

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра металлических конструкций и
испытания сооружений

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям по курсу
«Металлические и деревянные конструкции»
для студентов направления «Строительство»
профилей «Экспертиза и управление недвижимостью» 270809.62 и
«Городское хозяйство и строительство» 270803.62.
Часть I «Металлические конструкции»

Казань 2014

УДК 624.046.2

ББК 38.02

Д88

Д 88 Методические указания к практическим занятиям по курсу «Металлические и деревянные конструкции» для студентов направления «Строительство» профилей «Экспертиза и управление недвижимостью» 270809.62 и «Городское хозяйство и строительство» 270803.62. Часть I «Металлические конструкции»/ Сост.:М.А.Дымолазов, Д.М.Хусаинов, Исаев А.В. Казань: КГАСУ, 2014.- 35 с.

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

Приводятся примеры расчетов элементов строительных конструкций из стали с пояснениями и ссылками на Строительные Правила и Своды Правил. Изложены необходимые пояснения к расчетам и исходные данные для самостоятельного выполнения индивидуальных заданий. Методические указания предназначены для студентов направления «Строительство» профилей «Экспертиза и управление недвижимостью» 270809.62 и «Городское хозяйство и строительство» 270803.62

Рецензент
кандидат технических наук, профессор
Г.Н. Шмелев

УДК 624.046.2
ББК 38.02

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Тема № 1. Знакомство с СП 16.13330.2011(СНиП II-23-81*)	4
Тема № 2. Расчет центрально-растянутого элемента.....	5
Тема № 3. Расчет центрально-сжатого элемента.....	6
Тема № 4. Расчет изгибаемого элемента.....	9
Тема № 5. Расчет соединений элементов. Сварные угловые соединения стальных конструкций.....	11
Тема № 6. Расчет болтовых соединений элементов.....	13
Литература	16
Задания к самостоятельному решению	17
Приложения.....	23

Тема №1
Знакомство с СП 16.13330.2011(СНиП II-23-81*)

Введение

При проектировании и расчетах стальных конструкций должны соблюдаться требования свода Правил (СП) и Строительных Норм и Правил (СНиП) для стальных конструкций СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции». Актуализированная редакция СНиП II-23-81* «Стальные конструкции. Нормы проектирования» [1], СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*» [2] и ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций и оснований». Основные положения и требования [3].

В этих главах СП и СНиП приводятся данные о материалах, применяемых для изготовления стальных конструкций, их расчетные характеристики. Кроме того приведены методики расчетов элементов конструкций (центрально-растянутые, центрально-сжатые, изгибаемые, сжато-изогнутые, растянуто-изогнутые), соединений конструкций (сварные, болтовые и т.д.), основные указания по проектированию отдельных конструкций (балок, прогонов, настилов, ферм, арок, сводов, рам и т.п.). Даны рекомендации по сбору нагрузок на отдельные элементы и сооружение в целом.

Порядок определения расчетного сопротивления стали

Для стали расчетное сопротивление определяется согласно п. 6.1 [1]. Расчетные сопротивления при растяжении, сжатии и изгибе листового и фасонного проката для различных классов стали приведены в таблице В.5 [1]. Другие расчетные сопротивления, например на сдвиг, смятие и т.д. определяются в соответствии с таблицей 2 [1]. Кроме этого при определении расчетного сопротивления необходимо учитывать и коэффициент условий работы конструкции γ_c , принимаемый по таблице 1 [1].

Пример

Определить расчетное сопротивление растяжению стального проката класса стали С245 толщиной 25 мм.

Решение

По таблице 2 приложения к МУ (табл. В.5 [1]) для стали класса С245 проката толщиной от 20 до 30 мм устанавливаем $R_y=230 \text{ Н/мм}^2$.

Далее самостоятельно выполнить расчет по варианту при исходных данных, приведенных в таблице 1 настоящих МУ.

Тема № 2

Расчет центрально-растянутого элемента.

Проверка несущей способности (прочности) растянутого элемента из стали согласно п. 7.1 [1] производится по формуле

$$N/(A_n R_y \gamma_c) \leq 1, \quad (1)$$

где N - действующее усилие растяжения в элементе,

A_n - площадь сечения нетто.

R_y - расчетное сопротивление стали растяжению,

γ_c - коэффициент условия работы элемента.

Пример

Подобрать сечение стержня таврового сечения из двух равнополочных уголков, в котором действует растягивающее усилие $N=120000$ кг. Стержень загружен статической нагрузкой и имеет ослабления двумя отверстиями диаметром 16 мм просверленными в не смежных полках (рис. 1). Материал – сталь класса С245.

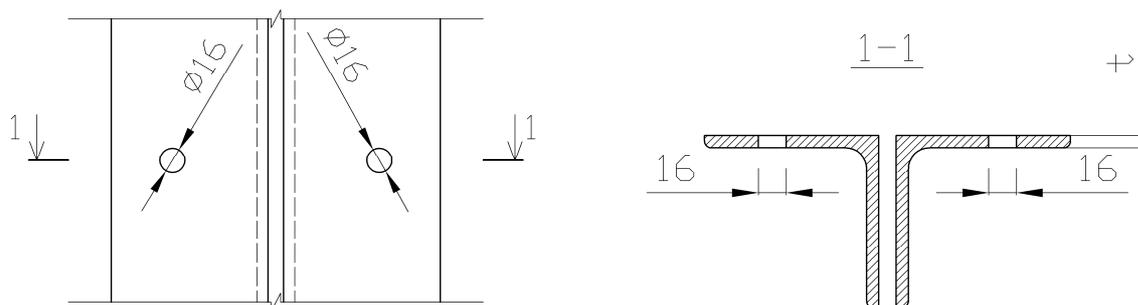


Рис. 1. К расчету центрально растянутого элемента.

Решение

1. Определение расчетного сопротивления стали

По таблице 2 приложения к МУ (табл. В.5 [1]) для проката класса стали С245 максимальной толщины определяем расчетное сопротивление стали при растяжении. Пока нам не известна толщина проката, выбираем наибольшую толщину, при которой будет худшее (меньшее) расчетное сопротивление. Для толщины проката от 20 до 30 мм это $R_y=230Н/мм^2$. Коэффициент условия работы элемента определяем по таблице 6 приложения к МУ (табл. 1 [1]). Описание элемента в пункте 6 этой таблицы соответствует описанию нашего рассчитываемого элемента, следовательно, принимаем коэффициент условия работы $\gamma_c = 1.10$.

2. Определение требуемых характеристик сечения

Преобразуя формулу проверки несущей способности (1) относительно A_n , получаем соотношение для нахождения требуемой площади сечения

$$A_{mp} = N/R_y.$$

Подставляя известные значения, получаем $A_{mp} = 120000 \text{ кг} / 230 \text{ Н/мм}^2 = 1200000 \text{ Н} / 230 \text{ Н/мм}^2 = 5217.39 \text{ мм}^2 = 52.17 \text{ см}^2$. По сортаменту ГОСТ 8509-93 «Уголок равнополочный» (таблица 3 приложений к МУ) подбираем уголок у которого площадь несколько больше чем $52.17/2 = 26,085 \text{ см}^2$. Выбираем уголок L100x15 с площадью сечения 27,99 см². В обозначении уголка число 100 – означает размер полки уголка (100 мм), а число 15 – толщину полки уголка (15 мм).

3. Вычисление геометрических характеристик для выбранного сечения элемента.

В данном случае необходимые геометрические характеристики это площадь $A_n = A - A_{осл}$.

Найдем площадь сечения растянутого элемента из двух равнополочных уголков L100x15 составленных в тавр. Сечение имеет ослабление двумя отверстиями диаметром 16 мм просверленные в не смежных полках.

$$A_n = 2 * 27,99 - 2 * 1,6 * 1,5 = 55,98 - 4,8 = 51,18 \text{ см}^2.$$

Здесь $2 * 1,6 * 1,5$ – площадь ослабления двумя отверстиями диаметром 1,6 см в полке толщиной $t = 1,5$ см (см. сечение 1-1 на рис. 2.1).

Площадь сечения нетто ($A_n = 51,18 \text{ см}^2$) меньше требуемой площади ($A_{mp} = 26,085 \text{ см}^2$), следовательно подбираем другой уголок с большей площадью.

Выбираем уголок L120x15 у которого площадь сечения 33,99 см².

Найдем площадь сечения нетто.

$$A_n = 2 * 33,99 - 2 * 1,6 * 1,5 = 67,98 - 4,8 = 63,18 \text{ см}^2.$$

Площадь сечения нетто ($A_n = 63,18 \text{ см}^2$) больше требуемой площади ($A_{mp} = 26,085 \text{ см}^2$), следовательно сечение из подобранного уголка можно проверить.

4. Проверка прочности (несущей способности) сечения элемента.

Уточняем расчетное сопротивление стали. По таблице 2 приложения к МУ (табл. В.5 [1]) для проката класса стали С245 при толщине 15 мм (толщина полки уголка) расчетное сопротивление будет $R_y = 240 \text{ Н/мм}^2$.

$$N / (A_n R_y \gamma_c) = 120000 \text{ кг} / (63,48 \text{ см}^2 * 240 \text{ Н/мм}^2 * 1,1) = 1200000 \text{ Н} / (6348 \text{ мм}^2 * 240 \text{ Н/мм}^2 * 1,1) 0,716 < 1$$

5. Вывод: Принимаем тавровое сечение из двух равнополочных уголков L120x15 по ГОСТ 8509-93.

Далее самостоятельно выполнить расчет по варианту при исходных данных, приведенных в таблице 2 настоящих МУ.

Тема № 3

Расчет центрально-сжатого элемента.

Проверка устойчивости центрально-сжатого стального элемента согласно п. 7.1 [1] производится по формуле:

$$N/(j A R_y \gamma_c) \leq l, \quad (2)$$

где N - действующее усилие сжатия в элементе,

A - площадь сечения ,

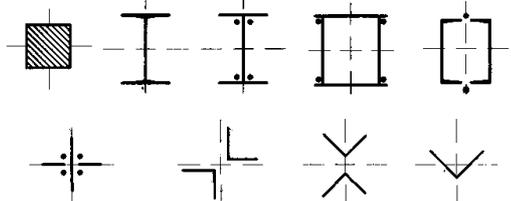
j - коэффициент устойчивости при центральном сжатии.

