



ООО «ПКБ ГИПЕРИОН»

www.pkb-giperion.ru

Система менеджмента качества.
Разработка стандартов
организации по расчету и
проектированию стальных
конструкций.

Главный инженер Вольф Ярослав Владимирович

wolf@pkb-giperion.ru

г. Новосибирск-г.Москва

2018

000
ЦНИИСК им. Кучеренко
Госстроя СССР

Пособие

по расчету
и конструированию
сварных
соединений
стальных конструкций
(к главе СНиП II-23-81)



Москва 1984



Общество с ограниченной ответственностью
«Проектно-консультационное бюро ГИПЕРИОН»
г. Новосибирск, проспект Димитрова, 5 офис 416, www.pkб-giperion.ru
ИНН 54009237150 КПП 540501001

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

**СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ
РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

СТО МК-01-2018

Новосибирск
2018



СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. Общие положения	4
2. Расчетные сопротивления сварных соединений	4
3. Расчет сварных соединений	5
4. Конструирование сварных соединений	14
Приложение 1. Материалы для сварных соединений и расчетные сопротивления сварных соединений	20
Приложение 2. Несущая способность соединений с угловыми швами	24
Приложение 3. Примеры расчета сварных соединений	28
Приложение 4. Примеры применения односторонних угловых швов в стальных конструкциях	37
Приложение 5. Основные буквенные обозначения	38

ЦНИИСК ИМ. КУЧЕРЕНКО
ГОССТРОЯ СССР

**ПОСОБИЕ ПО РАСЧЕТУ И КОНСТРУИРОВАНИЮ
СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
(К ГЛАВЕ СНиП II-23-81)**

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией *Л. Г. Бальян*
Редактор *Э. И. Федотова*
Мл. редакторы *М. Б. Быканова, М. В. Милейко*
Технические редакторы *Г. Н. Орлова, Ю. Л. Циханкова*
Корректор *Т. М. Бочагова*
Н/К

Сдано в набор 27.02.84. Подписано в печать 14.08.84. Т-16858. Формат 84X108^{1/2}. Бумага тип. № 2. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл.-печ. л. 2,10. Усл. кр.-отг. 2,31. Уч.-изд. л. 2,26. Тираж 45 000 экз. Изд. № XII-755. Заказ № 760. Цена 10 коп.

Стройнадат, 101442, Москва, Калаяевская, 23а
Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

1. Область применения.....	1
2. Нормативные ссылки.....	1
3. Термины и определения.....	2
4. Общие положения.....	2
5. Виды сварных соединений.....	4
6. Расчётные сопротивления сварных соединений.....	6
7. Стыковые сварные соединения.....	7
8. Нахлесточные сварные соединения.....	11
9. Тавровые сварные соединения.....	16
10. Конструирование сварных соединений.....	18
11. Примеры расчёта сварных соединений.....	24



5. Виды сварных соединений

В строительстве применяют следующие виды сварных соединений:

- **Стыковые**, в которых элементы соединяются торцами или кромками (рис. 2.1).
- **Нахлесточные**, в которых поверхности свариваемых элементов частично находят друг на друга (рис. 2.2)
- **Тавровые**, в которых торец одного элемента приваривается к поверхности другого элемента (рис. 2.3)
- **Угловые**, в которых свариваемые элементы расположены под углом и сварены в месте примыкания их краев (рис. 2.4).

Стыковые сварные соединения выполняются с помощью **стыковых сварных швов**, нахлесточные, тавровые и угловые соединения – с помощью **угловых сварных швов**.



Рис 5.1. Стыковое соединение (встык)

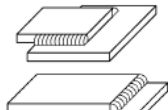


Рис 5.2. Нахлесточное соединение (внахлестку)

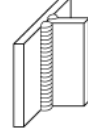


Рис 5.3. Тавровое соединение (впритык)

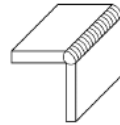
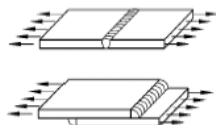
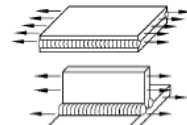


Рис 5.4. Угловое соединение



Примеры рабочих швов



Примеры конструктивных швов

Сварные соединения, разрушение которых влечет за собой выход из строя конструкции, называются **рабочими**. Сварные швы, соединяющие элементы, и деформирующиеся вместе с ними называются **конструктивными (связующими)**.

