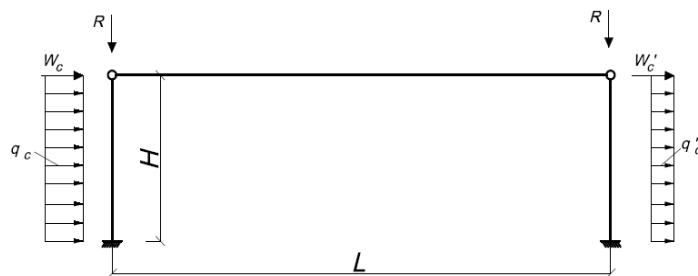


Рис. 8.1 Расчетная схема поперечной рамы

Расчетная сосредоточенная нагрузка на колонну рамы от фермы определяется по формуле

$$R = \gamma_n (g^H \gamma_{f1} + s_0 \gamma_{f2}) BL/2 \quad (8.1)$$

где  $g^H$  - нормативная нагрузка на узел верхнего пояса фермы от:

- собственного веса покрытия, самой фермы и связей;

- подвешенного оборудования (если оно есть);

$s_0$  - снеговой нагрузки;

$B$  - шаг рам.

Нагрузки от давления ветра действуют на колонны поперечной рамы. Равномерно распределенные нагрузки на колонны с наветренной и подветренной сторон определяются по формулам:

$$q_b = \gamma_n \cdot w_0 \cdot \gamma_f \cdot k \cdot c \cdot B, \quad (8.2)$$

$$q'_b = \gamma_n \cdot w_0 \cdot \gamma_f \cdot k \cdot c' \cdot B, \quad (8.3)$$

где  $\gamma_n = 0,9$  - коэффициент надежности по назначению, зависящий от класса ответственности здания;

$w_0$  - нормативное значения ветрового давления;

$\gamma_f = 1,4$  - коэффициент надежности по нагрузке;

$k = 0,5$  - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте;

$c=0,8$ ,  $c'=0,5$  - аэродинамические коэффициенты, зависящие от конфигурации здания, принимаемые согласно п.11.1.7 [1].

$L$ ,  $B$  - пролет и шаг рам.

Нагрузки от давления ветра в пределах высоты фермы прикладываются к верхним концам колонн и определяются по формулам:

$$W_b = \gamma_n \cdot w_0 \cdot \gamma_f \cdot k \cdot c \cdot B \cdot h_f, \quad (8.4)$$

$$W'_b = \gamma_n \cdot w_0 \cdot \gamma_f \cdot k \cdot c' \cdot B \cdot h_f, \quad (8.5)$$

где  $h_f = L/8$  - высота фермы.

Поперечная рама здания однажды статически неопределимая. Максимальный изгибающий момент и поперечная сила возникают у основания и определяются согласно п.8.2.11 [4] по формулам:

$$M_{\max} = \frac{5 \cdot q_b \cdot H^2}{16} + \frac{3 \cdot q'_b \cdot H^2}{16} + \frac{W_b \cdot H}{2} + \frac{W'_b \cdot H}{2}; \quad (8.6)$$

$$Q_{\max} = \frac{13 \cdot q_b \cdot H^2}{16} + \frac{3 \cdot q'_b \cdot H}{16} + \frac{W_b}{2} + \frac{W'_b}{2}. \quad (8.7)$$

Максимальное продольное сжимающее усилие

$$N_{\max} = R \quad (8.8)$$

## 8.2. Расчет и конструирование стальной колонны

Стальную колонну принимаем двутарового сечения.

Расчетные длины колонны в плоскости и из плоскости рамы определяются по формулам:

$$l_{efx} = \mu_x \cdot H; \quad l_{efy} = \mu_y \cdot h_1, \quad (8.9)$$

где  $\mu_x = 2,0$ ,  $\mu_y = 1$  - согласно табл. 30, [2];

$h_1$  - расстояние между закреплениями из плоскости рамы.

Подбор сечения стальной колонны заключается в принятии сечения с последующей ее проверкой.

Прочность по нормальным напряжениям плоскости действия момента проверяется по формуле

$$\left( \frac{N_{\max}}{A_n \cdot R_y \cdot \gamma_c} \right)^n + \frac{M_{\max}}{c_x \cdot W_x \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1, \quad (8.10)$$

где  $c_x$ ,  $n$  - коэффициенты, учитывающие пластическую работу стали, определяемые по табл. Е.1 [2];

$A_n$ ,  $W_x$  - площадь сечения и момент сопротивления принятого сечения.

Проверка устойчивости колонны в плоскости действия момента производится по формуле

$$\frac{N}{\varphi_e \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad (8.11)$$

где  $\varphi_e$  - коэффициент, определяемый по табл. Д.3 [2] в зависимости  $\bar{\lambda}$  и  $m_{ef}$ ;

$\bar{\lambda} = \lambda_x \cdot \sqrt{R_y / E}$  - условная гибкость;

$\lambda_x = l_{efx} / i_x$  - гибкость;

$m_{ef} = \eta \cdot m$  - приведенный относительный эксцентриситет;

$m = e \cdot A / W_x$  - относительный эксцентриситет;

$e = M_{\max} / N_{\max}$  - эксцентриситет;

$\eta$  - коэффициент влияния формы сечения, определяемый по табл. Д.2 [2].

Устойчивость колонны из плоскости проверяется по формуле

$$\frac{N}{c\varphi_y AR_y \gamma_c} \leq 1 \quad (8.12)$$

где  $\varphi_y$  - коэффициент устойчивости при центральном сжатии, определяемый согласно требованиям 7.1.3 [2], соответствующий гибкости  $\lambda_y = l_{efy} / i_y$ ;

$c$  - коэффициент, определяемый согласно требованиям 9.2.5.

## 9. Расчет базы колонны

База является опорной частью колонны и служит для передачи усилий с колонны на фундамент. Конструкция баз зависит от типа колонн и должна соответствовать расчетной схеме опирания колонн. В курсовом проекте предусмотрен расчет и конструирование баз с траверсами в случае шарнирного сопряжения фермы с колонной и без траверс в случае рамного соединения. Алгоритм расчета базы с траверсами приведен ниже.

Для обеспечения жесткости базы и уменьшения толщины опорной плиты устанавливают траверсы, ребра и диафрагмы. Конструкция базы внецентренножатых колонн сплошного сечения приведена на рис. 9.1. Площадь опорной плиты базы определяется из условия, что наибольшее суммарное напряжение в бетоне  $\sigma_b^{max}$  по краю плиты не должно превышать расчетного сопротивления смятию бетона фундамента.

Задавшись из конструктивных соображений шириной опорной плиты  $b_s$  определяем ее минимально возможную длину:

$$l_{s,min} = \frac{N}{2b_s\psi R_{b,loc}} + \sqrt{\left(\frac{N}{2b_s\psi R_{b,loc}}\right)^2 + \frac{6|M|}{b_s\psi R_{b,loc}}}, \quad (9.1)$$

где  $N$  и  $M$  – внутренние усилия в опорном сечении колонны, возникающие при комбинации нагрузок, дающей наибольшее сжатие бетона у края плиты;  $R_{b,loc}$  – расчетное сопротивление смятию бетона фундамента  $R_{b,loc} = \xi R_b$ , здесь  $\xi = \sqrt[3]{A_\phi/A_s}$ ,  $A_\phi$  – площадь обреза фундамента,  $A_s = b_s l_s$ ;  $R_b$  – расчетное сопротивление бетона сжатию. Предварительно  $\xi = 1,2 \div 1,4$ .  $\psi = 0,75$  – коэффициент, учитывающий неравномерное распределение напряжений в бетоне. Окончательно размер  $l_s$  назначается с учетом возможности размещения на опорной плите стержня колонны.

Проверка прочности бетона на смятие под плитой колонны проверяем по формулам:

$$\sigma_b^{max} = \frac{N}{b_s l_s} + \frac{6M}{b_s l_s^2} \leq R_{b,loc} \quad (9.2)$$

$$\sigma_b^{min} = \frac{N}{b_s l_s} - \frac{6M}{b_s l_s^2} \quad (9.3)$$

Толщина опорной плиты базы определяется из ее расчета на изгиб как пластинки, нагруженной реактивным давлением бетона фундамента. Расчет опорной плиты выполняют по отдельным участкам, при этом на каждом участке давление принимают равномерно распределенным, равным интенсивности наибольшему напряжению в бетоне на этом участке. Максимальный изгибающий момент для каждого участка определяют по формуле:

$$M = \alpha q d^2 \quad (9.4)$$

где  $d$  – один из размеров участка;  $\alpha$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от соотношения сторон участка,  $q$  – расчетное давление на  $1 \text{ см}^2$  плиты, равное напряжению в фундаменте под плитой.

Для консольного участка 1 (см. рис. 9.1)  $d$  – вылет консоли и  $\alpha = 0,5$ .

Для участка 2, опертого по четырем сторонам,  $d$  – меньшая из его сторон, а  $\alpha$  – принимается по таб. 9.1.

Для участка 3, опертого по трем сторонам,  $d$  – длина свободного края, а  $\alpha$  – принимается по таблице 9.2. Здесь при отношении менее 0,5 плита рассчитывается как консольная с вылетом, равным длине закрепленного края.

Для участка, опертого по двум смежным сторонам,  $d$  – размер диагонали участка и  $\alpha$  – принимается по таб. 9.2.

Таблица 9.1. Коэффициент  $\alpha$  для расчета плит, опертых на четыре стороны, при отношениях большей стороны к меньшей

1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	>2
0.048	0.055	0.063	0.069	0.075	0.081	0.086	0.091	0.094	0.098	0.1	0.125

Таблица 9.2. Коэффициент  $\alpha$  для расчета плит, опертых на три стороны, при отношениях длины опертой стороны к длине свободного края (или на две стороны при отношениях длины перпендикуляра, опущенного из угла на диагональ, к длине диагонали)

0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,4	2	>2
0,06	0,074	0,088	0,097	0,107	0,112	0,12	0,126	0,132	0,133

Если значения моментов по участкам отличаются на порядок и более, следует подкрепить опорную плиту на участке с максимальным моментом дополнительными ребрами или диафрагмами, устанавливаемыми так, чтобы он уменьшился.

По наибольшему из найденных для различных участков плиты изгибающих моментов определяется момент сопротивления плиты шириной 1см  $W_f = 1t_f^2/6 = M_{max}/R_y$ , по нему вычисляется требуемая толщина плиты:

$$t_s = \sqrt{\frac{6M_{max}}{R_y \gamma_c}} \quad (9.5)$$

Полученная величина уточняется в соответствии с сортаментом и принимается в пределах 20÷40мм.

Усилие от стержня колонны передается на траверсу через сварные швы, длина которых и определяет высоту траверсы  $h_T$ . Если ветви траверсы прикрепляются к стержню колонны четырьмя швами, то получить требуемую высоту  $h_T$  можно по формуле:

$$h_T = \frac{N}{4\beta_f k_f R_{wf}} + 1\text{см} \quad (9.6)$$

Высоту траверсы следует принимать не больше  $85\beta_f k_f$ .

Толщину траверсы находят из условий прочности при изгибе, причем опорную плиту в расчетное сечение не включают:

$$\sigma = \frac{6M_T}{t_T h_T^2 R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (9.7)$$

где  $M_T = 0.5q_T d_1^2$ ,  $q_T = 0,5Bq$ .

Катеты швов, прикрепляющих траверсу к плите, принимают максимальной из расчета по металлу шва или металлу границы сплавления:

$$k_f = \frac{N_T}{\beta_f l_w R_{wf} \gamma_c} \text{ или } k_f = \frac{N_T}{\beta_z l_w R_{wz} \gamma_c} \quad (9.8)$$

где  $N_T$  – усилие, приходящееся на траверсу, равное  $q_T L$ .

Положение нулевой точки в эпюре напряжений определяем по формуле:

$$x = \frac{\sigma_{min} L}{\sigma_{min} - \sigma_{max}} \quad (9.9)$$

Усилие, приходящееся на анкерные болты, устанавливаемые с одной стороны колонны:

$$N_a = \frac{M - Nc}{a} \quad (9.10)$$

Необходимая площадь сечения одного анкерного болта:

$$A_{bn} \geq \frac{N_a}{nR_{bt}\gamma_c} \quad (9.11)$$

Здесь:  $n$  – число анкерных болтов с одной стороны;  $R_{bt}$  – расчетное сопротивление анкерных болтов растяжению.