Коэффициент устойчивости при центральном сжатии для стальных элементов определяется по таблице Д.1 [1] или по формуле $\varphi = 0,5 (\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48\bar{\lambda}^2}) / \bar{\lambda}^2$, где $\bar{I} = I \sqrt{R_y/E}$ - условная гибкость стержня,

$\delta = 9,87(1 - \alpha + \beta \bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2$, α и β - коэффициенты, определяемые по таблице 7 [1] в зависимости от типов сечений, E - модуль упругости стали равный 206000 Н/мм². Гибкость элемента I определяется по формуле $I = l_0/i$, здесь l_0 - расчетная длина элемента, равная $l_0 = l \cdot m$ (при шарнирном закреплении $m=1$), i - радиус инерции сечения элемента.

Таблица 3.1 (Таблица 7 [1])

Типы сечений к проверке устойчивости при центральном сжатии

Тип сечения	
Обозначение	Форма
a	
b	
c	

Для прокатных профилей радиус инерции приводится в сортаменте.

При подборе сечения сразу определить требуемую площадь сечения элемента из формулы (2) нельзя из-за того, что коэффициент устойчивости зависит от принимаемого сечения. В этом случае используют метод последовательных приближений. Вначале задаются гибкостью I в пределах от 50 до 100 и по ней определяют коэффициент устойчивости j для первого шага приближения. Преобразуя формулу (2) находят требуемую площадь сечения

$$A_{mp} = N/(j R_y \gamma_c).$$

Затем из сортамента выбирают профиль, соответствующий требуемой площади и требуемому радиусу инерции. Далее, выписав необходимые геометрические характеристики выбранного профиля, вычисляют фактическую гибкость $I = l_0/i$. Если величина вычисленной (фактической) гибкости не на много отличается от величины гибкости, которой задавались, принятое сечение проверяют на устойчивость. В противном случае делают второй шаг

приближения. Вычисляют среднее значение между вычисленной гибкостью и величиной гибкости, которой задавались. По нему вычисляют коэффициент устойчивости j (второго шага приближения) и вновь подбирают сечение. Как правило, второй – третий шаг приводит к успеху.

Пример

Подобрать сечение стойки из парных равнополочных уголков по ГОСТ 8509-93 длиной $l=4$ м с шарнирно закрепленными концами, не имеющее ослаблений. В стойке действует сжимающая сила $N=50000$ кг. Материал сталь класса С345.

Решение

1. Определение расчетного сопротивления заданного класса стали.

По таблице 2 приложения к МУ (табл. В.5 [1]) для проката класса стали С345 толщиной до 40 мм (в сортаменте уголков по ГОСТ 8509-93 толщина не более 30мм) определяем расчетное сопротивление стали при растяжении $R_y=300\text{Н/мм}^2$. По таблице 6 приложения к МУ (табл. 1 [1]) согласно п.4 принимаем $\gamma_c=0.8$.

2. Задаемся гибкостью $I = 70$. Условная гибкость $\bar{I} = 70\sqrt{300\text{Н/мм}^2/2.06*10^5\text{Н/мм}^2} = 2.67$, по таблице 7 приложений к МУ (табл. Д.1 [1]) для типа сечения «с» (тавровое сечение из двух уголков согласно табл.7 [1]) находим значение коэффициента устойчивости $j = 0,62$ (выполняется интерполяции между значениями $j=0.635$ для $\bar{I}=2.6$ и $j=0.598$ для $\bar{I}=2.8$).

3. Вычисляем требуемую площадь сечения и радиус инерции сечения стойки.

$$A_{mp} = N/(j R_y \gamma_c) = 50000\text{кг} / (0,62 * 300\text{Н/мм}^2 * 0.8) = 500000\text{Н} / (0,62 * 300\text{Н/мм}^2 * 0.8) = 3360.2\text{мм}^2 = 33,6\text{ см}^2,$$

$$i_{mp} = l_0/I = 400/70 = 5,71\text{ см}.$$

4. Подбираем из сортаamenta равнополочных уголков по ГОСТ 8509-93 (табл. 3 приложений к МУ) профиль, у которого площадь сечения будет не меньше $33,6/2 = 16,8\text{ см}^2$ (так как сечение состоит из двух уголков). Выбираем уголок у которого площадь сечения была бы несколько больше требуемой ($A_{mp} = 16,8\text{ см}^2$). Выбираем уголок L120x8 у которого площадь сечения $A=18,8\text{ см}^2$, а радиус инерции $i_x = 3,72\text{ см}$.

Вычисляем максимальную гибкость $I = l_0/i_x = 400/3,72 = 107,5$, она существенно больше гибкости $I = 70$ которой мы задавались, следовательно, необходимо выполняем следующее приближение. Вычисляем среднее значение гибкости (между 70 и 107.5) $I = (70+107.5)/2 = 88.75$. Условная гибкость $\bar{I} = 88.75\sqrt{300\text{Н/мм}^2/2.06*10^5\text{Н/мм}^2} = 3.39$, по таблице Д.1 [1] находим значение коэффициента устойчивости (с учетом интерполяции) $j = 0,492$.

Вычисляем требуемую площадь и радиус инерции сечения стойки.

$$A_{mp} = N/(j R_y \gamma_c) = 500000\text{Н} / (0,492 * 300\text{Н/мм}^2 * 0.8) = 4234.4\text{мм}^2 = 42,34\text{ см}^2,$$

$$i_{mp} = l_0/I = 400/88.75 = 4,5\text{ см}.$$

Подбираем из сортамента профиль ориентируясь на площадь $A_{mp}=42,34/2= 21,17 \text{ см}^2$. Выбираем уголок L140x9 у которого площадь сечения $A=24,72 \text{ см}^2$, а радиус инерции $i_x = 4,34 \text{ см}$.

Гибкость стержня при выбранном профиле $I = l_0/i_x = 400/4,34=92.17$, не существенно отличается от принятой нами во втором приближении ($I = 88.75$, не более 5%), следовательно, можем приступить к проверке принятого сечения.

5. Проверка несущей способности сечения из выбранного профиля.

Вычисляем условную гибкость $\bar{I} = 92.17\sqrt{300\text{Н/мм}^2/2.06*10^5\text{Н/мм}^2} = 3.52$, затем по таблице Д.1 [1] определяем коэффициент устойчивости $j = 0,445$.

Далее проверяем несущую способность по формуле $N/(j A R_y \gamma_c) \leq 1$,

$N/(j A R_y \gamma_c) = 500000\text{Н}/(0,445*2*2472\text{мм}^2*320\text{Н/мм}^2*0.8) = 0.888 < 1$, здесь величина R_y уточнена по таблице В.5 [1], так как уже известна толщина проката (9 мм) $R_y = 320\text{Н/мм}^2$. У стержня с выбранным сечением устойчивость обеспечена, т.е стержень с выбранным сечением имеет достаточную несущую способность.

6. Вывод: Стойка с сечением из двух равнополочных уголков L140x9 составленных в тавр обладает достаточной устойчивостью (несущей способностью).

Далее самостоятельно выполнить расчет по варианту при исходных данных, приведенных в таблице 3 настоящих МУ.

Тема № 4

Расчет изгибаемых элементов.

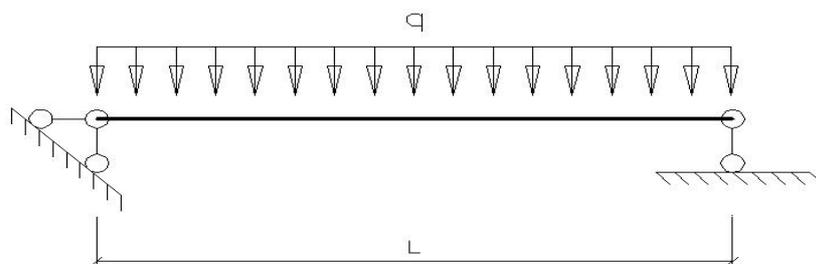


Рис. 2. Расчетная схема балки

Расчет изгибаемого элемента по предельному состоянию первой группы производится по формулам:

на прочность при действии момента по нормальным напряжениям (согласно п. 8.2.1 [1])

$$M/(W_{n,min} R_y \gamma_c) \leq 1, \quad (3)$$

на прочность при действии в сечении поперечной силы по касательным напряжениям (согласно п. 8.2.1 [1])

$$(QS)/(J_{tw} R_s \gamma_c) \leq 1, \quad (4)$$

где: M - расчетный изгибающий момент в элементе,
 $W_{n,min}$ – расчетный момент сопротивления поперечного сечения;
 Q – расчетная перерезывающая сила в элементе;
 S – статический момент сечения;
 J – момент инерции сечения;
 t_w - толщина стенки принимаемого профиля;
 R_y – расчетное сопротивление изгибу;
 R_s – расчетное сопротивление сдвигу.

Расчет изгибаемого элемента по второй группе предельных состояний согласно [3] производится по формуле:

$$f \leq [f] \text{ или } f/l \leq [f/l], \quad (5)$$

где f абсолютное значение прогиба элемента, f/l относительный прогиб элемента, определяемый по параметрам поперечного сечения,

$[f]$ допускаемый прогиб, $[f/l]$ допускаемый относительный прогиб, принимаемый по таблице Е.1 СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» (табл. 15 приложений к МУ).

Пример

Подобрать сечение балки (швеллер по ГОСТ 8240-89) пролетом 4,5 м изгибаемой расчетной погонной нагрузкой $q = 250 \text{ кг/м}$ (нормативная нагрузка $q^H = 190 \text{ кг/м}$), с шарнирно закрепленными концами. Материал – сталь С255. Расчетная схема представлена на рис. 2.

Решение

1. Статический расчет.

По условию задачи имеем расчетную схему однопролетной шарнирно опертой балки, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой. Для такой расчетной схемы максимальный момент в середине балки и равен $M = ql^2/8$, перерезывающая сила максимальна на опоре и равна $Q = ql/2$, максимальный прогиб в середине балки и равен $f = (5q^H l^4)/(384EJ)$. Численные значения усилий равны:

$$M = ql^2/8 = 250 * 4,5^2/8 = 632,81 \text{ кг*м} = 6328100 \text{ Н*мм},$$

$$Q = ql/2 = 250 * 4,5/2 = 562,5 \text{ кг} = 5625 \text{ Н},$$

2. Определение расчетных сопротивлений.

По таблице 2 приложения к МУ (табл. В.5 [1]) для стали С255 принимаем $R_y = 230 \text{ Н/мм}^2$, так как нам еще не известна толщина профиля выбираем сталь с худшими характеристиками.