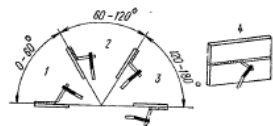
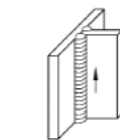


Рис 5.5. Положение швов в пространстве

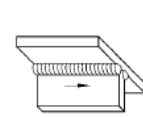
В соответствии с ГОСТ 11969-79 «Сварка плавлением» по положению швов в пространстве во время сварки швы делятся на нижние (1), вертикальные (2), потолочные (3) и горизонтальные на вертикальной поверхности (4).



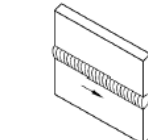
Пример нижнего шва (1)



Пример вертикального шва (2)



Пример потолочного шва (3)



Пример горизонтального шва на вертикальной поверхности (4)

В стыковом шве при действии на него силы N , приложенной вдоль центральной оси соединяемых элементов, распределение напряжений по длине шва принимается равномерным, а рабочая толщина шва принимается равной меньшей из толщин соединяемых элементов.

В зависимости от положения шва относительно оси элемента, различают **прямые** и **косые** стыки.

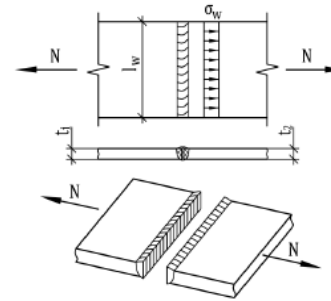


Рис 7.1. К расчету прямого стыкового шва при действии продольной силы N

При устройстве прямого стыка, прочность сварного шва проверяют по формуле:

$$\frac{N}{t_{\min} \cdot l_w \cdot R_{wy} \gamma_c} \leq 1 \quad (C1)$$

Где t_{\min} – наименьшая из толщин соединяемых элементов; l_w – расчетная длина шва, равная полной его длине, уменьшенной на $2t_{\min}$, или полной его длине, если концы шва выведены за пределы стыка (например, на технологические (выводные) планки); R_{wy} – расчетное сопротивление стыковых сварных соединений по пределу текучести; γ_c – коэффициент работы конструкции.

При устройстве косого стыка, действующее усилие раскладывается на направления перпендикулярно оси шва и вдоль шва. Проверку прочности в этом случае производят на действие нормальных и касательных напряжений, а также на их совместное действие:

$$\frac{N \cdot \sin \alpha}{t_{\min} \cdot l_w \cdot R_{wy} \gamma_c} \leq 1 \quad (C2)$$

$$\frac{N \cdot \cos \alpha}{t_{\min} \cdot l_w \cdot R_{wz} \gamma_c} \leq 1 \quad (C3)$$

$$\frac{0,87}{R_{wy} \gamma_c} \sqrt{\left(\frac{N \cdot \sin \alpha}{t_{\min} \cdot l_w}\right)^2 + 3 \left(\frac{N \cdot \cos \alpha}{t_{\min} \cdot l_w}\right)^2} \leq 1 \quad (C4)$$

Где t_{\min} – наименьшая из толщин соединяемых элементов; l_w – расчетная длина шва; R_{wy} – расчетное сопротивление стыковых сварных соединений по пределу текучести; R_{wz} – расчетное сопротивление стыкового сварного соединения на срез; γ_c – коэффициент работы конструкции.

$l_w = b/\sin \alpha - 2t_{\min}$ – при отсутствии выводных планок; $l_w = b/\sin \alpha$, если концы шва выведены за пределы стыка; Если при наличии физического контроля косой шов выполняется с заложением 1:2 ($\tan \alpha = 2$), то он становится равнопрочным со стыкуемыми элементами и не подлежит расчету.