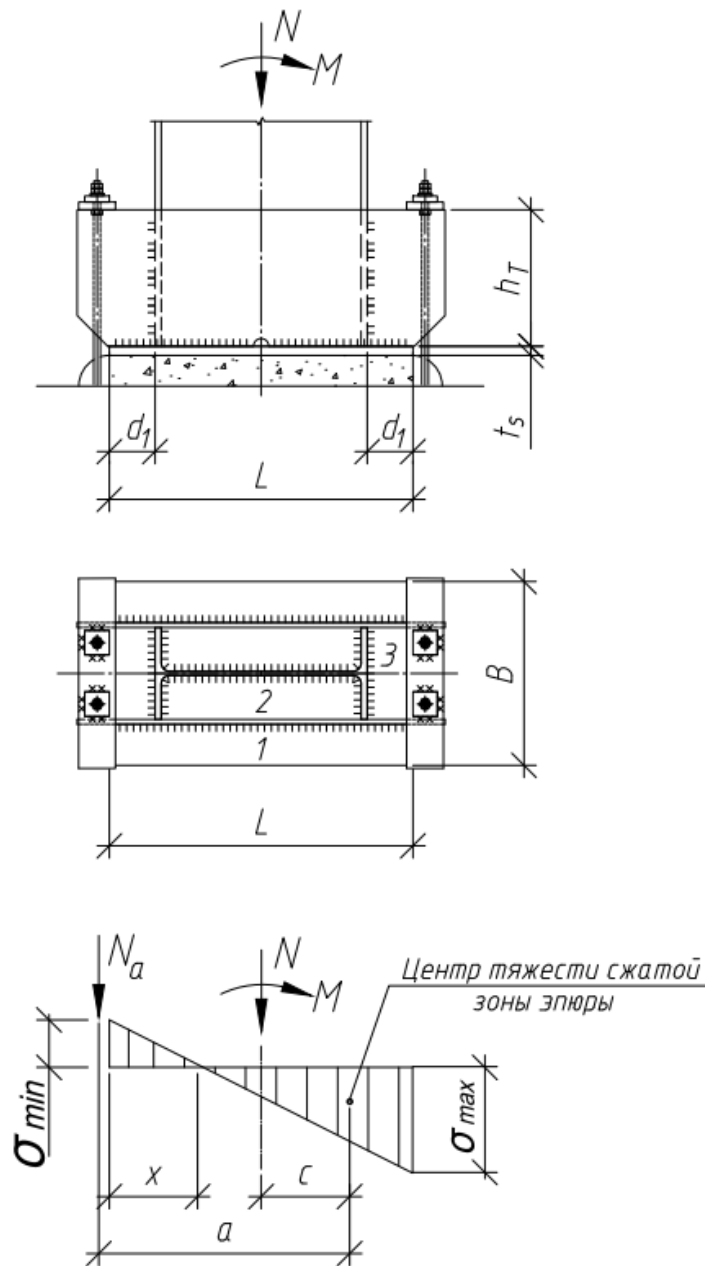


Рис. 9.1 К расчету базы колонны

## 10. Оформление графической части курсовой работы

Графическая часть проекта выполняется на листах формата А2 с соблюдением требований ЕСКД. В этой части составляются эскизы проектируемых конструкций, разрабатываются:

- расчетная и монтажная схемы основных несущих конструкций с маркировкой всех элементов (листы чертежей 1, 2, 3);

- эскиз фермы, колонны, а также узлов сопряжения конструкций (листы чертежей 1, 2, 3 и 4).

Также составляются спецификация стали на рассчитываемые элементы каркаса здания.

В верхнем правом углу листа, над штампом помещаются спецификации металла на стальную ферму (табл. 10.1); в которые вносят по порядку все элементы и детали ферм.

Под спецификацией помещаются примечания, где отмечаются все оговоренные в проекте и листах детали-отверстия, материалы, типы электродов размеры оговоренных сварных швов и т.д.

### Спецификация металла на стальную ферму

Таблица 10.1


№ по з	Наименование элемента	Сечение	Длина мм	Кол-во	Вес в кг.		Марка стали	Примечание
					Элемент	Всего		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

## 11. Статический расчет плоской рамы в программе ЛИРА-САПР

### 11.1 Задача

Запроектировать и выполнить статический расчет плоской рамы, определить действующие усилия в элементах ферм и в колоннах, произвести подбор сечений. Результат компоновки поперечной рамы см. рис. 1.1.

### 11.2 Задание признака схемы

Для создания новой задачи выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Новый** (кнопка  на панели инструментов).

В появившемся диалоговом окне **Описание схемы** (рис.10.1) задайте следующие параметры:

- имя создаваемой задачи – **Плоская рама** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
- признак схемы – **2 – Три степени свободы в узле (два перемещения и поворот) X0Z**.

После этого щелкните по кнопке **Подтвердить** (рис. 11.1).

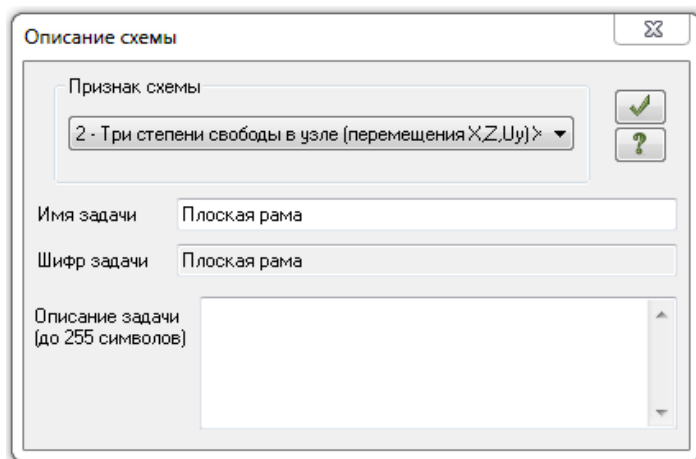


Рис.11.1. Диалоговое окно **Признак схемы**

### 10.3 Создание геометрической схемы



- Вызовите диалоговое окно **Генерация ферм** с помощью меню **Создание и редактирование** ⇒ **Генерация ферм** ⇒ (кнопка  на панели инструментов).
- После выбора фермы по очертанию поясов и решетки, во вкладке **Параметры фермы** введите данные как показано на рис 11.2:
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**. Будет создана конструкция фермы.
- С помощью команды **Отметка узлов** выделите





Рис.11.2 Диалоговое окно **Создание плоских ферм**

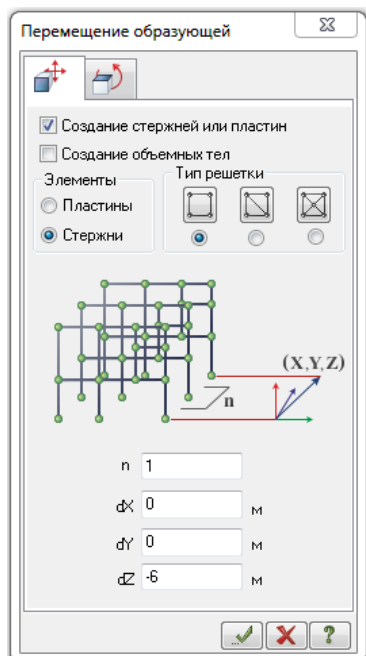




Рис.11.3. Диалоговое окно **Перемещение образующей**

узлы сопряжения фермы с колонной.


- Для создания элементов колонн выполните пункт меню **Создание и редактирование** ⇒ **Перемещение образующей** (кнопка  на панели инструментов).


- Во вкладке **Перемещение образующей** введите необходимые данные как показано на рис. 10.3.


#### 11.4 Задание граничных условий

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).

- С помощью курсора выделите опорные узлы колонн (узлы окрашиваются в красный цвет).

- С помощью пункта меню **Жесткости и связи** ⇒ **Связи** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.11.4). В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения и повороты узлов (**X, Z, UY**).

- После этого щелкните по кнопке  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).

Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов), чтобы снять активность с операции отметки узлов.

## 11.5 Задание жесткостных характеристик

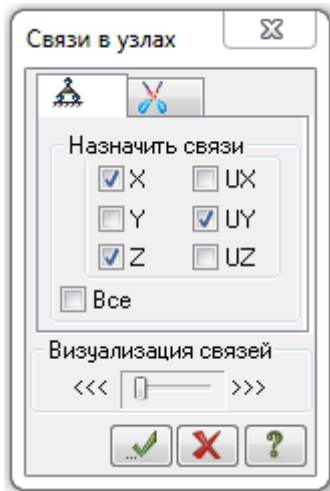


Рис.11.4.  
Диалоговое окно  
Связи в узлах

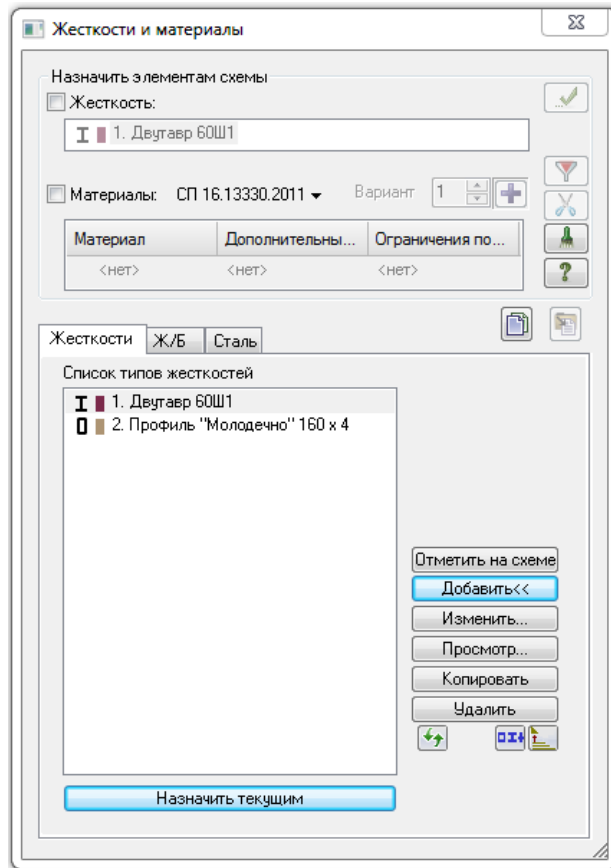



Рис. 11.5 Диалоговое окно **Жесткости и материалы**

Геометрические характеристики в данный момент являются искомыми величинами. Однако, не присвоив жесткостные характеристики элементам схемы, невозможно выполнить расчет. Предварительно для стержней колонн задаем двутавр 60Ш1, для стержней ферм гн. труба 160x4, круглых труб 159x4, уголков 110x8.

- С помощью меню **Жесткости и связи** ⇒ **Жесткости и материалы элементов** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Жесткости и материалы** (рис.11.5).
- В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в библиотеке жесткостных характеристик щелкните по первой закладке **База металлических сечений** и дважды щелкните на эскизе **Двутавр**. В окне **Стальное сечение** выберите требуемый профиль и нажмите **ОК**. Аналогично выбрать сечения стержней для конструкции фермы.

Назначение добавленного типа жесткости элементам расчетной схемы происходит следующим образом:

- Необходимо выделить в **Списке типов жесткостей** требуемое сечение.
- Нажмите кнопку **Назначить текущим**, после этого в строке **Жесткость** появится название типа жесткости.
- Выделите элементы, которым будет присвоен текущий тип жесткости. Нажмите кнопку **Применить**.

### 11.6 Задание нагрузок

Задание нагрузок выполняется по следующему алгоритму.

С помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Редактор загружений** вызовите диалоговое окно задания и редактирования загружений.

Рекомендуется задать название загрузки в строке **Имя** диалога **Редактирование выбранного загружения**.

Для каждого загружения необходимо задать вид нагрузки в зависимости от продолжительности действия.

Задание параметров нагрузок осуществляется в диалоговом окне **Задание нагрузок**, которое вызывается в меню **Нагрузки** ⇒ **Нагрузки на узлы и элементы**. Данное окно включает шесть вкладок которые поделены на различные типы нагрузок.


Выбрать закладку, нажать на кнопку с пиктограммой нужного типа нагрузки. В открывшемся окне задать параметры нагрузки, нажать кнопку **ОК**. Введенные параметры отразятся в строке **Текущая нагрузка** диалога **Задание нагрузок**.

Выделить узлы или элементы на расчетной схеме. Нажать кнопку **Применить** в диалоговом окне **Задание нагрузок**. Для отображения нагрузок на расчетной схеме необходимо поставить соответствующий флажок на вкладке **Флаги рисования**.

Задание характеристик для расчета рамы на пульсацию ветра осуществляется с помощью диалоговых окон **Формирование динамических загружений из статических** и **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**. Коэффициенты преобразования принять согласно гл.6 [2].

Формирование расчетных сочетаний усилий осуществляется с помощью диалогового окна **Расчетные сочетаний усилий**, согласно [1].

### 11.7 Упаковка схемы






- С помощью меню **Редактирование** ⇒ **Упаковка схемы** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Упаковка**.