По таблице 1 приложения к МУ (табл. 2 [1]) $R_s = 0,58 * R_y$. Для стали С255 $R_s = 0,58 * 230 = 133,4 \text{ Н/мм}^2$.

3. Вычисление требуемого момента сопротивления сечения швеллера.

Требуемый момент сопротивления сечения швеллера равен

$$W_{mp} = M/R_y = 6328100 \text{ Н*мм} / 230 \text{ Н/мм}^2 = 27513,48 \text{ мм}^3 = 27,513 \text{ см}^3.$$

4. По сортаменту швеллеров по ГОСТ 8240-89 (таблица 4 приложений к МУ) подбираем швеллер, у которого момент сопротивления не меньше

требуемого $27,513 \text{ см}^3$. Таким моментом сопротивления обладает швеллер №10, у которого $W_x = 34,8 \text{ см}^3$.

Остальные геометрические характеристики для выбранного сечения имеют следующие значения.

$$J_x = 174 \text{ см}^4, S_x = 20,4 \text{ см}^3, t = 4,5 \text{ мм}.$$

5. Проверки двух предельных состояний изгибаемого элемента.

Проверяем прочность при действии момента (по нормальным напряжениям) по формуле $M/(W_x R_y) \leq 1$,

$$\begin{aligned} M/(W_x R_y) &= 6328100 \text{ Н} \cdot \text{мм} / (34,8 \text{ см}^3 \cdot 240 \text{ Н/мм}^2) = \\ &= 6328100 \text{ Н} \cdot \text{мм} / (34800 \text{ мм}^3 \cdot 240 \text{ Н/мм}^2) = 0,79 < 1. \end{aligned}$$

Здесь величина $R_y = 240 \text{ Н/мм}^2$ уточнена по толщине полки швеллера (7,8 мм).

Проверяем прочность при действии поперечной силы (по касательным напряжениям) по формуле $(QS_x)/(J_x t_w R_s) \leq 1$,

$$\begin{aligned} (QS_x)/(J_x t_w R_s) &= (5625 \text{ Н} \cdot 20,4 \text{ см}^3) / (174 \text{ см}^4 \cdot 4,5 \text{ мм} \cdot 0,58 \cdot 240 \text{ Н/мм}^2) = \\ &= (5625 \text{ Н} \cdot 20400 \text{ мм}^3) / (1740000 \text{ мм}^4 \cdot 4,5 \text{ мм} \cdot 0,58 \cdot 240 \text{ Н/мм}^2) = 0,105 < 1. \end{aligned}$$

Проверяем деформативность (второе предельное состояние) по формуле

$$\begin{aligned} f &= (5q^h t^4) / (384 E J) \leq [f], \text{ здесь } E - \text{модуль упругости стали.} \\ f &= (5q^h t^4) / (384 E J) = (5 \cdot 190 \text{ кг/м} \cdot 4,5 \text{ м}^4 \cdot 10^6) / (384 \cdot 2100000 \text{ кг/см}^2 \cdot 174 \text{ см}^4) = \\ &= (389559375000 / 140313600000) = 2,78 \text{ см}. \end{aligned}$$

$f = 27,8 \text{ мм} > 25 \text{ мм} = [f]$. Допускаемый прогиб $[f] = 25 \text{ мм}$ определен для пролета $l = 4,5 \text{ м}$ с учетом интерполяции между табличными значениями - 20 мм для $l = 3 \text{ м}$ и 30 мм для $l = 6 \text{ м}$. Согласно таблице Е.1 [2] для пролета $l = 3 \text{ м}$ $[f]$ составляет $l/150 = 3000 \text{ мм} / 150 = 20 \text{ мм}$, а для пролета $l = 6 \text{ м}$ $[f] = l/200 = 6000 \text{ мм} / 200 = 30 \text{ мм}$. Условие деформативности не выполняется, следовательно, необходимо увеличить сечение.

7. По сортаменту швеллеров по ГОСТ 8240-89 выбираем швеллер №12, у которого $W_x = 50,6 \text{ см}^3$, $J_x = 304 \text{ см}^4$, $S_x = 290,6 \text{ см}^3$, $t = 4,8 \text{ мм}$.

Проверяем только деформативность, так как остальные проверки даже при меньшем профиле проходят.

$$\begin{aligned} f &= (5q^h t^4) / (384 E J) = (5 \cdot 190 \cdot 4,5^4 \cdot 10^6) / (384 \cdot 2100000 \cdot 304) = \\ &= (389559375000 / 245145600000) = 1,59 \text{ см}. \end{aligned}$$

$$f = 15,9 \text{ мм} < 25 \text{ мм} = [f].$$

8. Вывод: Принятое сечение - швеллер №12 по ГОСТ 8240-89, обладает достаточной несущей способностью и деформативностью.

Далее самостоятельно выполнить расчет по варианту при исходных данных в таблице 4.

Тема № 5

Расчет соединений элементов.

Сварные угловые соединения стальных конструкций.

Сварные соединения с угловыми швами рассчитываются на условный срез по одному из двух сечений по металлу шва или по металлу границы сплавления (рис. 3).

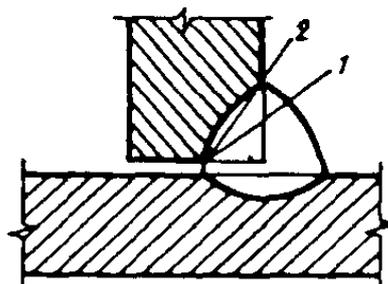


Рис. 3. Схема расчетных сечений сварного соединения с угловым швом
1 - сечение по металлу шва; 2 - сечение по металлу границы сплавления

При $(\beta_f \cdot R_{wf}) / (\beta_z \cdot R_{wz}) \leq 1$ по металлу шва (сечение 1)

$$N / (\beta_f \cdot k_f \cdot l_w \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c) \leq 1, \quad (6)$$

при $(\beta_f \cdot R_{wf}) / (\beta_z \cdot R_{wz}) > 1$ по металлу границы сплавления (сечение 2)

$$N / (\beta_z \cdot k_f \cdot l_w \cdot R_{wz} \cdot \gamma_c) \leq 1, \quad (7)$$

где l_w - расчетная длина шва, принимаемая меньше его полной длины на 10 мм;

β_f и β_z - коэффициенты, принимаемые по табл. 39 [1]; при ручной электродуговой сварке независимо от вида сварки, положения шва и диаметра сварочной проволоки $\beta_f = 0,7$ и $\beta_z = 1$.

При выборе электродов или сварочной проволоки следует учитывать рекомендации, указанные в табл. Г.1 [1].

Расчетное сопротивление сварного углового шва по металлу шва (см. табл. 4 [1])

$$R_{wf} = 0,55 \frac{R_{wun}}{g_{wm}}$$

Расчетное сопротивление сварного углового шва по металлу границы сплавления (см. табл. 4 [1])

$$R_{wz} = 0,45 R_{un}$$

Пример

Установить длину одностороннего сварного углового шва выполненного ручной электродуговой сваркой с применением электрода Э42. Катет шва 5мм, соединяются элементы из стали класса С235 толщиной 6мм. Действующее усилие $N=200$ кН.

Решение

1. Расчетное сопротивление сварного углового шва по металлу шва R_{wf} определяем по таблице 8 приложений к МУ (табл. Г.2 [1]). Для электрода Э42 это $R_{wf} = 180$ Н/мм².

2. Расчетное сопротивление сварного углового шва по металлу границы сплавления вычисляем по соотношению $R_{wz} = 0,45 R_{un}$. Для стали класса С235 по таблице 2 приложений к МУ (табл. В.5 [1]) находим $R_{un} = 360 \text{ Н/мм}^2$.

$$R_{wz} = 0,45 R_{un} = 0,45 * 360 = 162 \text{ Н/мм}^2.$$

3. Определение всех необходимых коэффициентов. По таблице 10 приложений к МУ (табл. 39 [1]) устанавливаем, что $\beta_f = 0,7$ и $\beta_z = 1$. Коэффициенты условий работы конструкции $\gamma_c = 1$.

Проверяем соответствие катета сварного шва конструктивным требованиям, а именно сравниваем заданное значение катета с минимальным катетом сварного углового шва определенного по таблице 9 приложений к МУ (табл. 38 [1]). Минимальный катет сварных швов (при толщине более толстого из свариваемых элементов $t = 6 \text{ мм}$) для одностороннего углового шва при ручной электродуговой сварке равен $k_f = 6 \text{ мм}$. Предполагаемый катет (5 мм) меньше минимального ($k_f = 6 \text{ мм}$), следовательно, он не соответствует конструктивным требованиям. Принимаем в расчетах катет 6 мм.

4. Определяем длину сварного шва.

Вычисляем отношение $(\beta_f * R_{wf}) / (\beta_z * R_{wz}) = (0,7 * 180 \text{ Н/мм}^2) / (1 * 162 \text{ Н/мм}^2) = 0,778 \leq 1$, следовательно длина сварного шва будет определяться прочностью сварного углового шва в сечении по металлу шва (сечение 1). Используем формулу (6) для выражения длины сварного шва и вычисляем его

$$l_w = N / (\beta_f * k_f * R_{wf} * \gamma_c) + 1 \text{ см} = 200000 \text{ Н} / (0,7 * 6 \text{ мм} * 180 \text{ Н/мм}^2 * 1) + 10 \text{ мм} = 264,6 \text{ мм} + 10 \text{ мм} = 274,6 \text{ мм}.$$

Округляем полученное значение до 5 мм, окончательно принимаем длину сварного шва $l_w = 275 \text{ мм}$.

6. Вывод: Длина сварного шва $l_w = 275 \text{ мм}$.

Далее самостоятельно выполнить расчет по варианту при исходных данных в таблице 5.

Тема № 6

Расчет соединений элементов.

Расчет болтового соединения элементов стальных конструкций

Расчет болтовых соединений выполняется из условий:

- среза болта;
- смятия сопрягаемых элементов соединения.

В болтовых соединениях при действии продольной силы N , проходящей через центр тяжести соединения, распределение этой силы между болтами принимается равномерным.