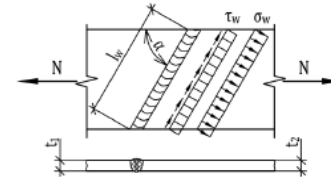


Рис 7.2. К расчету косого стыкового шва при действии продольной силы N

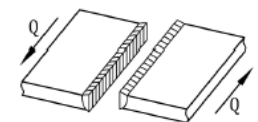
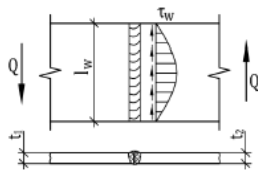


Рис 7.3. К расчету прямого стыкового шва при действии поперечной силы Q

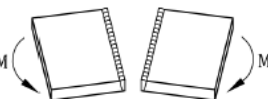
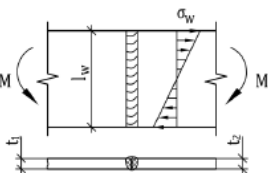


Рис 7.4. К расчету прямого стыкового шва при действии изгибающего момента M

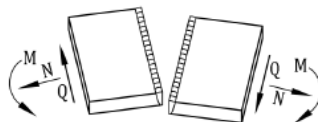
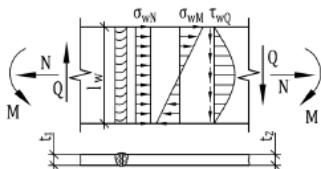


Рис 7.5. К расчету прямого стыкового шва при совместном действии продольной силы N, поперечной силы Q и изгибающего момента M

Если прямое стыковое соединение работает на срез при действии на него силы Q , прочность сварного шва проверяют по следующей формуле:

$$\frac{Q \cdot S_w}{I_w \cdot t_{\min} \cdot R_{wz} \gamma_c} \leq 1 \quad (C5)$$

Где t_{\min} – наименьшая из толщин соединяемых элементов; I_w, S_w – момент инерции и статический момент сопротивления сварного шва; R_{wz} – расчетное сопротивление стыковых сварных соединений на срез; γ_c – коэффициент работы конструкции.

$$S_w = \frac{l_w^2 \cdot t_{\min}}{8} \quad I_w = \frac{l_w^3 \cdot t_{\min}}{12} \quad (C6)$$

Где l_w – расчетная длина шва, равная полной его длине, уменьшенной на $2t_{\min}$, или полной его длине, если концы шва выведены за пределы стыка (например, на технологические планки);

Если на прямое стыковое соединение действует изгибающий момент M , прочность сварного шва проверяют по следующей формуле:

$$\frac{6 \cdot M}{t_{\min} \cdot I_w^2 \cdot R_{wy} \gamma_c} \leq 1 \quad (C7)$$

Где t_{\min} – наименьшая из толщин соединяемых элементов; l_w – расчетная длина шва, равная полной его длине, уменьшенной на $2t_{\min}$, или полной его длине, если концы шва выведены за пределы стыка; R_{wy} – расчетное сопротивление стыковых сварных соединений по пределу текучести; γ_c – коэффициент работы конструкции.

При совместном действии продольной силы N , поперечной силы Q и изгибающего момента M , сварные стыковые швы сначала рассчитывают отдельно по нормальным и касательным напряжениям:

$$\frac{N}{t_{\min} \cdot l_w \cdot R_{wy} \gamma_c} + \frac{6M}{t_{\min} \cdot l_w^2 \cdot R_{wy} \gamma_c} \leq 1 \quad (C8)$$

$$\frac{Q \cdot S_w}{I_w \cdot t_{\min} \cdot R_{wz} \gamma_c} \leq 1 \quad (C5)$$

Также стыковые сварные швы должны быть проверены по приведенным напряжениям. Проверка по приведенным напряжениям выполняется в предположении равномерного распределения касательных напряжений по длине шва.

$$\frac{0,87}{R_{wy} \gamma_c} \sqrt{\left(\frac{N}{t_{\min} \cdot l_w} + \frac{6M}{t_{\min} \cdot l_w^2} \right)^2 + 3 \left(\frac{Q}{t_{\min} \cdot l_w} \right)^2} \leq 1 \quad (C9)$$

8. Нахлесточные сварные соединения

Соединения внахлестку выполняются угловыми швами. Разрушение сварных соединений с угловыми швами может происходить по одному из двух сечений: по металлу шва (сечение 1-1) или по металлу границы сплавления (сечение 2-2).

k_f – катет сварного шва; β_f, β_z – коэффициенты, учитывающие проплавление соединяемых элементов при сварке. Для нахлесточных сварных соединений характерна классификация сварных швов в зависимости от их расположения по отношению к направлению действующих на соединение сил. Различают фланговые, лобовые и косые швы. Комбинированные швы представляют собой различное сочетание фланговых, лобовых и косых швов.