- В этом окне щелкните по кнопке **Упаковать** (упаковка схемы производится для сшивки совпадающих узлов и элементов, а также для безвозвратного исключения из расчетной схемы удаленных узлов и элементов).

### 11.8 Статический расчет рамы

- Запустите задачу на расчет с помощью меню **Расчет** ⇒ **Выполнить полный расчет**.

### 11.9 Просмотр и анализ результатов расчета

- После расчета задачи, переход в режим результатов расчета осуществляется с помощью меню **Анализ**.
- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов. Для отображения схемы без учета перемещений узлов выполните пункт меню **Деформации** ⇒ **Исходная схема** (кнопка  на панели инструментов).
- Выведите на экран эпюру  $M_y$  с помощью меню **Усилия в стержнях** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры изгибающих моментов ( $M_y$ )** (кнопки , а затем  на панели инструментов).
- Для вывода эпюры  $N$ , выполните пункт меню **Усилия в стержнях** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры продольных сил ( $N$ )** (кнопка  на панели инструментов).
- Для вывода эпюры  $Q_z$  выполните пункт меню **Усилия в стержнях** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры поперечных сил ( $Q_z$ )** (кнопка  на панели инструментов).

### 11.10 Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

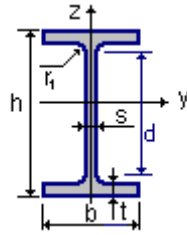
- Для вывода на экран таблицы со значениями расчетных усилий в элементах схемы, выполните пункт меню **Документация** ⇒ **Интерактивные таблицы**.
- После этого в диалоговом окне **Редактор форм** выделите строку **PCY (стежни)**.
- Щелкните по кнопке **Применить**.
- В диалоговом окне **Создание таблицы PCY** с помощью радиокнопки выберите **PCY расчетные**.
- Щелкните по кнопке **Подтвердить**.

## Литература:

1. СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07-85\* Нагрузки и воздействия». Утвержден Приказом Минрегиона России от 27 декабря 2010 г. №787, М., 2011.
2. СП 16.13330.2011 «СНиП II-23-81\* Стальные конструкции». Утвержден Приказом Минрегиона России от 27 декабря 2010 г. №791, М., 2011.
3. Металлические конструкции: учебник для студ. Учреждений высш. проф. образования / [Ю.И. Кудишин, Е.И. Беленя, В.С. Игнатьева и др.]; под ред. Ю.И. Кудишина. – 13-е изд., испр. - М.: Издательский центр «Академия», 2011. - 688с. – (Сер. Бакалавриат).
4. Справочник проектировщика. Расчётно-теоретический/ Под редакцией А.А. Уманского. Том1. М.: Стройиздат, 1972.
5. Методические указания к курсовой работе «Расчет и конструирование одноэтажного складского сооружения», сост. Гирфанов И.С., Юманов В.А., Дымолазов М.А., КГАСУ, Казань, 2010.
6. Методические указания к курсовому проекту по металлическим конструкциям «Стальной каркас одноэтажного производственного здания», сост. М.А. Дымолазов, О.И. Ефимов, Л.А. Исаева., КГАСУ, Казань 2008.
7. Металлические конструкции. В 3-х томах. Т.2. Стальные конструкции зданий и сооружений. (Справочник проектировщика) / Под общей редакцией В.В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н.П. Мельникова) –М.: изд-во АСВ, 1998.-512стр.:илл
8. Металлические конструкции каркасов одноэтажных зданий: учебное пособие / М.М. Копытов. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2012.-316с.
9. Проектирование ферм из круглых и прямоугольных труб: Учеб. Пособие по разделу «Расчет и конструирование стержневых конструкций с применением круглых и прямоугольных труб» курса «металлические конструкции». – Мн.: БГПА, 2000. -128с.
10. М.С. Барабаш, М.В. Лазнюк, М.Л. Мартынова, Н.И. Пресняков Современные технологии расчета и проектирования металлических и деревянных конструкций / Курсовое и дипломное проектирование. Исследовательские задачи: Учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. Проф. Нилова А.А. – М.: Издательство АСВ, 2010. - 336с.
11. Барабаш М.С., Гензерский Ю.В., Марченко Д.В., Титок В.П. Лира 9.2. Примеры расчета и проектирования: Учебное пособие.– Киев: Изд-во «Факт», 2005. – 106 с.

СТО АСЧМ 20-93

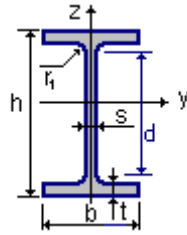
Двутавр нормальный (Б) по СТО АСЧМ 20-93



	h	b	s	t	r <sub>1</sub>	A	P	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	S <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	W <sub>z</sub>	i <sub>z</sub>
	MM	MM	MM	MM	MM	CM <sup>2</sup>	KG/M	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM
10Б1	100	55	4.1	5.7	7	10.32	8.1	171	34.2	19.7	40.7	15.9	5.8	12.4
12Б1	117.6	64	3.8	5.1	7	11.03	8.7	257	43.8	24.9	48.3	22.4	7	14.3
12Б2	120	64	4.4	6.3	7	13.21	10.4	318	53	30.4	49	27.7	8.7	14.5
14Б1	137.4	73	3.8	5.6	7	13.39	10.5	435	63.3	35.8	57	36.4	10	16.5
14Б2	140	73	4.7	6.9	7	16.43	12.9	541	77.3	44.2	57.4	44.9	12.3	16.5
16Б1	157	82	4	5.9	9	16.18	12.7	689	87.8	49.6	65.3	54.4	13.3	18.3
16Б2	160	82	5	7.4	9	20.09	15.8	869	108.7	61.9	65.3	69.3	16.7	18.4
18Б1	177	91	4.3	6.5	9	19.58	15.4	1063	120.1	67.7	73.7	81.9	18	20.5
18Б2	180	91	5.3	8	9	23.95	18.8	1317	146.3	83.2	74.2	100.8	22.2	20.5
20Б1	200	100	5.5	8	11	27.16	21.3	1844	184.4	104.7	82.4	133.9	26.8	22.2
25Б1	248	124	5	8	12	32.68	25.7	3537	285.3	159.7	104	254.8	41.1	27.9
25Б2	250	125	6	9	12	37.66	29.6	4052	324.2	182.9	103.7	293.8	47	27.9
30Б1	298	149	5.5	8	13	40.6	32	6319.0	424.1	237.5	124.4	441.9	59.3	32.9
30Б2	300	150	6.5	9	13	46.78	36.7	7210	480.6	271.1	124.1	507.4	67.7	32.9
35Б1	346	174	6	9	14	52.68	41.4	11095	641.3	358.1	145.1	791.4	91	38.8
35Б2	350	175	7	11	14	63.14	49.6	13560	774.8	434	146.5	984.2	112.5	39.5
40Б1	396	199	7	11	16	72.16	56.6	20020	1011.1	564	166.6	1446.9	145.4	44.8
40Б2	400	200	8	13	16	84.12	66	23706	1185.3	663.2	167.9	1736.2	173.6	45.4
45Б1	446	199	9	12	18	84.3	66.2	28699	1287	725.1	184.5	1579.7	158.6	43.3
45Б2	450	200	9	14	18	96.76	76	33453	1496.8	839.6	185.9	1871.3	187.1	44
50Б1	492	199	8.8	12	20	92.38	72.5	36845	1497.9	853.5	199.7	1581.5	158.9	41.4
50Б2	496	199	9	14	20	101.27	79.5	41872	1688.4	937.3	203.3	1844.4	185.4	42.7
50Б3	500	200	10	16	20	114.23	89.7	47849	1914	1087.7	204.7	2140.3	214	43.3
55Б1	543	220	9.5	13.5	24	113.36	89	55682	2050.9	1165.1	221	2404.5	218.6	46.1
55Б2	547	220	10	15.5	24	124.75	97.9	62790	2295.8	1301.6	224.4	2760.3	250.9	47
60Б1	596	199	10	15	22	120.45	96.6	68721	2306.1	1325.5	236.9	1979	198.9	40.5
60Б2	600	200	11	17	22	134.45	105.5	77638	2587.9	1489.5	240.3	2277.5	227.8	41.2
70Б0	693	230	11.3	15.2	24	153.05	120.1	115187	3295.5	1913.1	273.1	3097.7	269.4	45
70Б1	691	260	12	15.5	24	164.74	129.3	125931	3644.9	2094.9	276.5	4556.4	350.5	52.6
70Б2	697	260	12.5	18.5	24	183.64	144.2	145913	4186.9	2392.8	291.9	5436.7	418.2	54.4

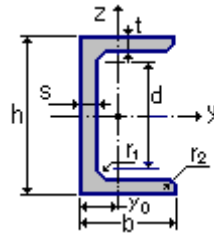
СТО АСЧМ 20-93

Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93



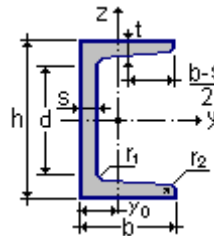
	h	b	s	t	r <sub>1</sub>	A	P	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	S <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	W <sub>z</sub>	i <sub>z</sub>
	MM	MM	MM	MM	MM	CM <sup>2</sup>	KG/M	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM
20Ш1	194	150	6	9	13	39.01	30.6	2690	277.3	154.3	83	507.1	67.6	36.1
25Ш1	244	175	7	11	16	56.24	44.1	6122	501.8	279.2	104.3	984.3	112.5	41.8
30Ш1	294	200	8	12	18	72.38	56.8	11339	771.4	429.5	125.2	1602.9	160.3	47.1
30Ш2	300	201	9	15	18	87.38	68.6	14210	947.4	529.9	127.5	2033.8	202.4	48.2
35Ш1	334	249	8	11	20	83.17	65.3	17108	1024.4	565.8	143.4	2834.1	227.6	58.4
35Ш2	340	250	9	14	20	101.51	79.7	21678	1275.2	706.1	146.1	3650.5	292	60
40Ш1	383	299	9.5	12.5	22	112.91	88.6	30556	1595.6	880.8	164.5	5575	372.9	70.3
40Ш2	390	300	10	16	22	135.95	106.7	38676	1983.4	1094	168.7	7207	480.5	72.8
45Ш1	440	300	11	18	24	157.39	123.5	56072	2547	1412	188.8	8110	570.7	71.8
50Ш1	482	300	11	15	26	145.52	114.2	60371	2505	1395.7	203.7	6762	450.6	68.2
50Ш2	487	300	14.5	17.5	26	176.34	138.4	71867	2951	1666.7	201.9	7896	526.4	66.9
50Ш3	493	300	15.5	20.5	26	198.86	156.1	83441	3395	1912.8	204.8	9250	616.6	68.2
50Ш4	499	300	16.5	23.5	26	221.38	173.8	95282	3819	2161.5	207.5	10603	706.9	69.2
60Ш1	582	300	12	17	28	174.49	137	102717	3529.8	1981.5	242.3	7669	511.2	66.3
60Ш2	589	300	16	20.5	28	217.41	170.7	126201	4285	2439	240.9	9257	617.2	65.3
60Ш3	597	300	18	24.5	28	252.37	198.1	150043	5026.6	2869.9	243.8	11067	737.8	66.2
60Ш4	605	300	20	28.5	28	287.33	225.6	174459	5767.2	3305.6	246.4	12879	858.6	67
70Ш1	692	300	13	20	28	211.49	166	172435	4983.7	2814.6	285.3	9022.9	601.5	65.3
70Ш2	698	300	15	23	28	242.53	190.4	198791	5696	3233.6	286.3	10381	692.1	65.4
70Ш3	707	300	18	27.5	28	289.09	226.9	239032	6732	3867.2	287.6	12422	828.2	65.6
70Ш4	715	300	20.5	31.5	28	329.39	258.6	235138	7696.2	4426.7	289	14240	949.3	65.8
70Ш5	725	300	23	36.5	28	375.69	294.9	319793	8822	5099.5	291.9	16512	1100.8	66.3
80Ш1	782	300	13.5	17	28	209.71	164.6	205458	5255	3018.9	313	7677	511.6	60.3
80Ш2	792	300	14	22	28	243.45	191.1	253655	6405	3644.1	322.8	9929	661.9	63.9
90Ш1	881	299	15	18.5	28	243.96	191.5	292583	6642.1	3861.2	346.3	8278	553.7	58.3
90Ш2	890	299	15	23	28	270.87	212.6	345335	7770	4457	357.1	10223	687.8	61.6
100Ш1	990	320	16	21	30	293.8	230.6	446039	9010.9	5234.1	389.6	11518	719.9	62.6
100Ш2	998	320	17	25	30	328.88	258.2	516372	10348	5982.6	396.2	13710	853.9	64.6
100Ш3	1006	320	18	29	30	363.96	285.7	557730	11684	6736.2	401.8	15903	993.9	66.1
100Ш4	1013	320	19.5	32.5	30	400.58	314.5	655449	12941	7470	404.5	17829	1114.3	66.7