Расчетное усилие N_b , воспринимаемое одним болтом вычисляется по формулам:

$$\text{на срез} \quad Nbs = Rbs * Ab * ns * \gamma_b * \gamma_c; \quad (8)$$

$$\text{на смятие} \quad Nbp = Rbp * db * \Sigma t * \gamma_b * \gamma_c. \quad (9)$$

Здесь:

Rbs - расчетное сопротивление срезу болтов (принимается в зависимости от класса прочности болта по табл. Г.5 [1]);

Rbp - расчетное сопротивление смятию болтовых соединений, принимается в зависимости от класса стали соединяемых элементов по табл. Г.6 [1];

db - наружный диаметр стержня болта;

$Ab = \pi d^2 / 4$ - расчетная площадь сечения стержня болта;

Σt - наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении;

ns - число расчетных срезов одного болта;

γ_b - коэффициент условий работы болтового соединения, принимается по табл. 41 [1].

Количество n болтов в соединении определяется по формуле

$$n \geq N / Nb, \min,$$

где N - действующая продольная сила, Nb, \min - меньшее из значений Nbs или Nbp (расчетного усилия для одного болта, вычисленные из условия работы болта на срез и на смятие соединяемых элементов).

Нормы расстановки болтов

Болты следует размещать друг относительно друга и относительно торцов соединяемых элементов в соответствии с табл. 40 [1].

Пример

Определить количество болтов класса прочности 8.8 диаметром 24мм в односрезном соединении элементов толщиной 7мм при действующем усилии $N = 400$ кН. Класс стали соединяемых элементов С255.

Решение

1. Определяем расчетное сопротивление срезу болтов (в зависимости от класса прочности 8.8) по таблице 12 приложений к МУ (табл. Г.5 [1]) $Rbs = 330 \text{ Н/мм}^2$.

2. Определяем расчетное сопротивление смятию соединяемых элементов (в зависимости от класса стали соединяемых элементов) по таблице 14 приложений к МУ (табл. Г.6 [1]). Для этого по таблице 2 приложений к МУ (табл. В.5 [1]) устанавливаем временное сопротивление стали соединяемых элементов $R_{un} = 370 \text{ Н/мм}^2$, а затем по таблице 14 приложений к МУ (табл. Г.6 [1]) по $R_{un} = 370 \text{ Н/мм}^2$ находим $Rbp = 485 \text{ Н/мм}^2$.

3. Определяем остальные параметры соединения $d = 24$ мм (наружный диаметр стержня болта), $Ab = \pi d^2 / 4 = 452,4 \text{ мм}^2$ (расчетная площадь сечения стержня болта вычисленная или принятая по таблице 11 приложений к МУ (табл. Г.9 [1]) $Ab = 4,52 \text{ см}^2$), $\Sigma t = 7$ мм (наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении), $ns = 1$ (число расчетных срезов

одного болта – односрезное соединение) $\gamma_b = 0.9$ (коэффициент условий работы соединения для многоболтового соединения при расчете на срез).

4. Вычисляем расчетное усилие N_b , воспринимаемое одним болтом при работе болта на срез

$$N_{bs} = R_{bs} \cdot \gamma_b \cdot A \cdot n_s \cdot \gamma_c = 330 \text{ Н/мм}^2 \cdot 0.9 \cdot 452 \text{ мм}^2 \cdot 1 \cdot 1 = 134244 \text{ Н} = 134 \text{ кН.}$$

Вычисляем расчетное усилие N_b , воспринимаемое одним болтом при работе на смятие соединяемых элементов

$$N_{bp} = R_{bp} \cdot \gamma_b \cdot d \cdot \Sigma t \cdot \gamma_c = 485 \text{ Н/мм}^2 \cdot 0.9 \cdot 24 \text{ мм} \cdot 7 \text{ мм} \cdot 1 = 73332 \text{ Н} = 73.33 \text{ кН.}$$

Требуемое количество болтов в соединении будет

$$n = N / N_{bmin} = 400 \text{ кН} / 73.33 \text{ кН} = 5.45 \approx 6 \text{ шт.}$$

Принимаем 6 болтов в соединении.

5. Вывод: Требуемое количество болтов в соединении 6 шт.

Далее самостоятельно выполнить расчет по варианту при исходных данных в таблице 6.

Литература

1. СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. М., Стандартинформ., 2011г.
2. СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*». М., Стандартинформ., 2011г.
3. ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций и оснований». Основные положения и требования. М., Стандартинформ., 2011г.

Задания к самостоятельному решению

Задание к теме №1. Определить расчетное сопротивление при следующих исходных данных:

Таблица 2

№ вар.	Вид напряженного состояния	Сталь	
		Класс	Толщина проката (мм)
1	Растяжение	C235	5
2		C245	5
3		C245	10
4	Изгиб	C245	15
5		C245	20
6		C245	25
7	Сжатие	C245	30
8		C245	5
9		C255	5
10	Изгиб	C255	10
11		C255	15
12		C255	25
13	Растяжение	C255	30
14		C255	35
15		C255	40
16	Изгиб	C285	5
17		C285	10
18		C285	15
19	Сжатие	C285	20
20		C345	5
21		C345	10
22	Растяжение	C345	25
23		C345	20
24		C345	25
25	Изгиб	C345	30
26		C345	35
27		C345	40
28	Сжатие	C375	5
29		C375	15
30		C375	25

Задание к теме №2.

Подобрать сечение стержня из двух равнополочных уголков по ГОСТ 8509-93 составленных в тавр, в котором действует растягивающее усилие N. Сечение имеет ослабление отверстиями просверленное в не смежных полках.

Таблица 2

№ вар.	№р (кг)	Ослабления		Сталь класс
		число	диам. (мм)	
1	16000	1	10	C235
2	18000	2	12	C235
3	22000	1	14	C235
4	22000	2	16	C235
5	33000	1	18	C235
6	134000	2	20	C245
7	240000	1	10	C245
8	180000	2	12	C245
9	162000	1	14	C245
10	148000	2	16	C245
11	186000	1	18	C245
12	126000	2	20	C245
13	148000	1	10	C255
14	142000	2	12	C255
15	170000	1	14	C255
16	190000	2	16	C255
17	124000	1	18	C255
18	230000	2	20	C255
19	175000	1	10	C255
20	138000	2	12	C255
21	125000	1	14	C255
22	190000	2	16	C285
23	169000	1	18	C285
24	152000	2	20	C285
25	122000	1	10	C285
26	132000	2	12	C285
27	150000	1	14	C285
28	143000	2	16	C285
29	169000	1	18	C285
30	152000	2	20	C285

Задание к теме №3.

Подобрать сечение стойки из парных равнополочных уголков по ГОСТ 8509-93 составленных в тавр с зазором в 1см, длиной L с шарнирно закрепленными концами. Стойка шарнирно-закреплена с обеих сторон, в ней действует сжимающая сила N.

Таблица 3

№ вар.	N (кг)	L (м)	сталь класса
1	38000	5	C235
2	46000	4.5	C235
3	39000	4	C235
4	25000	3.5	C235
5	22000	3	C235
6	50000	5	C245
7	26000	4.5	C245
8	31000	4	C245
9	25000	3.5	C245
10	18000	3	C245
11	48000	5	C245
12	42000	4.5	C245
13	22000	4	C255
14	24000	3.5	C255
15	20000	3	C255
16	16000	3	C255
17	32000	3.5	C255
18	45000	4	C255
19	35000	4.5	C255
20	65000	5	C255
21	25000	3	C255
22	21000	3.5	C285
23	38000	4	C285
24	51000	4.5	C285
25	38000	5	C285
26	29000	3	C285
27	40000	3.5	C285
28	35000	4	C285
29	65000	4.5	C285
30	82000	5	C285

Задание к теме №4.

Подобрать сечение балки (швеллер по ГОСТ 8240-89) пролетом L нагруженную расчетной погонной нагрузкой q (нормативная нагрузка q_n). Расчетная схема - однопролетная балка с шарнирно закрепленными концами.

Таблица 4

№ вар.	q (кг/м)	q^n (кг/м)	L (м)	сталь
				класс
1	2000	1600	5	C235
2	2500	2000	4.75	C235
3	3000	2400	4.5	C235
4	3500	2800	4.25	C235
5	4000	3200	4	C235
6	5000	4000	3.75	C235
7	1000	800	5	C235
8	1500	1200	5.5	C235
9	2000	1600	6	C235
10	2500	2000	5.5	C235
11	1000	800	5	C235
12	2000	1600	4.5	C235
13	2500	2000	4	C235
14	3000	2400	3.5	C235
15	3500	2800	3.25	C235
16	4000	3200	3	C245
17	4500	3600	3.25	C245
18	2000	1600	5.25	C245
19	1000	800	5	C245
20	1500	1200	4.75	C245
21	1000	800	4	C245
22	2000	1600	4.5	C245
23	2500	2000	5	C245
24	3000	2400	3.75	C245
25	1500	1200	5.75	C245
26	5000	4000	3	C245
27	1000	800	3.5	C245
28	1500	1200	4	C245
29	2000	1600	4.5	C245
30	2500	2000	5	C245

Задание к теме №5.

Установить длину одностороннего сварного углового шва выполненного ручной электродуговой сваркой с применением указанного электрода. Катет шва, класс стали соединяемых элементов, их толщина и действующее усилие N указаны в таблице.

Таблица 10

№ ва р.	N (кН)	Электрод	Катет шва в мм	Соединяемые элементы	
				Толщина в мм	Класс стали
1	300	Э50	4	5	C235
2	300	Э60	8	7	C235
3	400	Э70	6	8	C235
4	150	Э42	5	6	C235
5	200	Э46	5	5	C235
6	400	Э50	6	6	C245
7	200	Э60	8	10	C245
8	300	Э70	7	14	C245
9	350	Э42	6	18	C245
10	300	Э46	9	22	C245
11	350	Э50	5	5	C255
12	400	Э60	6	9	C255
13	300	Э70	9	13	C255
14	250	Э85	5	17	C255
15	450	Э46	10	23	C255
16	300	Э50	8	6	C285
17	350	Э60	7	10	C285
18	400	Э70	6	14	C285
19	700	Э85	10	18	C285
20	900	Э46	12	20	C285
21	400	Э50	6	5	C345
22	350	Э60	4	9	C345
23	500	Э70	8	13	C345
24	650	Э85	10	17	C345
25	850	Э46	11	23	C345
26	400	Э50	5	6	C375
27	300	Э60	6	10	C375
28	500	Э70	8	14	C375
29	750	Э85	10	18	C375
30	900	Э85	12	20	C375

Задание к теме №6.

Определить количество болтов указанного класса прочности и диаметра в односрезном соединении элементов при действующем усилии N. Толщина и класс стали соединяемых элементов указаны в таблице.

Таблица 6

№ вар.	N (кН)	Применяемые материалы		Параметры соединения	
		Сталь соединяемых элементов	Класс прочности болтов	Диаметр болта мм	Толщина элементов (мм)
1	200	C235	5.6	18	5
2	300	C235	5.8	20	6
3	350	C235	8.8	22	7
4	400	C235	10.9	24	5
5	250	C245	5.6	16	6
6	400	C245	5.8	18	7
7	300	C245	8.8	20	5
8	250	C245	10.9	22	6
9	350	C255	5.6	18	5
10	250	C255	5.8	20	6
11	300	C255	8.8	22	7
12	300	C255	10.9	24	5
13	200	C255	12.9	16	6
14	400	C285	5.6	20	7
15	150	C285	5.8	22	5
16	200	C285	8.8	24	6
17	300	C285	10.9	16	7
18	350	C345	5.6	18	6
19	400	C345	5.8	20	7
20	250	C345	8.8	22	5
21	300	C345	10.9	18	7
22	300	C345	12.9	20	5
23	450	C375	5.6	24	7
24	300	C375	5.8	16	5
25	150	C375	8.8	16	5
26	300	C375	10.9	18	6
27	300	C375	12.9	24	6
28	300	C390	5.6	16	7
29	250	C390	5.8	22	6
30	400	C390	8.8	24	7

Приложения

Таблица 1 (Таблица 2 [1])

Напряженное состояние	Расчетные сопротивления проката и труб
Растяжение, сжатие, изгиб: по пределу текучести по временному сопротивлению	$R_y = R_{ym} / \gamma_m$ $R_u = R_{um} / \gamma_m$
Сдвиг	$R_s = 0,58R_{ym} / \gamma_m$
Смятие: торцевой поверхности (при наличии пригонки) местное в цилиндрических шарнирах (цапфах) при плотном касании	$R_p = R_{um} / \gamma_m$ $R_{lp} = 0,5R_{um} / \gamma_m$
Диаметральное сжатие катков (при свободном касании в конструкциях с ограниченной подвижностью)	$R_{cd} = 0,025R_{um} / \gamma_m$

Таблица 2 (Таблица В.5 [1])

Нормативные и расчетные сопротивления при растяжении, сжатии и изгибе листового, широкополосного универсального и фасонного проката

Сталь по ГОСТ 27772	Толщина проката*, мм	Нормативное сопротивление** проката, Н/мм ²		Расчетное сопротивление*** проката, Н/мм ²	
		R_m	R_{um}	R_y	R_u
C235	От 2 до 8	235	360	230/225	350/345
C245	» 2 » 20	245	370	240/235	360/350
	Св. 20 » 30	235	370	230/225	360/350
C255	От 2 » 20	245	370	240/235	360/350
	Св. 20 » 40	235	370	230/225	360/350
C285	От 2 » 10	275	390	270/260	380/370
	Св. 10 » 20	265	380	260/250	370/360
C345	От 2 » 20	325	470	320/310	460/450
	Св. 20 » 40	305	460	300/290	450/440
	» 40 » 80	285	450	280/270	440/430
	» 80 » 100	265	430	260/250	420/410
C345К	От 4 » 10	345	470	335/330	460/450
C375	» 2 » 20	355	490	345/340	480/465
	Св. 20 » 40	335	480	325/320	470/455
C390	От 4 » 50	390	540	380/370	525/515
C440	» 4 » 30	440	590	430/420	575/560
	Св. 30 » 50	410	570	400/390	555/540
C590 C590К	От 10 » 40	590	685	575/560	670/650

* За толщину фасонного проката следует принимать толщину полки.

** За нормативное сопротивление приняты гарантированные значения предела текучести и временного сопротивления, приводимые в государственных стандартах или технических условиях.

*** В числителе представлены значения расчетных сопротивлений проката, поставляемого по ГОСТ 27772 в знаменателе - расчетное сопротивление остального проката при $\gamma_m = 1,050$.

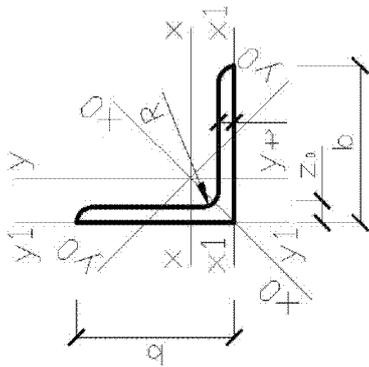
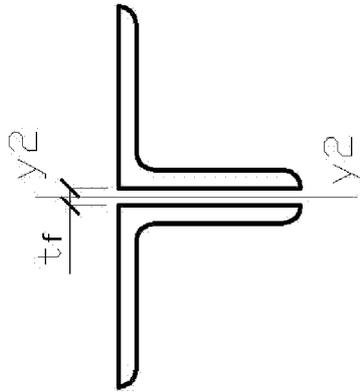


Таблица 3. Сортамент горячекатаных равнополочных уголков по ГОСТ 8509-93



Номер уголка	Размер, мм		Масса 1 кг/м	Справочные данные для осей										Радиус инерции I_{y2} (см) двух уголков при t_f , мм			
	b	t		x-x			x ₀ -x ₀			y ₀ -y ₀			Z ₀ CM	8	10	12	14
				I_x CM ⁴	W_x CM ³	i_x CM	I_{x0} CM ⁴	i_{x0} CM	I_{y0} CM ⁴	W_{y0} CM ³	i_{y0} CM						
1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
4,5	45	5	3,37	8,03	2,51	1,37	12,74	1,72	3,33	1,81	0,88	1,3	2,16	2,24	2,32	2,4	
		6*	3,99	9,35	2,95	1,36	14,8	1,71	3,9	2,06	0,88	1,34	2,18	2,26	2,34	2,42	
		4	3,89	9,21	2,54	1,54	14,63	1,94	3,8	1,95	0,99	1,38	2,35	2,43	2,51	2,59	
		5	3,77	11,2	3,13	1,53	17,77	1,92	4,63	2,3	0,98	1,42	2,38	2,45	2,53	2,61	
5	50	6	4,47	13,07	3,69	1,52	20,72	1,91	5,43	2,63	0,98	1,46	2,40	2,48	2,56	2,64	
		7*	5,15	14,84	4,23	1,5	23,47	1,89	6,21	2,93	0,97	1,5	2,42	2,50	2,58	2,66	
		8*	5,82	16,51	4,76	1,49	26,03	1,87	6,98	3,22	0,97	1,53	2,44	2,52	2,60	2,68	
5,6	56	4	4,38	13,1	3,21	1,73	20,79	2,18	5,41	2,52	1,11	1,52	2,58	2,66	2,73	2,81	
		5	5,41	15,97	3,96	1,72	25,36	2,16	6,59	2,97	1,1	1,57	2,61	2,72	2,77	2,85	
		4	4,72	16,21	3,7	1,85	25,69	2,33	6,72	2,93	1,19	1,62	2,74	2,82	2,89	2,97	
		5	5,83	19,79	4,56	1,84	31,4	2,32	8,18	3,49	1,18	1,66	2,76	2,84	2,92	2,99	
		6	6,92	23,21	5,4	1,83	36,81	2,31	9,6	3,99	1,18	1,7	2,79	2,86	2,94	3,02	
6*	60	8	9,04	29,55	7	1,81	46,77	2,27	12,34	4,9	1,17	1,78	2,83	2,91	2,99	3,07	
		10	11,08	35,32	8,52	1,79	55,64	2,24	15	5,7	1,16	1,85	2,87	2,95	3,03	3,11	
		4	4,96	18,86	4,09	1,95	29,9	2,45	7,81	3,26	1,25	1,69	2,86	2,93	3,01	3,09	
		5	6,13	23,10	5,05	1,94	36,8	2,44	9,52	3,87	1,25	1,74	2,89	2,96	3,04	3,12	
6,3	63	6	7,28	27,06	5,98	1,93	42,91	2,43	11,18	4,44	1,24	1,78	2,9	2,99	3,06	3,14	