Швеллер с параллельными гранями полок по ГОСТ 8240-97



	h	b	s	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	A	P	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	S <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	W <sub>z</sub>	i <sub>z</sub>	y <sub>0</sub>
	MM	MM	MM	MM	MM	MM	CM <sup>2</sup>	KG/M	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	CM <sup>3</sup>	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	MM
8П	80	40	4.5	7.4	6.5	3.5	8.98	7.05	89.9	22.5	31.6	13.3	13.9	5.31	12.4	13.8
10П	100	46	4.5	7.6	7	4	10.9	8.59	175	34.9	39.9	20.5	22.6	7.37	14.4	15.3
12П	120	52	4.8	7.8	7.5	4.5	13.3	10.4	305	50.8	47.9	29.7	34.9	9.84	16.2	16.6
14П	140	58	4.9	8.1	8	4.5	15.6	12.3	493	70.4	56.1	40.9	51.5	12.9	18.1	18.2
16П	160	64	5	8.4	8.5	5	18.1	14.2	750	93.8	64.4	54.3	72.8	16.4	20	19.7
16a	160	68	5	9	8.5	5	19.5	15.3	827	103	65.1	59.5	90.5	19.6	21.5	21.9
18П	180	70	5.1	8.7	9	5	20.7	16.3	1090	121	72.6	70	100	20.6	22	21.4
18a	180	74	5.1	9.3	9	5	22.2	17.4	1200	133	73.4	76.3	123	24.3	23.5	23.6
20П	200	76	5.2	9	9.5	5.5	23.4	18.4	1530	153	80.8	88	134	25.2	23.9	23
22П	220	82	5.4	9.5	10	6	26.7	21	2120	193	89	111	178	31	25.8	24.7
24П	240	90	5.6	10	10.5	6	30.6	24	2910	243	97.5	139	248	39.5	28.5	27.2
27П	270	95	6	10.5	11	6.5	35.2	27.7	4180	310	109	178	314	46.7	29.9	27.8
30П	300	100	6.5	11	12	7	40.5	31.8	5830	389	120	224	393	54.8	31.2	28.3
33П	330	105	7	11.7	13	7.5	46.5	36.5	8010.8	486	131	281	491	64.6	32.5	29
36П	360	110	7.5	12.6	14	8.5	53.4	41.9	10850	603	143	350	611	76.3	33.8	29.9
40П	400	115	8	13.5	15	9	61.5	48.3	15260	763	158	445	760	89.9	35.1	30.5

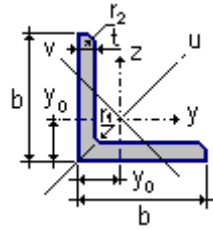
Швеллер с уклоном полки по ГОСТ 8240-97



	h	b	s	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	A	P	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	S <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	W <sub>z</sub>	i <sub>z</sub>	y <sub>0</sub>
	MM	MM	MM	MM	MM	MM	CM <sup>2</sup>	KG/M	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	CM <sup>3</sup>	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	MM
5У	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
8У	80	40	4.5	7.4	6.5	2.5	8.98	7.05	89.4	22.4	31.6	13.3	12.8	4.75	11.9	13.1
10У	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
12У	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
14У	140	58	4.9	8.1	8	3	15.6	12.3	491	70.2	56	40.8	45.4	11	17	16.7
16У	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
18У	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
20У	200	76	5.2	9	9.5	4	23.4	18.4	1520	152	80.7	87.8	113	20.5	22	20.7
22У	220	82	5.4	9.5	10	4	26.7	21	2110	192	88.9	110	151	25.1	23.7	22.1
24У	240	90	5.6	10	10.5	4	30.6	24	2900	242	97.3	139	208	31.6	26	24.2
27У	270	95	6	10.5	11	4.5	35.2	27.7	4160	308	109	178	262	37.3	27.3	24.7

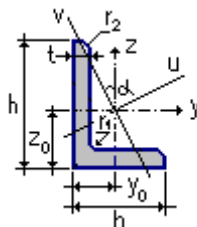


**Сокращенный сортамент  
Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93**



	b	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	A	I <sub>y</sub> =I <sub>z</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	I <sub>u</sub>	i <sub>u</sub>	I <sub>v</sub>	W <sub>v</sub>	i <sub>v</sub>	I <sub>yz</sub>	y <sub>0</sub>	P
	MM	MM	MM	MM	CM <sup>2</sup>	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	CM <sup>4</sup>	MM	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	CM <sup>4</sup>	MM	КГ/М
L50x5	50	5	5.5	1.8	4.8	11.2	3.13	15.3	17.77	19.2	4.63	2.3	9.8	6.57	14.2	3.77
L63x5	63	5	7	2.3	6.13	23.1	5.05	19.4	36.8	24.4	9.52	3.87	12.5	13.7	17.4	4.81
L70x5	70	5	8	2.7	6.86	31.94	6.27	21.6	50.67	27.2	13.22	4.92	13.9	18.7	19	5.38
L75x6	75	6	9	3	8.78	46.57	8.57	23	73.87	29	19.28	6.62	14.8	27.3	20.6	6.89
L80x6	80	6	9	3	9.38	56.97	9.8	24.7	90.4	31.1	23.54	7.6	15.8	33.4	21.9	7.36
L90x6	90	6	10	3.3	10.61	82.1	12.49	27.8	130	35	33.97	9.88	17.9	48.1	24.3	8.33
L90x7	90	7	10	3.3	12.28	94.3	14.45	27.7	149.67	34.9	38.94	11.15	17.8	55.4	24.7	9.64
L100x7	100	7	12	4	13.75	130.59	17.9	30.8	207.01	38.8	54.16	14.13	19.8	76.4	27.1	10.79
L100x8	100	8	12	4	15.6	147.19	20.3	30.7	233.46	38.7	60.92	15.66	19.8	86.3	27.5	12.25
L110x8	110	8	12	4	17.2	198.17	24.77	33.9	314.51	42.8	81.83	19.29	21.8	116	30	13.5
L125x8	125	8	14	4.6	19.69	294.36	32.2	38.7	466.76	48.7	121.98	25.67	24.9	172	33.6	15.46
L125x9	125	9	14	4.6	22	327.48	36	38.6	520	48.6	135.88	28.26	24.8	192	34	17.3
L140x9	140	9	14	4.6	24.72	465.72	45.55	43.4	739.42	54.7	192.03	35.92	27.9	274	37.8	19.41
L140x10	140	10	14	4.6	27.33	512.29	50.32	43.3	813.62	54.6	210.96	39.05	27.8	301	38.2	21.45
L160x10	160	10	16	5.3	31.43	774.24	66.19	49.6	1229.1	62.5	319.38	52.52	31.9	455	43	24.67
L160x11	160	11	16	5.3	34.42	844.21	72.44	49.5	1340.06	62.4	347.77	56.53	31.8	496	43.5	27.02
L160x16	160	16	16	5.3	49.07	1175.19	102.64	48.9	1865.73	61.7	484.64	75.92	31.4	690	45.5	38.52
L180x11	180	11	16	5.3	38.8	1216.44	92.47	56	1933.1	70.6	499.78	72.86	35.9	716	48.5	30.47
L180x12	180	12	16	5.3	42.19	1316.62	100.41	55.9	2092.78	70.4	540.45	78.15	35.8	776	48.9	33.12
L200x12	200	12	18	6	47.1	1822.78	124.61	62.2	2896.2	78.4	749.4	98.68	39.9	1073	53.7	36.97
L200x14	200	14	18	6	54.6	2097	144.17	62	3333	78.1	861	111.5	39.7	1236	54.6	42.8
L200x25	200	25	18	6	94.29	3466.21	245.59	60.6	5494.04	76.3	1438.38	172.68	39.1	2028	58.9	74.02
L200x30	200	30	18	6	111.54	4019.6	288.57	60	6351.0	75.5	1698.16	193.06	38.9	2332	60.7	87.56
L220x16	220	16	21	7	68.58	3175.44	198.71	68	5045.4	85.8	1305.52	153.34	43.6	1869	60.2	53.83
L250x16	250	16	24	8	78.4	4717.1	258.43	77.6	7492.1	97.8	1942.09	203.45	49.8	2775	67.5	61.55
L250x20	250	20	24	8	96.96	5764.87	318.76	77.1	9159.7	97.2	2370.01	242.52	49.4	3395	69.1	76.11

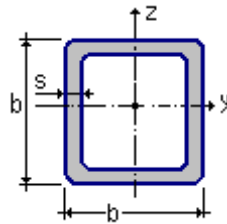
**Уголок неравнополочный по ГОСТ 8510-86\***



	h	b	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	A	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	W <sub>z</sub>	i <sub>z</sub>	I <sub>v</sub>	W <sub>v</sub>	i <sub>v</sub>	y <sub>0</sub>	z <sub>0</sub>	I <sub>yz</sub>	tg α	P
	MM	MM	MM	MM	MM	CM <sup>2</sup>	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	MM	MM	CM <sup>4</sup>		КГ/М
L25x16x3	25	16	3	3.5	1.2	1.16	0.7	0.43	7.8	0.22	0.19	4.4	0.13	0.16	3.4	4.2	8.6	0.22	0.392	0.91
L30x20x3	30	20	3	3.5	1.2	1.43	1.27	0.62	9.4	0.45	0.3	5.6	0.26	0.25	4.3	5.1	10	0.43	0.427	1.12
L30x20x4	30	20	4	3.5	1.2	1.86	1.61	0.82	9.3	0.56	0.39	5.5	0.34	0.32	4.3	5.4	10.4	0.54	0.421	1.45
L32x20x3	32	20	3	3.5	1.2	1.49	1.52	0.72	10.1	0.46	0.3	5.5	0.28	0.25	4.3	4.9	10.8	0.47	0.382	1.17
L32x20x4	32	20	4	3.5	1.2	1.94	1.93	0.93	10	0.57	0.39	5.4	0.35	0.33	4.3	5.3	11.2	0.5	0.374	1.52