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
7	70	4,5	6,2	4,87	29,04	5,67	2,16	46,03	2,72	12,04	4,53	1,39	1,88	3,21	3,21	3,29	3,37
		5	6,86	5,38	31,94	6,27	2,16	50,67	2,72	13,22	4,92	1,39	1,9	3,16	3,23	3,3	3,38
		6	8,15	6,39	37,58	7,43	2,15	59,64	2,71	15,52	5,66	1,38	1,94	3,18	3,25	3,33	3,4
		7	9,42	7,39	42,98	8,57	2,14	68,19	2,69	17,77	6,31	1,37	1,99	3,2	3,28	3,38	3,44
		8	10,67	8,37	48,16	9,68	2,12	76,35	2,68	19,97	6,99	1,37	2,02	3,22	3,29	3,37	3,45
		10*	13,11	10,29	57,9	11,82	2,1	91,52	2,64	24,27	8,17	1,36	2,1	3,27	3,34	3,42	3,50
		5	7,39	5,8	39,53	7,21	2,31	62,65	2,91	16,41	5,74	1,49	2,02	3,35	3,42	3,49	3,57
7,5	75	6	8,78	6,89	46,57	8,57	2,3	73,87	2,9	19,28	6,62	1,48	2,06	3,3	3,44	3,52	3,6
		7	10,15	7,96	53,34	9,89	2,29	84,61	2,89	22,07	7,43	1,47	2,1	3,4	3,47	3,54	3,62
		8	11,5	9,02	59,84	11,18	2,28	94,89	2,87	24,8	8,16	1,47	2,15	3,43	3,5	3,57	3,65
		9	12,83	10,07	66,1	12,43	2,27	104,72	2,86	27,48	8,91	1,46	2,18	3,44	3,51	3,59	3,67
		5,5	8,63	6,78	52,68	9,03	2,47	83,56	3,11	21,8	7,1	1,59	2,17	3,57	3,64	3,71	3,79
		6	9,38	7,36	56,97	9,8	2,47	90,4	3,11	23,54	7,6	1,58	2,19	3,58	3,65	3,72	3,8
		7	10,85	8,51	65,31	11,32	2,45	103,6	3,09	26,97	8,55	1,58	2,23	3,6	3,67	3,75	3,82
8	80	8	12,3	9,65	73,36	12,8	2,44	116,39	3,08	30,32	9,44	1,57	2,27	3,62	3,69	3,77	3,84
		10*	15,14	11,88	83,58	15,67	2,42	140,31	3,04	36,85	11,09	1,56	2,35	3,62	3,69	3,77	3,85
		12*	17,9	14,05	102,74	18,42	2,4	162,27	3,01	43,21	12,62	1,55	2,42	3,7	3,78	3,85	3,93
		6	10,61	8,33	82,10	12,49	2,78	130	3,5	33,97	9,88	1,79	2,43	3,96	4,04	4,11	4,19
		7	12,28	9,64	94,3	14,45	2,77	149,67	3,49	38,94	11,15	1,78	2,47	3,99	4,06	4,13	4,21
		8	13,93	10,93	106,11	16,36	2,76	168,42	3,48	43,8	12,34	1,77	2,51	4,01	4,08	4,16	4,23
		9	15,6	12,2	118	18,29	2,75	186	3,46	48,6	13,48	1,77	2,55	4,04	4,11	4,18	4,26
9	90	10*	17,17	13,48	128,6	20,07	2,74	203,93	3,45	53,27	14,54	1,76	2,59	4,05	4,13	4,20	4,28
		12*	20,33	15,96	149,67	23,85	2,71	235,88	3,41	62,4	16,33	1,75	2,67	4,1	4,17	4,25	4,33
		6,5	12,82	10,06	122,1	16,69	3,09	193,46	3,89	50,73	13,38	1,99	2,68	4,36	4,43	4,5	4,57
		7	13,75	10,79	130,59	17,9	3,08	207,01	3,88	54,16	14,13	1,98	2,71	4,38	4,45	4,52	4,59
		8	15,6	12,25	147,19	20,3	3,07	233,46	3,87	60,92	15,66	1,98	2,75	4,47	4,54	4,62	4,62
		10	19,24	15,1	178,95	24,97	3,05	283,83	3,84	74,08	18,51	1,96	2,83	4,44	4,52	4,59	4,66
		12	22,8	17,9	208,9	29,47	3,03	330,95	3,81	86,84	21,1	1,95	2,91	4,48	4,56	4,63	4,71
10	100	14	26,28	20,63	237,15	33,83	3	374,98	3,78	99,32	23,49	1,94	2,99	4,53	4,6	4,68	4,76
		15*	27,99	21,97	250,68	35,95	2,99	395,87	3,76	105,48	24,62	1,94	3,03	4,55	4,63	4,70	4,78
		16	29,68	23,3	263,82	38,04	2,98	416,04	3,74	111,61	25,79	1,94	3,06	4,64	4,72	4,72	4,8
		7	15,15	11,89	175,61	21,83	3,4	278,54	4,29	72,68	17,36	2,19	2,96	4,78	4,85	4,92	5
		8	17,2	13,5	198,17	24,77	3,39	314,51	4,28	81,83	19,29	2,18	3	4,8	4,87	4,95	5,02
		8	18,8	14,76	259,75	29,68	3,72	412,45	4,68	107,04	23,29	2,39	3,25	5,21	5,28	5,35	5,42
		10	23,24	18,24	317,16	36,59	3,69	503,79	4,66	130,54	27,72	2,37	3,33	5,25	5,32	5,39	5,47
12*	120	12	27,6	21,67	371,8	43,3	3,67	590,28	4,62	153,33	31,79	2,36	3,41	5,29	5,36	5,44	5,51
		15	33,99	26,68	448,9	52,96	3,63	711,32	4,57	186,48	37,35	2,34	3,53	5,35	5,43	5,50	5,58

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
12,5	125	8	19,69	15,46	294,36	32,2	3,87	466,76	4,87	121,98	25,67	2,49	3,36	5,39	5,46	5,53	5,6	
		9	22	17,3	327,48	36	3,86	520	4,86	135,88	28,26	2,48	3,4	5,41	5,48	5,56	5,63	
		10	24,33	19,1	359,82	39,74	3,85	571,04	4,84	148,59	30,45	2,47	3,45	5,44	5,44	5,52	5,58	5,66
		12	28,89	22,68	422,23	47,06	3,82	670,02	4,82	174,43	34,94	2,46	3,53	5,48	5,48	5,55	5,62	5,7
		14	33,37	26,2	481,76	54,17	3,8	763,9	4,78	199,62	39,1	2,45	3,61	5,52	5,52	5,6	5,67	5,75
		16	37,77	29,65	538,56	61,09	3,78	852,84	4,75	224,29	43,1	2,44	3,68	5,66	5,66	5,72	5,72	5,78
14	140	9	24,72	19,41	465,72	45,55	4,34	739,42	5,47	192,03	35,92	2,79	3,78	6,02	6,1	6,16	6,24	
		10	27,33	21,45	512,29	50,32	4,33	813,62	5,46	210,96	39,05	2,78	3,82	6,05	6,12	6,19	6,26	
		12	32,49	25,5	602,49	59,66	4,31	956,98	5,43	248,01	44,97	2,76	3,9	6,08	6,15	6,25	6,3	
		10	29,33	23,02	634,76	58,07	4,65	1008,56	5,86	260,97	45,34	2,98	4,07	6,45	6,52	6,59	6,66	
15*	150	12	34,89	27,39	747,48	68,9	4,63	1187,86	5,83	307,09	52,32	2,97	4,15	6,49	6,56	6,63	6,70	
		15	43,08	33,82	908,38	84,66	4,59	1442,6	5,79	374,17	61,96	2,95	4,27	6,55	6,62	6,69	6,77	
		18	51,09	40,11	1060,08	99,86	4,56	1680,92	5,74	439,24	70,91	2,93	4,38	6,60	6,68	6,75	6,82	
		10	31,43	24,67	774,24	66,19	4,96	1229,1	6,25	319,38	52,52	3,19	4,3	6,84	6,91	6,97	7,05	
		11	34,42	27,02	844,21	72,44	4,95	1340,06	6,24	347,77	56,53	3,18	4,35	6,86	6,93	7	7,13	
		12	37,39	29,35	912,89	78,62	4,94	1450	6,23	375,78	60,53	3,17	4,39	6,88	6,95	7,02	7,09	
16	160	14	43,57	33,97	1046,47	90,77	4,92	1662,13	6,2	430,81	68,15	3,16	4,47	6,91	6,98	7,05	7,13	
		16	49,07	38,52	1175,19	102,64	4,89	1865,73	6,17	484,64	75,92	3,14	4,55	6,95	7,03	7,1	7,18	
		18	54,79	43,01	1290,24	114,24	4,87	2061,03	6,13	537,46	82,08	3,13	4,63	7	7,07	7,14	7,22	
		20	60,4	47,44	1418,85	125,6	4,85	2248,26	6,1	589,43	90,02	3,12	4,7	7,04	7,11	7,18	7,26	
		11	38,8	30,47	1216,44	92,47	5,6	1933,1	7,06	499,78	72,86	3,59	4,85	7,67	7,74	7,81	7,88	7,82
		12	42,19	33,12	1316,62	100,41	5,59	2092,78	7,04	540,45	78,15	3,58	4,89	7,69	7,76	7,83	7,83	7,84
18	180	15*	52,18	40,96	1607,36	123,74	5,55	2554,99	7	659,73	93,11	3,56	5,01	7,75	7,82	7,89	7,96	
		18*	61,99	48,66	1884,07	146,36	5,51	2992,69	6,95	775,44	106,88	3,54	5,13	7,81	7,88	7,95	8,02	
		20*	68,43	53,72	2061,11	161,07	5,49	3271,31	6,91	850,92	115,71	3,53	5,2	7,84	7,91	7,98	8,06	
		12	47,1	36,97	1822,78	124,61	6,22	2896,16	7,84	749,4	98,68	3,99	5,37	8,48	8,55	8,62	8,69	
		13	50,85	39,92	1960,77	134,44	6,21	3116,18	7,83	805,35	105,07	3,98	5,42	8,5	8,58	8,64	8,71	8,71
		14	54,6	42,8	2097	144,17	6,2	3333	7,81	861	111,5	3,97	5,46	8,52	8,6	8,66	8,73	8,73
20	200	16	61,98	48,65	2362,57	163,37	6,17	3755,39	7,78	969,74	123,77	3,96	5,54	8,56	8,64	8,7	8,77	
		18*	69,3	54,4	2620,64	182,22	6,15	4164,54	7,75	1076,74	135,48	3,94	5,62	8,61	8,68	8,75	8,82	
		20*	76,54	60,08	2871,47	200,73	6,12	4560,42	7,72	1181,92	146,62	3,93	5,7	8,65	8,72	8,79	8,86	
		24*	90,78	71,26	3350,66	236,77	6,08	5313,5	7,65	1387,73	167,74	3,91	5,85	8,72	8,79	8,86	8,93	
		25	94,29	74,02	3466,21	245,59	6,06	5494,04	7,63	1438,38	172,68	3,91	5,89	8,74	8,81	8,88	8,95	8,95
		30	111,54	87,56	4019,6	288,57	6	6351,05	7,55	1698,16	193,06	3,89	6,07	8,83	8,9	8,97	9,05	9,05
22	220	14	60,38	47,4	2814,36	175,18	6,83	4470,15	8,6	1158,56	138,62	4,38	5,91	9,31	9,37	9,45	9,52	
		16	68,58	53,83	3175,44	198,71	6,8	5045,37	8,58	1305,52	153,34	4,36	6,02	9,35	9,42	9,49	9,56	
		16	78,4	61,55	4717,1	258,43	7,76	7492,1	9,78	1942,09	203,45	4,98	6,75	10,55	10,62	10,68	10,75	
25	250	18	87,72	68,86	5247,24	288,82	7,73	8336,69	9,75	2157,78	223,39	4,96	6,83	10,59	10,65	10,72	10,8	
		20	96,96	76,11	5764,87	318,76	7,71	9159,73	9,72	2370,01	242,52	4,94	6,91	10,62	10,69	10,76	10,83	