	h	b	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	A	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	W <sub>z</sub>	i <sub>z</sub>	I <sub>v</sub>	W <sub>v</sub>	i <sub>v</sub>	y <sub>0</sub>	z <sub>0</sub>	I <sub>yz</sub>	tg α	P
	MM	MM	MM	MM	MM	CM <sup>2</sup>	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	MM	MM	CM <sup>4</sup>		KG/M
L40x25x3	40	25	3	4	1.3	1.89	3.06	1.14	12.7	0.93	0.49	7	0.56	0.41	5.4	5.9	13.2	0.96	0.385	1.48
L40x25x4	40	25	4	4	1.3	2.47	3.93	1.49	12.6	1.18	0.63	6.9	0.71	0.52	5.4	6.3	13.7	1.22	0.281	1.94
L40x25x5	40	25	5	4	1.3	3.03	4.73	1.82	12.5	1.41	0.77	6.8	0.86	0.64	5.3	6.6	14.1	1.44	0.374	2.37
L40x30x4	40	30	4	4	1.3	2.67	4.18	1.54	12.5	2.01	0.91	8.7	1.09	0.75	6.4	7.8	12.8	1.68	0.544	2.26
L40x30x5	40	30	5	4	1.3	3.28	5.04	1.88	12.4	2.41	1.11	8.6	1.33	0.91	6.4	8.2	13.2	2	0.539	2.46
L45x28x3	45	28	3	5	1.7	2.14	4.41	1.45	14.8	1.32	0.61	7.9	0.79	0.52	6.1	6.4	14.7	1.38	0.382	1.68
L45x28x4	45	28	4	5	1.7	2.8	5.68	1.9	14.2	1.69	0.8	7.8	1.02	0.67	6	6.8	15.1	1.77	0.379	2.2
L50x32x3	50	32	3	5.5	1.8	2.42	6.18	1.82	16	1.99	0.81	9.1	1.18	0.68	7	7.2	16	2.01	0.403	1.9
L50x32x4	50	32	4	5.5	1.8	3.17	7.98	2.38	15.9	2.56	1.05	9	1.52	0.88	6.9	7.6	16.5	2.59	0.401	2.4
L56x36x4	56	36	4	6	2	3.58	11.37	3.01	17.8	3.7	1.34	10.2	2.19	1.13	7.8	8.4	18.2	3.74	0.406	2.81
L56x36x5	56	36	5	6	2	4.41	13.82	3.7	17.7	4.48	1.65	10.1	2.65	1.37	7.8	8.8	18.7	4.5	0.404	3.46
L63x40x4	63	40	4	7	2.3	4.04	16.33	3.83	20.1	5.16	1.67	11.3	3.07	1.41	8.7	9.1	20.3	5.25	0.397	3.17
L63x40x5	63	40	5	7	2.3	4.98	19.91	4.72	20	6.26	2.05	11.2	3.73	1.72	8.6	9.5	20.8	6.41	0.396	3.91
L63x40x6	63	40	6	7	2.3	5.9	23.31	5.58	19.9	7.29	2.42	11.1	4.36	2.02	8.6	9	21.2	7.44	0.393	4.63
L63x40x8	63	40	8	7	2.3	7.68	29.6	7.22	19.6	9.15	3.12	10.9	5.58	2.6	8.5	10.7	22	9.27	0.386	6.03
L65x50x5	65	50	5	6	2	5.56	23.41	5.2	20.5	12.08	3.23	14.7	6.41	2.68	10.7	12.6	20	9.77	0.576	4.36
L65x50x6	65	50	6	6	2	6.6	27.46	6.16	20.4	14.12	3.82	14.6	7.52	3.15	10.7	13	20.4	11.46	0.575	5.18
L65x50x7	65	50	7	6	2	7.62	31.32	7.08	20.3	16.05	4.38	14.5	8.6	3.59	10.6	13.4	20.8	12.94	0.571	5.93
L65x50x8	65	50	8	6	2	8.62	35	7.99	20.2	18.88	4.93	14.4	9.65	4.02	10.6	13.7	21.2	13.61	0.57	6.77
L70x45x5	70	45	5	7.5	2.5	5.59	27.76	5.88	22.3	9.05	2.62	12.7	5.34	2.2	9.8	10.5	22.8	9.12	0.406	4.3
L75x50x5	75	50	5	8	2.7	6.11	34.81	6.81	23.9	12.47	3.25	14.3	7.24	2.73	10.9	11.7	23.9	12	0.436	4.79
L75x50x6	75	50	6	8	2.7	7.25	40.92	8.08	23.8	14.6	3.85	14.2	8.48	3.21	10.8	12.1	24.4	14.1	0.435	5.69
L75x50x7	75	50	7	8	2.7	8.37	46.77	9.31	23.6	16.61	4.43	14.1	9.69	3.69	10.8	12.5	24.8	16.18	0.435	6.57
L75x50x8	75	50	8	8	2.7	9.47	52.38	10.52	23.5	18.52	4.88	14	10.87	4.14	10.7	12.9	25.2	17.8	0.43	7.43
L80x50x5	80	50	5	8	2.7	6.36	41.64	7.71	25.6	12.68	3.28	14.1	7.57	2.75	10	11.3	26	13.2	0.387	4.49
L80x50x6	80	50	6	8	2.7	7.55	48.98	9.15	25.5	14.85	3.88	14	8.88	3.24	10.8	11.7	26.5	15.5	0.386	5.92
L80x60x6	80	60	6	8	2.7	8.15	52.06	9.42	25.3	25.18	5.58	17.6	13.61	4.66	12.9	14.9	24.7	20.98	0.547	6.39
L80x60x7	80	60	7	8	2.7	9.42	59.61	10.87	25.2	28.74	6.43	17.5	15.58	5.34	12.9	15.3	25.2	24.01	0.546	7.39
L80x60x8	80	60	8	8	2.7	10.67	66.88	12.38	25	32.15	7.26	17.4	17.49	5.99	12.8	15.7	25.6	26.83	0.544	8.37
L90x56x5	90	56	5.5	9	3	7.86	65.28	10.74	28.8	19.67	4.53	15.8	11.77	3.81	12.2	12.6	29.2	20.54	0.384	6.17
L90x56x6	90	56	6	9	3	8.54	70.58	11.66	28.8	21.22	4.91	15.8	12.7	4.12	12.2	12.8	29.5	22.23	0.384	6.7
L90x56x8	90	56	8	9	3	11.18	90.87	15.24	28.5	27.08	6.39	15.6	16.29	5.32	12.1	13.6	30.4	28.33	0.38	8.77
L100x63x6	100	63	6	10	3.3	9.58	98.29	14.52	32	30.58	6.27	17.9	18.2	5.27	13.8	14.2	32.3	31.5	0.393	7.53
L100x63x7	100	63	7	10	3.3	11.09	112.86	16.78	31.9	34.99	7.23	17.8	20.83	6.06	13.7	14.6	32.8	36.1	0.392	8.7
L100x63x8	100	63	8	10	3.3	12.57	126.96	19.01	31.8	39.21	8.17	17.7	23.38	6.82	13.6	15	33.2	40.5	0.391	9.87
L100x63x10	100	63	10	10	3.3	15.47	153.95	23.32	31.5	47.18	9.99	17.5	28.34	8.31	13.5	15.8	34	48.6	0.387	12.14
L100x65x7	100	65	7	10	3.3	11.23	114.05	16.87	31.9	38.32	7.7	18.5	22.77	6.43	14.1	15.2	32.4	38	0.415	8.81
L100x65x8	100	65	8	10	3.3	12.73	128.31	19.11	31.8	42.96	8.7	18.4	25.24	7.26	14.1	15.6	32.8	42.64	0.414	9.99
L100x65x10	100	65	10	10	3.3	15.67	155.52	23.45	31.5	51.68	10.64	18.2	30.6	8.83	14	16.4	33.7	51.18	0.41	12.3
L110x70x6	110	70	6.5	10	3.3	11.45	142.42	19.11	35.3	45.61	8.42	20	26.94	7.05	15.3	15.8	35.5	46.8	0.402	8.98
L110x70x8	110	70	8	10	3.3	13.93	171.54	23.22	35.1	54.64	10.2	19.8	32.31	8.5	15.2	16.4	36.1	55.9	0.4	10.93
L125x80x7	125	80	7	11	3.7	14.06	226.53	26.67	40.1	73.73	11.89	22.9	43.4	9.96	17.6	18	40.1	74.7	0.407	11.04
L125x80x8	125	80	8	11	3.7	15.98	225.62	30.26	40	80.95	13.47	22.8	48.82	11.25	17.5	18.4	40.5	84.1	0.406	12.58
L125x80x10	125	80	10	11	3.7	19.7	311.61	37.27	39.8	100.47	16.52	22.6	59.33	13.74	17.4	19.2	41.4	102	0.404	15.47
L125x80x12	125	80	12	11	3.7	23.36	364.79	44.07	39.5	116.84	19.46	22.4	69.47	16.11	17.2	20	42.2	118	0.4	18.34
L140x90x8	140	90	8	12	4	18	363.68	38.25	44.9	119.79	17.19	25.8	70.27	14.39	15.8	20.3	44.9	121	0.411	14.13
L140x90x10	140	90	10	12	4	22.24	444.45	47.19	44.7	145.54	21.14	25.8	85.51	17.58	19.6	21.2	45.8	147	0.409	17.46
L160x100x9	160	100	9	13	4.3	22.87	605.97	56.04	51.5	186.03	23.96	28.5	110.4	20.01	22	22.4	51.9	194	0.391	17.96
L160x100x10	160	100	10	13	4.3	25.28	666.59	61.91	51.3	204.09	26.42	28.4	121.16	22.02	21.9	22.8	52.3	213	0.39	19.85
L160x100x12	160	100	12	13	4.3	30.04	784.22	73.42	51.1	238.75	31.23	28.2	142.14	25.93	21.8	23.6	53.2	249	0.388	23.58
L160x100x14	160	100	14	13	4.3	34.72	897.19	84.65	50.8	271.6	35.89	28	162.49	29.75	21.6	24.3	54	232	0.385	27.26
L180x110x10	180	110	10	14	4.7	28.33	952.28	78.59	58	276.37	32.27	31.2	165.44	29.96	24.2	24.4	58.8	295	0.376	22.2
L180x110x12	180	110	12	14	4.7	33.69	1122.56	93.33	57.7	324.09	38.2	31	194.28	31.83	24	25.2	59.7	348	0.374	26.4
L200x125x11	200	125	11	14	4.7	34.87	1449.02	107.31	64.5	446.36	45.98	35.8	263.84	38.27	27.5	27.9	65	465	0.392	27.37
L200x125x12	200	125	12	14	4.7	37.89	1568.19	116.51	64.3	481.93	49.85	35.7	285.04	41.45	27.4	28.3	65.4	503	0.392	29.74
L200x125x14	200	125	14	14	4.7	43.87	1800.83	134.64	64.1	550.77	57.43	35.4	326.54	47.57	27.3	29.1	66.2	575	0.39	34.43
L200x125x16	200	125	16	14	4.7	49.77	2026.08	152.41	63.8	616.66	64.83	35.2	366.99	53.56	27.2	29.9	67.1	643	0.388	39.07

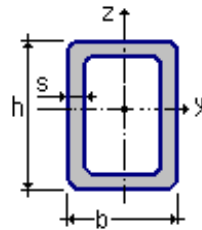
Стальные гнутые замкнутые сварные квадратные профили по ГОСТ 30245-2003



	b	s	r <sub>1</sub>	A	I <sub>y</sub> =I <sub>z</sub>	W <sub>y</sub> =W <sub>z</sub>	I <sub>y</sub> =I <sub>z</sub>	P
	MM	MM	MM	CM <sup>2</sup>	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	KG/M
50x2	50.000	2.000	4.000	3.740	14.140	5.660	19.500	2.930
50x3	50.000	3.000	6.000	5.410	19.450	7.780	19.000	4.250
50x4	50.000	4.000	8.000	6.950	23.700	9.480	18.500	5.450
50x5	50.000	5.000	10.000	8.360	26.980	10.790	18.000	6.560
50x6	50.000	6.000	12.000	9.630	29.360	11.740	17.500	7.560
60x2	60.000	2.000	4.000	4.540	25.140	8.380	23.500	3.560
60x3	60.000	3.000	6.000	6.610	35.110	11.700	23.100	5.190
60x4	60.000	4.000	8.000	8.550	43.500	14.500	22.600	6.710
60x5	60.000	5.000	10.000	10.360	50.410	16.800	22.100	8.130
60x5.5	60.000	5.500	11.000	11.210	53.340	17.780	21.800	8.800
60x6	60.000	6.000	12.000	12.030	55.940	18.650	21.600	9.450
70x2	70.000	2.000	4.000	5.340	40.720	11.630	27.600	4.190
70x2.5	70.000	2.500	5.000	6.590	49.390	14.110	27.400	5.170
70x3	70.000	3.000	6.000	7.810	57.500	16.430	27.100	6.130
70x3.5	70.000	3.500	7.000	8.990	65.050	18.590	26.900	7.060
70x4	70.000	4.000	8.000	10.150	72.060	20.590	26.600	7.970
70x4.5	70.000	4.500	9.000	11.270	78.550	22.440	26.400	8.850
70x5	70.000	5.000	10.000	12.360	84.520	24.150	26.200	9.700
70x5.5	70.000	5.500	11.000	13.410	90.010	25.720	25.900	10.530
70x6	70.000	6.000	12.000	14.430	95.010	27.140	25.700	11.330
70x6.5	70.000	6.500	16.500	15.060	95.110	27.170	25.100	11.820
70x7	70.000	7.000	17.500	15.960	98.500	28.140	24.800	12.530
80x3	80.000	3.000	6.000	9.010	87.810	21.950	31.200	7.070
80x3.5	80.000	3.500	7.000	10.390	99.750	24.940	31.000	8.160
80x4	80.000	4.000	8.000	11.750	111.000	27.740	30.700	9.220
80x4.5	80.000	4.500	9.000	13.070	121.500	30.370	30.500	10.260
80x5	80.000	5.000	10.000	14.360	131.300	32.830	30.200	11.270
80x5.5	80.000	5.500	11.000	15.610	140.500	35.120	30.000	12.250
80x6	80.000	6.000	12.000	16.830	149.000	37.240	29.700	13.210
80x6.5	80.000	6.500	16.500	17.660	151.000	37.760	29.200	13.860
80x7	80.000	7.000	17.500	18.760	157.400	39.340	29.000	14.720
80x7.5	80.000	7.500	19.000	19.820	163.000	40.760	28.700	15.560
80x8	80.000	8.000	20.000	20.840	168.000	42.010	28.400	16.360
90x3	90.000	3.000	6.000	10.210	127.200	28.280	35.300	8.010
90x4	90.000	4.000	8.000	13.350	161.800	35.960	34.800	10.480
90x5	90.000	5.000	10.000	16.360	192.800	42.840	34.300	12.840
90x6	90.000	6.000	12.000	19.230	220.200	48.940	33.800	15.100
90x7	90.000	7.000	17.500	21.560	235.800	52.400	33.100	16.920
90x8	90.000	8.000	20.000	24.040	254.200	56.480	32.500	18.870
100x3	100.000	3.000	6.000	11.410	177.000	35.400	39.400	8.960
100x4	100.000	4.000	8.000	14.950	225.100	45.020	38.800	11.730
100x5	100.000	5.000	10.000	18.360	270.900	54.190	38.400	14.410
100x6	100.000	6.000	12.000	21.630	311.200	62.240	37.900	16.980
100x7	100.000	7.000	17.500	24.360	336.700	67.330	37.200	19.120
100x8	100.000	8.000	20.000	27.240	365.400	73.090	36.600	21.390
120x3	120.000	3.000	6.000	13.810	312.300	52.050	47.600	10.840
120x4	120.000	4.000	8.000	18.150	402.200	67.030	47.100	14.250
120x5	120.000	5.000	10.000	22.360	485.300	80.880	46.600	17.550
120x6	120.000	6.000	12.000	26.430	561.800	93.640	46.100	20.750
120x7	120.000	7.000	17.500	29.960	616.800	102.800	45.400	23.520
120x8	120.000	8.000	20.000	33.640	676.200	112.700	44.800	26.410
140x4	140.000	4.000	8.000	21.350	651.500	93.070	55.200	16.760
140x5	140.000	5.000	10.000	26.360	790.300	112.900	54.800	20.690
140x6	140.000	6.000	12.000	31.230	920.000	131.400	54.300	24.520

	b	s	r <sub>1</sub>	A	I <sub>y</sub> =I <sub>z</sub>	W <sub>y</sub> =W <sub>z</sub>	i <sub>y</sub> =i <sub>z</sub>	P
	MM	MM	MM	CM <sup>2</sup>	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	КГ/М
140x7	140.000	7.000	17.500	35.560	1020.000	145.700	53.600	27.910
140x7.5	140.000	7.500	19.000	37.820	1074.000	153.500	53.300	29.690
140x8	140.000	8.000	20.000	40.040	1126.000	160.800	53.000	31.430
150x4	150.000	4.000	8.000	22.950	807.700	107.700	59.300	18.010
150x4.5	150.000	4.500	9.000	25.670	896.100	119.500	59.100	20.150
150x5	150.000	5.000	10.000	28.360	981.800	130.900	58.800	22.260
150x5.5	150.000	5.500	11.000	31.010	1065.000	142.000	58.600	24.340
150x6	150.000	6.000	12.000	33.630	1145.000	152.700	58.400	26.400
150x6.5	150.000	6.500	16.500	35.860	1203.000	160.400	57.900	28.150
150x7	150.000	7.000	17.500	38.360	1275.000	170.000	57.700	30.110
150x7.5	150.000	7.500	19.000	40.820	1344.000	179.200	57.400	32.040
150x8	150.000	8.000	20.000	43.240	1411.000	188.100	57.100	33.950
160x4	160.000	4.000	8.000	24.550	987.000	123.400	63.400	19.270
160x4.5	160.000	4.500	9.000	27.470	1096.000	137.000	63.200	21.560
160x5	160.000	5.000	10.000	30.360	1202.000	150.300	62.900	23.830
160x5.5	160.000	5.500	11.000	33.210	1305.000	163.100	62.700	26.070
160x6	160.000	6.000	12.000	36.030	1405.000	175.600	62.400	28.290
160x6.5	160.000	6.500	16.500	38.460	1479.000	184.800	62.000	30.190
160x7	160.000	7.000	17.500	41.160	1569.000	196.100	61.700	32.310
160x7.5	160.000	7.500	19.000	43.820	1656.000	207.000	61.500	34.400
160x8	160.000	8.000	20.000	46.440	1740.000	217.500	61.200	36.460
180x5	180.000	5.000	10.000	34.360	1737.000	192.900	71.100	26.970
180x5.5	180.000	5.500	11.000	37.610	1888.000	209.800	70.900	29.520
180x6	180.000	6.000	12.000	40.830	2036.000	226.200	70.600	32.050
180x6.5	180.000	6.500	16.500	43.660	2150.000	238.900	70.200	34.270
180x7	180.000	7.000	17.500	46.760	2286.000	254.000	69.900	36.700
180x7.5	180.000	7.500	19.000	49.820	2417.000	268.600	69.700	39.110
180x8	180.000	8.000	20.000	52.840	2545.000	282.700	69.400	41.480
180x8.5	180.000	8.500	21.500	55.830	2668.000	296.500	69.100	43.830
180x9	180.000	9.000	23.000	58.780	2787.000	309.700	68.900	46.140
180x10	180.000	10.000	25.000	64.570	3015.000	335.000	68.300	50.680
200x6	200.000	6.000	12.000	45.630	2832.000	283.200	78.800	35.820
200x6.5	200.000	6.500	16.500	48.860	3000.000	300.000	78.400	38.350
200x7	200.000	7.000	17.500	52.360	3193.000	319.300	78.100	41.100
200x7.5	200.000	7.500	19.000	55.820	3382.000	338.200	77.800	43.820
200x8	200.000	8.000	20.000	59.240	3565.000	356.500	77.600	46.510
200x8.5	200.000	8.500	21.500	62.630	3743.000	374.300	77.300	49.160
200x9	200.000	9.000	23.000	65.980	3917.000	391.700	77.000	51.790
200x9.5	200.000	9.500	24.000	69.290	4085.000	408.500	76.800	54.390
200x10	200.000	10.000	25.000	72.570	4249.000	424.900	76.500	56.960
200x10.5	200.000	10.500	31.500	74.860	4309.000	430.900	75.900	58.760
200x11	200.000	11.000	33.000	77.970	4454.000	445.400	75.600	61.200
200x12	200.000	12.000	36.000	84.060	4727.000	472.700	75.000	65.990
250x6	250.000	6.000	12.000	57.630	5671.000	453.700	99.200	45.240
250x6.5	250.000	6.500	16.500	61.860	6036.000	482.900	98.800	48.560
250x7	250.000	7.000	17.500	66.360	6441.000	515.300	98.500	52.090
250x7.5	250.000	7.500	19.000	70.820	6838.000	547.100	98.300	55.590
250x8	250.000	8.000	20.000	75.240	7227.000	578.200	98.000	59.070
250x8.5	250.000	8.500	21.500	79.630	7607.999	608.700	97.700	62.510
250x9	250.000	9.000	23.000	83.980	7980.999	638.500	97.500	65.920
250x9.5	250.000	9.500	24.000	88.290	8345.999	667.700	97.200	69.310
250x10	250.000	10.000	25.000	92.570	8702.999	696.300	97.000	72.660
250x10.5	250.000	10.500	31.500	95.860	8899.999	712.000	96.400	75.250
250x11	250.000	11.000	33.000	99.970	9226.999	738.100	96.100	78.470
250x12	250.000	12.000	36.000	108.100	9853.999	788.300	95.500	84.830
300x6	300.000	6.000	12.000	69.630	9962.999	664.200	119.600	54.660
300x7	300.000	7.000	17.500	80.360	11369.999	758.000	118.900	63.080
300x8	300.000	8.000	20.000	91.240	12798.000	853.200	118.400	71.630
300x9	300.000	9.000	23.000	102.000	14179.999	945.300	117.900	80.050
300x10	300.000	10.000	25.000	112.600	15514.998	1034.000	117.400	88.360
300x11	300.000	11.000	33.000	122.000	16563.998	1104.000	116.500	95.740
300x12	300.000	12.000	36.000	132.100	17760.998	1184.000	116.000	103.700

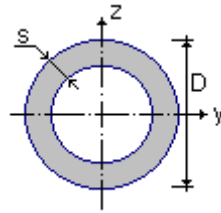
Стальные гнутые замкнутые сварные прямоугольные профили по ГОСТ 30245-2003



	h	b	s	r <sub>1</sub>	A	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	W <sub>z</sub>	i <sub>z</sub>	P
	MM	MM	MM	MM	CM <sup>2</sup>	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	КГ/М
100x40x7	100	40	7	17.5	15.96	155	31.01	31.2	34.39	17.19	14.7	12.53
100x50x5	100	50	5	10	13.36	158.1	31.62	34.4	52.29	20.92	19.8	10.48
100x50x6	100	50	6	12	15.63	178.7	35.73	33.8	58.4	23.36	19.3	12.27
100x50x7	100	50	7	17.5	17.36	185.3	37.06	32.7	60.74	24.29	18.7	13.63
100x60x5	100	60	5	10	14.36	180.7	36.14	35.5	80.66	26.89	23.7	11.27
100x60x6	100	60	6	12	16.83	205.2	41.03	34.9	90.93	30.31	23.2	13.21
100x60x7	100	60	7	17.5	18.76	215.6	43.12	33.9	95.77	31.92	22.6	14.72
120x40x5	120	40	5	10	14.36	220.8	36.79	39.2	36.72	18.36	16	11.27
120x40x6	120	40	6	12	16.83	249.9	41.65	38.5	40.63	20.31	15.5	13.21
120x40x7	120	40	7	17.5	18.76	259.2	43.21	37.2	42.01	21	15	14.72
120x60x5	120	60	5	10	16.36	286.9	47.82	41.9	95.79	31.93	24.2	12.84
120x60x6	120	60	6	12	19.23	327.9	54.65	41.3	108.4	36.14	23.7	15.1
120x60x7	120	60	7	17.5	21.56	348.6	58.1	40.2	115.4	38.48	23.1	16.92
120x80x5	120	80	5	10	18.36	353	58.84	43.9	187.6	46.89	32	14.41
120x80x6	120	80	6	12	21.63	405.9	67.64	43.3	214.7	53.67	31.5	16.98
120x80x7	120	80	7	17.5	24.36	438	73	42.4	232	57.99	30.9	19.12
140x60x5	140	60	5	10	18.36	425.8	60.83	48.2	110.9	36.97	24.6	14.41
140x60x6	140	60	6	12	21.63	489.1	69.87	47.5	125.9	41.97	24.1	16.98
140x60x7	140	60	7	17.5	24.36	524.8	74.97	46.4	135.1	45.03	23.6	19.12
140x100x5	140	100	5	10	22.36	608.1	86.87	52.2	361.2	72.24	40.2	17.55
140x100x6	140	100	6	12	26.43	704.5	100.6	51.6	417.2	83.45	39.7	20.75
140x100x7	140	100	7	17.5	29.96	772.4	110.3	50.8	457.8	91.55	39.1	23.52
140x120x4	140	120	4	8	19.75	577.5	82.5	54.1	456	76	48.1	15.5
140x120x5	140	120	5	10	24.36	699.2	99.88	53.6	551.4	91.9	47.6	19.12
140x120x6	140	120	6	12	28.83	812.3	116	53.1	639.8	106.6	47.1	22.63
140x120x7	140	120	7	17.5	32.76	896.3	128	52.3	706.2	117.7	46.4	25.71
140x120x8	140	120	8	20	36.84	986.5	140.9	51.7	776.5	129.4	45.9	28.92
150x100x5	150	100	5	10	23.36	719	95.87	55.5	383.7	76.75	40.5	18.33
150x100x6	150	100	6	12	27.63	834.4	111.3	55	443.7	88.75	40.1	21.69
160x40x5	160	40	5	10	18.36	481.3	60.16	51.2	48.97	24.48	16.3	14.41
160x40x6	160	40	6	12	21.63	551.2	68.9	50.5	54.5	27.25	15.9	16.98
160x40x7	160	40	7	17.5	24.36	585.8	73.22	49	57.26	28.63	15.3	19.12
160x80x4	160	80	4	8	18.15	597.6	74.71	57.4	203.4	50.85	33.5	14.25
160x80x5	160	80	5	10	22.36	721.6	90.2	56.8	243.8	60.95	33	17.55
160x80x6	160	80	6	12	26.43	835.8	104.5	56.2	280.4	70.1	32.6	20.75
160x80x7	160	80	7	17.5	29.96	913.5	114.2	55.2	306.6	76.64	32	23.52
160x100x6	160	100	6	12	28.83	978.1	122.3	58.2	470.2	94.05	40.4	22.63
160x100x7	160	100	7	17.5	32.76	1077	134.7	57.3	518.3	103.7	39.8	25.71
160x100x8	160	100	8	20	36.84	1186	148.2	56.7	568.6	113.7	39.3	28.92
160x120x6	160	120	6	12	31.23	1120	140	59.9	717.8	119.6	47.9	24.52
160x120x7	160	120	7	17.5	35.56	1241	155.2	59.1	795.5	132.6	47.3	27.91
160x120x8	160	120	8	20	40.04	1371	171.3	58.5	876.9	146.1	46.8	31.43
160x140x5	160	140	5	10	28.36	1082	135.2	61.8	881.4	125.9	55.8	22.26
160x140x6	160	140	6	12	33.63	1263	157.8	61.3	1028	146.8	55.3	26.4