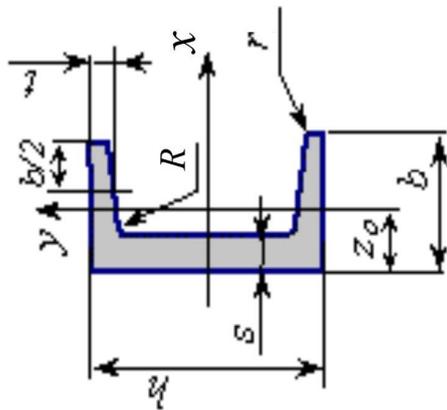


Таблица 4

Сортамент горячекатаных швеллеров по ГОСТ 8240-89

Номер швеллера	h	b	s	t	R	r	Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные значения для осей						Z ₀ , см	
									X - X			Y - Y				
									J _x ² , см ⁴	W _x ³ , см ³	i _x ² , см	S _x ² , см ³	J _y ² , см ⁴	W _y ³ , см ³		i _y ² , см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5	50	32	4,4	7	6	2,5	6,16	4,84	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16
6,5	65	36	4,4	7,2	6	2,5	7,51	5,9	48,6	15	2,54	9	8,7	3,68	1,08	1,24
8	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	8,98	7,05	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10	100	46	4,5	7,6	7	3	10,9	8,59	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	120	52	4,8	7,8	7,5	3	13,3	10,4	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14	140	58	4,9	8,1	8	3	15,6	12,3	491	70,2	5,6	40,8	45,4	11	1,7	1,67
16	160	64	5	8,4	8,5	3,5	18,1	14,2	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,8
16a	160	68	5	9	8,5	3,5	19,5	15,3	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2
18	180	70	5,1	8,7	9	3,5	20,7	16,3	1090	121	7,24	69,8	86	17	2,04	1,94
18a	180	74	5,1	9,3	9	3,5	22,2	17,4	1190	132	7,32	76,1	105	20	2,18	2,13
20	200	76	5,2	9	9,5	4	23,4	18,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,2	2,07
22	220	82	5,4	9,5	10	4	26,7	21	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
24	240	90	5,6	10	10,5	4	30,6	24	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,6	2,42
27	270	95	6	10,5	11	4,5	35,2	27,7	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30	300	100	6,5	11	12	5	40,5	31,8	5810	387	12	224	327	43,6	2,84	2,52
33	330	105	7	11,7	13	5	46,5	36,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	360	110	7,5	12,6	14	6	53,4	41,9	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,1	2,68
40	400	115	8	13,5	15	6	61,5	48,3	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

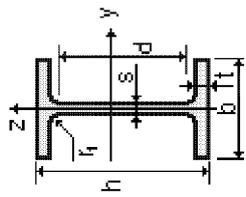


Таблица 5

ГОРЯЧЕКАТАНЫЙ ДВУТАВРС ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ГРАНЯМИ ПОЛОК СОРТАМЕНТ ПО ГОСТ 26020-83

Номер профиля	h	b	s	t	r1	A	P	Iy	Wy	Sy	Iy	Iz	Wz	iz
	мм	мм	мм	мм	мм	см ²	кг/м	см ⁴	см ³	см ³	см ⁴	см ⁴	см ³	мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Балочные двутавры														
I10B1	100	55	4.1	5.7	7	10.32	8.1	171	34.2	19.7	40.7	15.9	5.8	12.4
I12B1	117.6	64	3.8	5.1	7	11.03	8.7	257	43.8	24.9	48.3	22.4	7	14.2
I12B2	120	64	4.4	6.3	7	13.21	10.4	318	53	30.4	49	27.7	8.6	14.5
I14B1	137.4	73	3.8	5.6	7	13.39	10.5	435	63.3	35.8	57	36.4	10	16.5
I14B2	140	73	4.7	6.9	7	16.43	12.9	541	77.3	44.2	57.4	44.9	12.3	16.5
I16B1	157	82	4	5.9	9	16.18	12.7	689	87.8	49.5	65.3	54.4	13.3	18.3
I16B2	160	82	5	7.4	9	20.09	15.8	869	108.7	61.9	65.8	68.3	16.6	18.4
I18B1	177	91	4.3	6.5	9	19.58	15.4	1063	120.1	67.7	73.7	81.9	18	20.4
I18B2	180	91	5.3	8	9	23.95	18.8	1317	146.3	83.2	74.1	100.8	22.2	20.5
I20B1	200	100	5.6	8.5	12	28.49	22.4	1943	194.3	110.3	82.6	142.3	28.5	22.3
I23B1	230	110	5.6	9	12	32.91	25.8	2996	260.5	147.2	95.4	200.3	36.4	24.7
I26B1	258	120	5.8	8.5	12	35.62	28	4024	312	176.6	106.3	245.6	40.9	26.3
I26B2	261	120	6	10	12	39.7	31.2	4654	356.6	201.5	108.3	288.8	48.1	27
I30B1	296	140	5.8	8.5	15	41.92	32.9	6328	427	240	122.9	390	55.7	30.5
I30B2	299	140	6	10	15	46.67	36.6	7293	487.8	273.8	125	458.6	65.5	31.3
I35B1	346	155	6.2	8.5	18	49.53	38.9	10060	581.7	328.6	142.5	529.6	68.3	32.7
I35B2	349	155	6.5	10	18	55.17	43.3	11550	662.2	373	144.7	622.9	80.4	33.6
I40B1	392	165	7	9.5	21	61.25	48.1	15750	803.6	456	160.3	714.9	86.7	34.2
I40B2	396	165	7.5	11.5	21	69.72	54.7	18530	935.7	529.7	163	865	104.8	35.2
I45B1	443	180	7.8	11	21	76.23	59.8	24940	1125.8	639.5	180.9	1073.7	119.3	37.5
I45B2	447	180	8.4	13	21	85.96	67.5	28870	1291.9	732.9	183.2	1269	141	38.4
I50B1	492	200	8.8	12	21	92.98	73	37160	1511	860.4	199.9	1606	160.6	41.6

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I50B2	496	200	9.2	14	21	102.8	80.7	42390	1709	970.2	203	1873	187.3	42.7
I55B1	543	220	9.5	13.5	24	113.37	89	55680	2051	1165	221.6	2404	218.6	46.1
I55B2	547	220	10	15.5	24	124.75	97.9	62790	2296	1302	224.3	2760	250.9	47
I60B1	593	230	10.5	15.5	24	135.26	106.2	78760	2656	1512	241.3	3154	274.3	48.3
I60B2	597	230	11	17.5	24	147.3	115.6	87640	2936	1669	243.9	3561	309.6	49.2
I70B1	691	260	12	15.5	24	164.7	129.3	125930	3645	2095	276.5	4556	350.5	52.6
I70B2	697	260	12.5	18.5	24	183.6	144.2	145912	4187	2393	281.9	5437	418.2	54.4
I80B1	791	280	13.5	17	26	203.2	159.5	199500	5044	2917	313.3	6244	446	55.4
I80B2	798	280	14	20.5	26	226.6	177.9	232200	5820	3343	320.1	7527	537.6	57.6
I90B1	893	300	15	18.5	30	247.1	194	304400	6817	3964	350.9	8365	557.6	58.2
I90B2	900	300	15.5	22	30	272.4	213.8	349200	7760	4480	358	9943	662.8	60.4
I100B1	990	320	16	21	30	293.82	230.6	446000	9011	5234	389.6	11520	719.9	62.6
I100B2	998	320	17	25	30	328.9	258.2	516400	10350	5980	396.2	13710	856.9	64.6
I100B3	1006	320	18	29	30	364	285.7	587700	11680	6736	401.8	15900	993.9	66.1
I100B4	1013	320	19.5	32.5	30	400.6	314.5	655400	12940	7470	404.5	17830	1114.3	66.7
Колонные двугавры														
I20K1	195	200	6.5	10	13	52.82	41.5	3820	392	216	85	1334	133	50.3
I20K2	198	200	7	11.5	13	59.7	46.9	4422	447	247	86.1	1534	153	50.7
I23K1	227	240	7	10.5	14	66.51	52.2	6589	580	318	99.5	2421	202	60.3
I23K2	230	240	8	12	14	75.77	59.5	7601	661	365	100.2	2766	231	60.4
I26K1	255	260	8	12	16	83.08	65.2	10300	809	445	111.4	3517	271	65.1
I26K2	258	260	9	13.5	16	93.19	73.2	11700	907	501	112.1	3957	304	65.2
I26K3	262	260	10	15.5	16	105.9	83.1	13560	1035	576	113.2	4544	349	65.5
I30K1	296	300	9	13.5	18	108	84.8	18110	1223	672	129.5	6079	405	75
I30K2	300	300	10	15.5	18	122.7	96.3	20930	1395	771	130.6	6980	465	75.4
I30K3	304	300	11.5	17.5	18	138.72	108.9	23910	1573	874	131.2	7881	525	75.4
I35K1	343	350	10	15	20	139.7	109.7	31610	1843	1010	150.4	10720	613	87.6
I35K2	348	350	11	17.5	20	160.4	125.9	37090	2132	1173	152.1	12510	715	88.3
I35K3	353	350	13	20	20	184.1	144.5	42970	2435	1351	152.8	14300	817	88.1
I40K1	393	400	11	16.5	22	175.8	138	52400	2664	1457	172.6	17610	880	100
I40K2	400	400	13	20	22	210.96	165.6	64140	3207	1767	174.4	21350	1067	100.6
I40K3	409	400	16	24.5	22	257.8	202.3	80040	3914	2180	176.2	26150	1307	100.7
I40K4	419	400	19	29.5	22	308.6	242.2	98340	4694	2642	178.5	31500	1575	101
I40K5	431	400	23	35.5	22	371	291.2	121570	5642	3217	181	37910	1896	101.1

Таблица 6 (Таблица 1 [1])

Элементы конструкций	Коэффициенты условий работы γ_c
1 Балки сплошного сечения и сжатые элементы ферм перекрытий под залами театров, клубов, кинотеатров, под трибунами, под помещениями магазинов, книгохранилищ и архивов и т.п. при временной нагрузке, не превышающей вес перекрытий	0,90
2 Колонны общественных зданий при постоянной нагрузке, равной не менее 0,8 расчетной, и опор водонапорных башен	0,95
3 Колонны одноэтажных производственных зданий с мостовыми кранами	1,05
4 Сжатые основные элементы (кроме опорных) решетки составного таврового сечения из двух уголков в сварных фермах покрытий и перекрытий при расчете на устойчивость указанных элементов с гибкостью $\lambda > 60$	0,80
5 Растянутые элементы (затяжки, тяги, оттяжки, подвески) при расчете на прочность по неослабленному сечению	0,90
6 Элементы конструкций из стали с пределом текучести до 440 Н/мм ² , несущие статическую нагрузку, при расчете на прочность по сечению, ослабленному отверстиями для болтов (кроме фрикционных соединений)	1,10
7 Сжатые элементы решетки пространственных решетчатых конструкций из одиночных уголков, прикрепляемые одной полкой (для неравнополочных уголков - большей полкой):	
а) непосредственно к поясам сварными швами либо двумя болтами и более, установленными вдоль уголка:	
раскосы по рисунку 15,а и распорки по рисунку 15,б, в, е	0,90
раскосы по рисунку 15,в, г, д, е	0,80
б) непосредственно к поясам одним болтом или через фасонку независимо от вида соединения	0,75
8 Сжатые элементы из одиночных уголков, прикрепляемых одной полкой (для неравнополочных уголков - меньшей полкой), за исключением элементов плоских ферм из одиночных уголков и элементов, указанных в позиции 7 настоящей таблицы, раскосов по рисунку 15, б, прикрепляемых непосредственно к поясам сварными швами либо двумя болтами и более, установленными вдоль уголка, и плоских ферм из одиночных уголков	0,75
9 Опорные плиты из стали с пределом текучести до 390 Н/мм ² , несущие статическую нагрузку, толщиной, мм:	
а) до 40	1,20
б) » 40 до 60	1,15
в) » 60 » 80	1,10

Примечания

1 Коэффициенты $\gamma_c < 1$ при расчете совместно учитывать не следует.