	h	b	s	r <sub>1</sub>	A	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	W <sub>z</sub>	i <sub>z</sub>	P
	MM	MM	MM	MM	CM <sup>2</sup>	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	CM <sup>4</sup>	CM <sup>3</sup>	MM	KG/M
160x140x7	160	140	7	17.5	38.36	1405	175.6	60.5	1144	163.4	54.6	30.11
160x140x8	160	140	8	20	43.24	1555	194.4	60	1265	180.8	54.1	33.95
180x60x6	180	60	6	12	26.43	946	105.1	59.8	160.9	53.6	24.7	20.75
180x60x7	180	60	7	17.5	29.96	1029	114.3	58.6	174.4	58.1	24.1	23.52
180x60x8	180	60	8	20	33.64	1125	125	57.8	188.2	62.7	23.7	26.41
180x80x6	180	80	6	12	28.83	1128	125.3	62.5	313.3	78.31	33	22.63
180x100x6	180	100	6	12	31.23	1309	145.5	64.7	523.3	104.7	40.9	24.52
180x100x7	180	100	7	17.5	35.56	1448	160.9	63.8	578.8	115.8	40.3	27.91
180x100x8	180	100	8	20	40.04	1598	177.6	63.2	636.3	127.3	39.9	31.43
180x140x6	180	140	6	12	36.03	1673	185.85	68.1	1135	162.2	56.1	28.29
180x140x7	180	140	7	17.5	41.16	1867	207.43	67.3	1268	181.1	55.5	32.31
180x140x8	180	140	8	20	46.44	2071	230.15	66.8	1405	200.8	55	36.46
200x40x6	200	40	6	12	26.43	1026	102.6	62.3	68.37	34.19	16.1	20.75
200x40x7	200	40	7	17.5	29.96	1107	110.7	60.8	72.5	36.25	15.6	23.52
200x80x6	200	80	6	12	31.23	1477	147.7	68.8	346.1	86.53	33.3	24.52
200x80x7	200	80	7	17.5	35.56	1629	162.9	67.7	381.2	95.29	32.7	27.91
200x80x8	200	80	8	20	40.04	1795	179.5	67	416.9	104.2	32.3	31.43
200x100x6	200	100	6	12	33.63	1703	170.3	71.2	576.3	115.3	41.4	26.4
200x100x7	200	100	7	17.5	38.36	1889	188.9	70.2	639.4	127.9	40.8	30.11
200x100x8	200	100	8	20	43.24	2090	209	69.5	704	140.8	40.3	33.95
200x120x7	200	120	7	17.5	41.16	2150	215	72.3	974.3	162.4	48.7	32.31
200x120x8	200	120	8	20	46.44	2385	238.5	71.7	1078	179.6	48.2	36.46
200x160x5	200	160	5	10	34.36	2029	202.9	76.9	1442	180.3	64.8	26.97
200x160x6	200	160	6	12	40.83	2380	238	76.4	1690	211.2	64.3	32.05
200x160x7	200	160	7	17.5	46.76	2672	267.2	75.6	1897	237.1	63.7	36.7
200x160x8	200	160	8	20	52.84	2975	297.5	75	2110	263.7	63.2	41.48
220x100x6	220	100	6	12	36.03	2164	196.7	77.5	629.3	125.86	41.8	28.29
220x100x7	220	100	7	17.5	41.16	2408	218.9	76.5	699.9	139.99	41.2	32.31
220x100x8	220	100	8	20	46.44	2669	242.7	75.8	771.7	154.34	40.8	36.46
220x140x6	220	140	6	12	40.83	2714	246.7	81.5	1351	193	57.5	32.05
220x140x7	220	140	7	17.5	46.76	3043	276.6	80.7	1515	216.5	56.9	36.7
220x140x8	220	140	8	20	52.84	3388	308	80.1	1683	240.5	56.4	41.48
240x120x5	240	120	5	10	34.36	2579	215	86.6	882	147	50.7	26.97
240x120x6	240	120	6	12	40.83	3026	252.1	86.1	1030	171.6	50.2	32.05
240x120x7	240	120	7	17.5	46.76	3388	282.4	85.1	1153	192.2	49.7	36.7
240x120x8	240	120	8	20	52.84	3771	314.3	84.5	1278	213.1	49.2	41.48
240x160x6	240	160	6	12	45.63	3683	306.9	89.8	1974	246.8	65.8	35.82
240x160x7	240	160	7	17.5	52.36	4148	345.7	89	2224	278.1	65.2	41.1
240x160x8	240	160	8	20	59.24	4633	386.1	88.4	2480	309.9	64.7	46.51
240x160x9	240	160	9	22.5	65.98	5091	424.2	87.8	2720	340	64.2	51.79
250x150x6	250	150	6	12	45.63	3885	310.8	92.3	1768	235.7	62.2	35.82
250x150x7	250	150	7	17.5	52.36	4375	350	91.4	1991	265.4	61.7	41.1
250x150x8	250	150	8	20	59.24	4885	390.8	90.8	2217	295.7	61.2	46.51
260x130x6	260	130	6	12	44.43	3888	299	93.5	1326	204	54.6	34.88
260x130x7	260	130	7	17.5	50.96	4369	336.1	92.6	1490	229.2	54.1	40
260x130x8	260	130	8	20	57.64	4874	374.9	92	1656	254.8	53.6	45.25
260x130x9	260	130	9	22.5	64.18	5350	411.6	91.3	1811	278.6	53.1	50.38
300x100x7	300	100	7	17.5	52.36	5360	357.3	101.2	942.1	188.4	42.4	41.1
300x100x8	300	100	8	20	59.24	5977	398.5	100.4	1043	208.5	42	46.51
300x100x9	300	100	9	22.5	65.98	6559	437.3	99.7	1135	227	41.5	51.79
300x200x6	300	200	6	12	57.63	7370	491.3	113.1	3961	396.1	82.9	45.24
300x200x7	300	200	7	17.5	66.36	8365	557.7	112.3	4497	449.7	82.3	52.09
300x200x8	300	200	8	20	75.24	9388	625.9	111.7	5039	503.9	81.8	59.07

Трубы по ГОСТ 10704-91



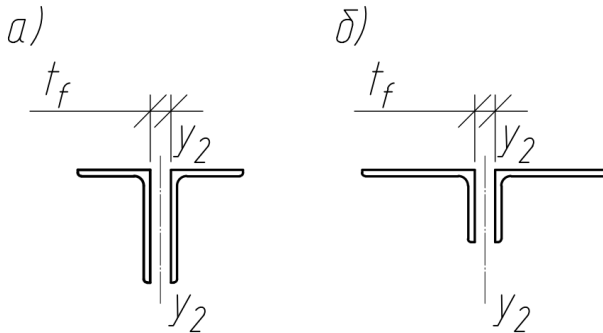
	D	s	P	A
	MM	MM	КГ/М	CM <sup>2</sup>
D60x4.5	60.000	4.500	6.160	7.840
D60x5	60.000	5.000	6.780	8.630
D60x5.5	60.000	5.500	7.390	9.410
D60x6	60.000	6.000	7.990	10.170
D60x7	60.000	7.000	9.140	11.650
D60x8	60.000	8.000	10.250	13.060
D60x9	60.000	9.000	11.310	14.410
D63x4	63.500	4.000	5.870	7.470
D63x4	63.500	4.500	6.540	8.340
D63x5	63.500	5.000	7.210	9.180
D68x5	68.000	5.000	7.760	9.890
D68x6	68.000	6.000	9.170	11.680
D68x7	68.000	7.000	10.530	13.410
D68x8	68.000	8.000	11.830	15.070
D68x9	68.000	9.000	13.090	16.670
D68x10	68.000	10.000	14.300	18.210
D70x5	70.000	5.000	8.010	10.210
D70x6	70.000	6.000	9.470	12.060
D70x7	70.000	7.000	10.870	13.850
D70x8	70.000	8.000	12.230	15.570
D70x9	70.000	9.000	13.530	17.240
D73x4	73.000	4.000	6.800	8.670
D73x5	73.000	5.000	8.380	10.680
D73x6	73.000	6.000	9.910	12.620
D73x7	73.000	7.000	11.390	14.510
D73x8	73.000	8.000	12.820	16.330
D73x9	73.000	9.000	14.200	18.090
D73x10	73.000	10.000	15.530	19.780
D76x3	76.000	3.000	5.400	6.880
D76x4	76.000	4.000	7.100	9.040
D76x5	76.000	5.000	8.750	11.150
D76x6	76.000	6.000	10.350	13.190
D76x7	76.000	7.000	11.910	15.170
D76x8	76.000	8.000	13.410	17.080
D76x9	76.000	9.000	14.860	18.930
D76x10	76.000	10.000	16.270	20.720
D83x3	83.000	3.000	5.920	7.540
D83x4	83.000	4.000	7.790	9.920
D83x5	83.000	5.000	9.610	12.250
D83x6	83.000	6.000	11.390	14.510
D83x7	83.000	7.000	13.110	16.700
D83x8	83.000	8.000	14.790	18.840
D83x9	83.000	9.000	16.420	20.910
D83x10	83.000	10.000	17.990	22.920
D89x3	89.000	3.000	6.360	8.100
D89x4	89.000	4.000	8.380	10.680
D89x5	89.000	5.000	10.350	13.190
D89x6	89.000	6.000	12.280	15.640
D89x7	89.000	7.000	14.150	18.020
D89x8	89.000	8.000	15.970	20.350
D89x9	89.000	9.000	17.750	22.610
D89x10	89.000	10.000	19.470	24.810
D95x3	95.000	3.000	6.800	8.670
D95x4	95.000	4.000	8.970	11.430
D95x5	95.000	5.000	11.090	14.130
D95x6	95.000	6.000	13.160	16.770

	D	s	P	A
	MM	MM	кг/м	CM <sup>2</sup>
D95x7	95.000	7.000	15.180	19.340
D95x8	95.000	8.000	17.160	21.850
D95x9	95.000	9.000	19.080	24.300
D95x10	95.000	10.000	20.950	26.690
D102x3	102.000	3.000	7.320	9.330
D102x4	102.000	4.000	9.660	12.310
D102x5	102.000	5.000	11.950	15.230
D102x6	102.000	6.000	14.200	18.090
D102x7	102.000	7.000	16.390	20.880
D102x8	102.000	8.000	18.540	23.610
D102x9	102.000	9.000	20.630	26.280
D102x10	102.000	10.000	22.680	28.890
D108x3	108.000	3.000	7.760	9.890
D108x4	108.000	4.000	10.250	13.060
D108x4.5	108.000	4.500	11.480	14.620
D108x5	108.000	5.000	12.690	16.170
D108x5.5	108.000	5.500	13.900	17.700
D108x6	108.000	6.000	15.090	19.220
D108x7	108.000	7.000	17.430	22.200
D108x8	108.000	8.000	19.720	25.120
D108x9	108.000	9.000	21.960	27.980
D108x10	108.000	10.000	24.160	30.770
D114x3	114.000	3.000	8.210	10.460
D114x4	114.000	4.000	10.850	13.820
D114x5	114.000	5.000	13.430	17.110
D114x6	114.000	6.000	15.970	20.350
D114x7	114.000	7.000	18.460	23.520
D114x8	114.000	8.000	20.900	26.630
D114x9	114.000	9.000	23.290	29.670
D114x10	114.000	10.000	25.630	32.660
D121x3	121.000	3.000	8.730	11.120
D121x4	121.000	4.000	11.540	14.700
D121x5	121.000	5.000	14.300	18.210
D121x6	121.000	6.000	17.010	21.670
D121x7	121.000	7.000	19.670	25.060
D121x8	121.000	8.000	22.280	28.390
D121x9	121.000	9.000	24.850	31.650
D121x10	121.000	10.000	27.360	34.850
D127x3	127.000	3.000	9.170	11.680
D127x3.5	127.000	3.500	10.650	13.570
D127x4	127.000	4.000	12.130	15.450
D127x5	127.000	5.000	15.040	19.150
D127x6	127.000	6.000	17.900	22.800
D127x7	127.000	7.000	20.710	26.380
D127x8	127.000	8.000	23.470	29.890
D127x9	127.000	9.000	26.180	33.350
D127x10	127.000	10.000	28.840	36.740
D133x4	133.000	4.000	12.720	16.200
D133x5	133.000	5.000	15.780	20.100
D133x6	133.000	6.000	18.780	23.930
D133x7	133.000	7.000	21.740	27.690
D133x8	133.000	8.000	24.650	31.400
D133x9	133.000	9.000	27.510	35.040
D133x10	133.000	10.000	30.320	38.620
D140x5	140.000	5.000	16.640	21.200
D140x6	140.000	6.000	19.820	25.250
D140x7.0	140.000	7.000	22.950	29.230
D140x8	140.000	8.000	26.030	33.160
D140x9	140.000	9.000	29.060	37.020
D140x10	140.000	10.000	32.040	40.820
D146x4.5	146.000	4.500	15.700	19.990
D146x5	146.000	5.000	17.380	22.140
D146x6	146.000	6.000	20.710	26.380
D146x7	146.000	7.000	23.980	30.550
D146x8	146.000	8.000	27.210	34.670
D146x9	146.000	9.000	30.390	38.720
D146x10	146.000	10.000	33.520	42.700
D152x5.0	152.000	5.000	18.120	23.080
D152x6	152.000	6.000	21.590	27.510