2 При расчете на прочность по сечению, ослабленному отверстиями для болтов, коэффициенты условий работы, приведенные в позициях би 1; би 2; би 3, следует учитывать совместно.

3 При расчете опорных плит коэффициенты, приведенные в позициях 9 и 2, 9 и 3, следует учитывать совместно.

4 Коэффициенты для элементов, приведенных в позициях 1 и 2, следует учитывать также при расчете их соединений.

5 В случаях, не оговоренных в настоящей таблице, в формулах следует принимать $\gamma_c = 1$.

Таблица 7 (Таблица Д.1 [1])

Коэффициенты устойчивости при центральном сжатии

Условная гибкость \bar{I}	Коэффициенты φ для типа сечения			Условная гибкость \bar{I}	Коэффициенты φ для типа сечения		
	a	b	c		a	b	c
0,4	999	998	992	5,4	261		255
0,6	994	986	950	5,6	242		240
0,8	981	967	929	5,8		226	
1,0	968	948	901	6,0		211	
1,2	954	927	878	6,2		198	
1,4	938	905	842	6,4		186	
1,6	920	881	811	6,6		174	
1,8	900	855	778	6,8		164	
2,0	877	826	744	7,0		155	
2,2	851	794	709	7,2		147	
2,4	820	760	672	7,4		139	
2,6	785	722	635	7,6		132	
2,8	747	683	598	7,8		125	
3,0	704	643	562	8,0		119	
3,2	660	602	526	8,5		105	
3,4	615	562	492	9,0		094	
3,6	572	524	460	9,5		084	
3,8	530	487	430	10,0		076	
4,0	475	453	401	10,5		069	
4,2	431	421	375	11,0		063	
4,4	393	392	351	11,5		057	
4,6	359	359	328	12,0		053	
4,8	330	330	308	12,5		049	
5,0	304	304	289	13,0		045	
5,2	281	281	271	14,0		039	

Примечание - Значения коэффициентов φ в таблице увеличены в 1000 раз.

Таблица 8 (Таблица Г.2 [1])

Нормативные и расчетные сопротивления металла швов сварных соединений с угловыми швами

Сварочные материалы		$R_{wun},$ Н/мм ²	$R_{wf},$ Н/мм ²
тип электрода (по ГОСТ 9467)	марка проволоки		
Э42, Э42А	Св-08, Св-08А	410	180
Э46, Э46А	Св-08ГА,	450	200
Э50, Э50А	Св-08Г2С, Св-10ГА, ПП-АН-8, ПП-АН-3	490	215
Э60	Св-08Г2С*, Св-10НМА, Св-10Г2	590	240
Э70	Св-10ХГ2СМА, Св-08ХН2ГМЮ	685	280
Э85	-	835	340

Таблица 9 (Таблица 38 [1])

Вид соединения	Вид сварки	Предел текучести стали, Н/мм ²	Минимальный катет шва k_f , мм, при толщине более толстого из свариваемых элементов t , мм						
			4-5	6-10	11-16	17-22	23-32	33-40	41-80
Тавровое с двусторонними угловыми швами Нахлесточное и угловое	Ручная дуговая	До 285	4	4	4	5	5	6	6
		Св. 285 до 390	4	5	6	7	8	9	10
		» 390 » 590	5	6	7	8	9	10	12
	Автоматическая и механизированная	До 285	3	4	4	5	5	6	6
		Св. 285 до 390	3	4	5	6	7	8	9
		» 390» 590	4	5	6	7	8	9	10
Тавровое с односторонними угловыми швами	Ручная дуговая	До 375	5	6	7	8	9	10	12
	Автоматическая и механизированная		4	5	6	7	8	9	10

Таблица 10 (Таблица 39 [1])

Вид сварки при диаметре сварочной проволоки сплошного сечения d , мм	Положение шва	Коэффициент	Значения коэффициентов β_f и β_z при нормальных режимах сварки и катетах швов, мм			
			3-8	9-12	14-16	св. 16
Автоматическая при $d = 3 - 5$	В лодочку	β_f	1,1			0,7
		β_z	1,15			1,0
	Нижнее	β_f	1,1	0,9		0,7
		β_z	1,15	1,05		1,0
Автоматическая и механизированная при $d = 1,4 - 2$	В лодочку	β_f	0,9		0,8	0,7
		β_z	1,05		1,0	
	Нижнее, горизонтальное, вертикальное	β_f	0,9	0,8	0,7	
		β_z	1,05	1,0		
Ручная и механизированная при $d < 1,4$ или порошковой проволокой	В лодочку	β_f	0,7			
	Нижнее, горизонтальное, вертикальное, потолочное	β_z	1,0			

Таблица 11 (Таблица Г.9 [1])

Площади сечения болтов

d , мм	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36	42	48
A_b , см ²	2,01	2,54	3,14	3,80	4,52	5,72	7,06	10,17	13,85	18,09
A_{bn} , см ²	1,57	1,92	2,45	3,03	3,53	4,59	5,61	8,16	11,20	14,72

Таблица 12 (Таблица Г.5 [1])

Нормативные сопротивления стали болтов и расчетные сопротивления одноболтовых соединений срезу и растяжению, Н/мм²

Класс прочности болтов ГОСТ Р 52627	R_{bun}	R_{byn}	R_{bs}	R_{bt}
5.6	500	300	210	225
5.8	500	400	210	-
8.8	830	665	330	450
10.9	1040	935	415	560
12.9	1220	1100	425	-

Таблица 13 (Таблица 41 [1])

Характеристика		Предел текучести R_{yn} стали соединяемых элементов, Н/мм ²	Значения $a/d, s/d$	Значение коэффициента γ_b
болтового соединения	напряженного состояния			
Одноболтовое, болт классов точности А, В или высокопрочный	Срез	-	-	1,0
	Смятие	До 285	$1,5 \leq a/d \leq 2;$ $1,35 \leq a/d < 1,5$	$0,4a/d + 0,2$ $a/d - 0,7$
		Св. 285 до 375		$0,5a/d$ $0,67a/d - 0,25$
		Св. 375	$a/d \geq 2,5$	1,0
Многоболтовое, болты класса точности А	Срез	-	-	1,0
	Смятие	До 285	$1,5 \leq a/d \leq 2$ $2 \leq s/d \leq 2,5$	$0,4a/d + 0,2$ $0,4s/d$
		Св. 285 до 375		$0,5a/d$ $0,5s/d - 0,25$
		Св. 375	$a/d \geq 2,5$ $s/d \geq 3$	1,0 1,0
<p><i>Обозначения, принятые в таблице 41:</i> a - расстояние вдоль усилия от края элемента до центра ближайшего отверстия; s - расстояние вдоль усилия между центрами отверстий; d - диаметр отверстия для болта.</p> <p>Примечания: 1 Для расчета многоболтового соединения на срез и смятие при болтах класса точности В, а также при высокопрочных болтах без регулируемого натяжения при всех значениях предела текучести R_{yn} стали соединяемых элементов значения коэффициента γ_b следует умножать на 0,9. 2 Для расчета многоболтового соединения на смятие следует принимать значение γ_b меньшее из вычисленных при принятых значениях d, a, s.</p>				

Таблица 14 (Таблица Г.6 [1])

Расчетные сопротивления смятию элементов, соединяемых болтами

Временное сопротивление стали соединяемых элементов R_{un} , Н/мм ²	Расчетные сопротивления R_{bp} , Н/мм ² , смятию элементов, соединяемых болтами	
	класса точности А	классов точности В
360	560	475
370	580	485
380	590	500
390	610	515
430	670	565
440	685	580
450	700	595
460	720	605
470	735	620
480	750	630
490	765	645
510	795	670
540	845	710
570	890	750
590	920	775

Таблица 15 (из таблицы Е.1 [2])

Продолжение таблицы Е.1

Элементы конструкций	Предъявляемые требования	Вертикальные предельные прогибы $f_{\text{н}}$	Нагрузки для определения вертикальных прогибов
2 Балки, фермы, ригели, прогоны, плиты, настилы (включая поперечные ребра плит и настилов): а) покрытий и перекрытий, открытых для обзора, при пролете l , м: $l \leq 1$ $l = 3$ $l = 6$ $l = 24$ (12) $l \geq 36$ (24)	Эстетико- психологические	$l/120$ $l/150$ $l/200$ $l/250$ $l/300$	Постоянные и длительные

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям

по курсу «Металлические и деревянные конструкции»
для студентов направления «Строительство» профилей «Экспертиза и
управление недвижимостью» 270809.62 и «Городское хозяйство и
строительство» 270803.62. Часть I «Металлические конструкции»

Составители: М.А.Дымолазов
Д.М.Хусаинов
А.В.Исаев

Редактор Н.Х.Михайлова
Корректор М.А.Рожавина

Редакционно-издательский отдел
Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Подписано в печать		Формат 60*84/16
Печать ризографическая	Заказ №	Усл. -печ. л. 2.0
Бумага офсетная №1	Тираж 60 экз.	Уч. -изд. л. 2.13

Печатно-множительный отдел Казанского государственного
архитектурно-строительного университета
420043, Казань, Зеленая 1.