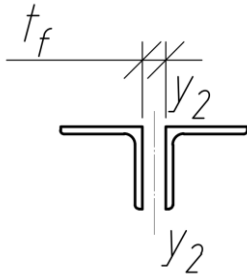
	D	s	P	A
	MM	MM	кг/м	см <sup>2</sup>
D152x7	152.000	7.000	25.020	31.870
D152x8	152.000	8.000	28.400	36.170
D152x9	152.000	9.000	31.720	40.410
D152x10	152.000	10.000	35.000	44.590
D159x4	159.000	4.000	15.280	19.470
D159x5	159.000	5.000	18.980	24.180
D159x6	159.000	6.000	22.630	28.830
D159x7	159.000	7.000	26.230	33.410
D159x8	159.000	8.000	29.780	37.930
D159x9	159.000	9.000	33.280	42.390
D159x10	159.000	10.000	36.730	46.790
D168x4	168.000	4.000	16.170	20.600
D168x5	168.000	5.000	20.090	25.590
D168x6	168.000	6.000	23.960	30.520
D168x7	168.000	7.000	27.780	35.390
D168x8	168.000	8.000	31.550	40.190
D168x9	168.000	9.000	35.270	44.930
D180x5	180.000	5.000	21.570	27.480
D180x6	180.000	6.000	25.730	32.780
D180x7	180.000	7.000	29.850	38.030
D180x8	180.000	8.000	33.920	43.210
D180x9	180.000	9.000	37.930	48.320
D194x5	194.000	5.000	23.290	29.670
D194x6	194.000	6.000	27.800	35.420
D194x7	194.000	7.000	32.270	41.100
D194x8	194.000	8.000	36.680	46.720
D203x6	203.000	6.000	29.140	37.110
D203x7	203.000	7.000	33.820	43.080
D203x8	203.000	8.000	38.450	48.980
D203x9	203.000	9.000	43.040	54.820
D203x10	203.000	10.000	47.570	60.600
D203x11	203.000	11.000	52.060	66.320
D219x5	219.000	5.000	26.370	33.600
D219x6	219.000	6.000	31.500	40.130
D219x7	219.000	7.000	36.580	46.600
D219x8	219.000	8.000	41.610	53.000
D219x9	219.000	9.000	46.590	59.350
D219x10	219.000	10.000	51.520	65.630
D219x11	219.000	11.000	56.400	71.840
D219x12	219.000	12.000	61.230	78.000
D245x5	245.000	5.000	29.580	37.680
D245x6	245.000	6.000	35.350	45.030
D245x7	245.000	7.000	41.070	52.310
D245x8	245.000	8.000	46.730	59.530
D245x9	245.000	9.000	52.350	66.690
D273x4	273.000	4.000	26.520	33.790
D273x6	273.000	6.000	39.490	50.300
D273x7	273.000	7.000	45.900	58.470
D273x8	273.000	8.000	52.260	66.570
D273x9	273.000	9.000	58.570	74.610
D299x5	299.000	5.000	36.230	46.160
D299x6	299.000	6.000	43.330	55.200

Радиус инерции для двух неравнополочных уголков



Номер уголка	Размер, мм			$I_{y1},$ см <sup>4</sup>	$I_{x1},$ см <sup>4</sup>	Радиус инерции $i_{y2}$ для двух уголков по схеме							
	h	b	t			"а" при $t_f$ мм				"б" при $t_f$ мм			
						8	10	12	14	8	10	12	14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6.3/4	63	40	5	10.8	41,4	1.75	1.83	1.91	1.99	3.19	3.26	3.34	3.42
			6	13.1	49,9	1.78	1.89	1.94	2.02	3.21	3.29	3.36	3.45
			8	17.9	66,9	1.83	1.91	1.99	2.08	3.26	3.34	3.42	3.5
7/4.5	70	45	5	15.2	56,7	1.93	2.01	2.08	2.17	3.49	3.56	3.64	3.72
			7.5/5	75	50	5	20.8	69,7	2.13	2.21	2.28	2.36	3.67
6	25.2	83,9	2.15			2.22	2.3	2.38	3.7	3.78	3.86	3.94	
8	34.2	112	2.19			2.27	2.37	2.43	3.75	3.83	3.91	3.98	
8/5	80	50	5	20.8	84,6	2.08	2.16	2.23	2.3	3.94	4.02	4.11	4.19
			6	25.2	102	2.1	2.18	2.26	2.34	3.97	4.05	4.13	4.21
9/5.6	90	56	5.5	32.2	132	2.29	2.36	2.44	2.52	4.4	4.47	4.55	4.63
			6	35.2	155	2.3	2.38	2.45	2.53	4.42	4.49	4.57	4.65
			7	47.8	194	2.35	2.43	2.51	2.58	4.47	4.52	4.62	4.7
10/6.3	100	63	6	49.9	198	2.55	2.62	2.7	2.77	4.84	4.92	4.99	5.07
			7	58.7	232	2.57	2.64	2.72	2.78	4.87	4.95	5.02	5.1
			8	67.6	266	2.59	2.66	2.74	2.82	4.89	4.97	5.04	5.12
			10	85.8	383	2.64	2.71	2.79	2.87	4.94	5.01	5.09	5.17
11/7	110	70	6.5	74.3	286	2.81	2.88	2.96	3.03	5.3	5.37	5.44	5.52
			7	80.3	309	2.82	2.89	2.97	3.04	5.31	5.38	5.45	5.53
			8	92.3	353	2.84	2.92	2.99	3.07	5.33	5.41	5.49	5.56
12.5/8	125	80	7	119	452	3.17	3.24	3.31	3.39	5.96	6.04	6.11	6.19
			8	137	518	3.19	3.27	3.34	3.41	5.98	6.06	6.13	6.21
			10	173	648	3.23	3.31	3.37	3.46	6.04	6.11	6.19	6.27
			12	210	781	3.28	3.35	3.43	3.51	6.08	6.15	6.23	6.31
14/9	140	90	8	194	727	3.55	3.61	3.69	3.76	6.64	6.72	6.79	6.86
			10	245	911	3.6	3.67	3.74	3.82	6.96	6.77	6.81	6.92
			12	296	1124	3.65	3.72	3.79	3.87	7.28	7.35	7.42	7.5
16/10	160	100	9	300	1221	3.87	3.95	4.02	4.09	7.6	7.67	7.75	7.82
			10	335	1359	3.9	3.97	4.04	4.12	7.62	7.69	7.77	7.84
			12	405	1634	3.9	4.02	4.09	4.16	7.67	7.75	7.82	7.9
			14	477	1910	3.98	4.05	4.13	4.2	7.51	7.78	7.86	7.94
18/11	180	110	10	444	1933	4.22	4.29	4.36	4.43	8.55	8.62	8.69	8.77
			12	537	2324	4.26	4.33	4.4	4.47	8.59	8.67	8.75	8.82
20/12.5	200	125	11	718	2920	4.79	4.86	4.93	5	9.44	9.51	9.59	9.66
			12	786	3189	4.81	4.88	4.95	5.02	9.46	9.54	9.62	9.68
			14	922	3726	4.85	4.92	4.99	5.06	9.5	9.58	9.65	9.73
			16	1061	4264	4.89	4.95	5.03	5.1	9.55	9.63	9.7	9.78
25/16	250	160	12	1634	6212	6.07	6.13	6.2	6.27	11.62	11.71	11.77	11.85
			16	2200	8308	6.14	6.21	6.27	6.34	11.73	11.78	11.86	11.94
			18	2487	9358	6.18	6.21	6.31	6.38	11.76	11.84	11.91	11.98
			20	2776	10410	6.2	6.28	6.28	6.42	11.81	11.95	12.03	12.03

Радиус инерции для двух равнополочных уголков



Номер уголка	Размер		Радиус инерции $j_{y2}$ (см) двух уголков при $t_f$ , мм			
	b	t	8	10	12	14
1	2	3	4	5	6	7
5	50	4	2,35	2,43	2,51	2,59
		5	2,38	2,45	2,53	2,61
		6	2,40	2,48	2,56	2,64
		7*	2,42	2,50	2,58	2,66
		8*	2,44	2,52	2,60	2,68
5,6	56	4	2,58	2,66	2,73	2,81
		5	2,61	2,72	2,77	2,85
6*	60	4	2,74	2,82	2,89	2,97
		5	2,76	2,84	2,92	2,99
		6	2,79	2,86	2,94	3,02
		8	2,83	2,91	2,99	3,07
		10	2,87	2,95	3,03	3,11
6,3	63	4	2,86	2,93	3,01	3,09
		5	2,89	2,96	3,04	3,12
		6	2,9	2,99	3,06	3,14
7	70	4,5	3,21	3,21	3,29	3,37
		5	3,16	3,23	3,3	3,38
		6	3,18	3,25	3,33	3,4
		7	3,2	3,28	3,38	3,44
		8	3,22	3,29	3,37	3,45
		10	3,27	3,34	3,42	3,50
7,5	75	5	3,35	3,42	3,49	3,57
		6	3,3	3,44	3,52	3,6
		7	3,4	3,47	3,54	3,62
		8	3,43	3,5	3,57	3,65
		9	3,44	3,51	3,59	3,67
8	80	5,5	3,57	3,64	3,71	3,79
		6	3,58	3,65	3,72	3,8
		7	3,6	3,67	3,75	3,82
		8	3,62	3,69	3,77	3,84
		10	3,62	3,69	3,77	3,85
		12	3,7	3,78	3,85	3,93
9	90	6	3,96	4,04	4,11	4,19
		7	3,99	4,06	4,13	4,21
		8	4,01	4,08	4,16	4,23
		9	4,04	4,11	4,18	4,26
		10	4,05	4,13	4,20	4,28
		12	4,1	4,17	4,25	4,33
10	100	6,5	4,36	4,43	4,5	4,57
		7	4,38	4,45	4,52	4,59
		8	4,47	4,54	4,62	4,62
		10	4,44	4,52	4,59	4,66
		12	4,48	4,56	4,63	4,71
		14	4,53	4,6	4,68	4,76
		15	4,55	4,63	4,70	4,78
11	110	16	4,64	4,72	4,72	4,8
		7	4,78	4,85	4,92	5
		8	4,8	4,87	4,95	5,02
12	120	8	5,21	5,28	5,35	5,42

		10	5,25	5,32	5,39	5,47
		12	5,29	5,36	5,44	5,51
		15	5,35	5,43	5,50	5,58
12,5	125	8	5,39	5,46	5,53	5,6
		9	5,41	5,48	5,56	5,63
		10	5,44	5,52	5,58	5,66
		12	5,48	5,55	5,62	5,7
		14	5,52	5,6	5,67	5,75
		16	5,66	5,72	5,72	5,78
14	140	9	6,02	6,1	6,16	6,24
		10	6,05	6,12	6,19	6,26
		12	6,08	6,15	6,25	6,3
15	150	10	6,45	6,52	6,59	6,66
		12	6,49	6,56	6,63	6,70
		15	6,55	6,62	6,69	6,77
		18	6,60	6,68	6,75	6,82
16	160	10	6,84	6,91	6,97	7,05
		11	6,86	6,93	7	7,13
		12	6,88	6,95	7,02	7,09
		14	6,91	6,98	7,05	7,13
		16	6,95	7,03	7,1	7,18
		18	7	7,07	7,14	7,22
		20	7,04	7,11	7,18	7,26
18	180	11	7,67	7,74	7,81	7,82
		12	7,69	7,76	7,83	7,84
		15*	7,75	7,82	7,89	7,96
		18*	7,81	7,88	7,95	8,02
		20*	7,84	7,91	7,98	8,06
20	200	12	8,48	8,55	8,62	8,69
		13	8,5	8,58	8,64	8,71
		14	8,52	8,6	8,66	8,73
		16	8,56	8,64	8,7	8,77
		18	8,61	8,68	8,75	8,82
		20*	8,65	8,72	8,79	8,86
		24*	8,72	8,79	8,86	8,93
		25	8,74	8,81	8,88	8,95
		30	8,83	8,9	8,97	9,05
22	220	14	9,31	9,37	9,45	9,52
		16	9,35	9,42	9,49	9,56
25	250	16	10,55	10,62	10,68	10,75
		18	10,59	10,65	10,72	10,8
		20	10,62	10,69	10,76	10,83
		22	10,67	10,74	10,81	10,88
		25	10,72	10,79	10,86	10,93
		28	10,78	10,85	10,92	10,99
		30	10,82	10,89	10,96	10,03