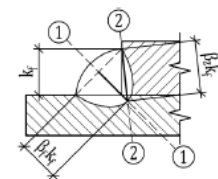


Рис 8.1. Расчетные сечения углового шва в нахлесточном соединении

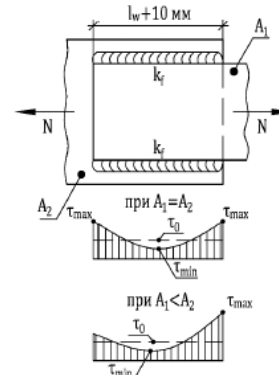


Рис 8.2. Распределение напряжений вдоль фланговых сварных швов

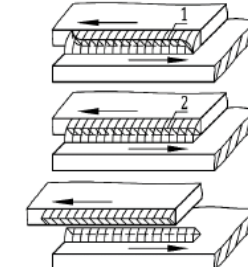


Рис 8.3. Соединения фланговых швами (1 – фактическая поверхность среза; 2 – расчётная (условная плоскость среза))

Фланговые швы направлены параллельно усилию. При соединении фланговыми швами неравномерная передача усилия происходит как по длине шва, так и по поперечному сечению соединения. По длине наиболее интенсивна передача усилий на концах швов, где разность напряжений в соединяемых элементах наибольшая и, следовательно, наибольшие сдвиговые деформации в швах.

В соединениях, у которых площади поперечных сечений соединяемых деталей равны ($A_1 = A_2$), эпюра распределения напряжений, при условии упругих деформаций, представляет собой график функции гиперболического косинуса и называется цепной линией. Теоретический коэффициент концентрации напряжений в данном случае определяется по следующей формуле:

$$K_t = \frac{\tau_{\max}}{\tau_0} = 0,58 \sqrt{\frac{l_w}{\beta_f \cdot k_f}}$$

В соединениях, у которых площади поперечных сечений соединяемых деталей не равны ($A_1 < A_2$), эпюра распределения напряжений, при условии упругих деформаций, становится несимметричной. Максимальное напряжение будет со стороны элемента с меньшим поперечным сечением.

Однако, перед разрушением шва, за счет пластической работы перенапряженные участки (начального и конечного) происходит выравнивание напряжений и разрушение происходит путём среза по поверхности, характеризующейся криволинейными участками в начале и в конце (у наиболее напряжённых точек) и прямоугольным участком в средней зоне (фактическая поверхность среза). Это позволило положить в основу расчета допущение о равномерном распределении напряжений по всей длине шва. В связи с этим нормы ограничивают наибольшую расчетную длину флангового шва величиной $85 \cdot \beta_f \cdot k_f$.



Расчет угловых швов в нахлесточных сварных соединениях сложного очертания при действии изгибающего момента M производится с использованием полярного момента инерции. В качестве рабочей гипотезы принимается, что под действием изгибающего момента соединение стремится повернуться относительно своего центра тяжести, а в элементе dA сварного шва образуется реактивная сила $dF = \tau dA$. Тогда момент реактивного усилия для всего соединения определится из следующего выражения:

$$M = \int \tau \cdot dA \cdot r \quad (H3)$$

Так как величина напряжений τ в элементе dA сварного шва пропорциональна расстоянию от центра тяжести соединения до рассматриваемой точки, примем $\tau = \tau_1 r$, где τ_1 – напряжение на условном расстоянии от центра, равном единице. Тогда выражение (H3) преобразуется к следующему виду:

$$M = \tau_1 \int r^2 \cdot dA \quad (H4)$$

Полученный в (H4) интеграл представляет собой полярный момент инерции сварных швов относительно центра тяжести соединения и равен сумме осевых моментов инерции:

$$I_p = \int r^2 \cdot dA = I_x + I_y \quad (H5)$$

С учетом всех выражений напряжение в произвольной точке определится следующим образом:

$$\tau = \frac{M \cdot r}{I_p} = \frac{M \sqrt{x^2 + y^2}}{I_x + I_y} \quad (H6)$$

Как видно из выражения (H6), максимальные напряжения возникнут в точке, наиболее удаленной от центра тяжести сварного соединения.

Расчет сварного соединения произвольного очертания на действие изгибающего момента в плоскости расположения швов, выполняется по следующим формулам:

сечение по металлу шва	$\frac{M \sqrt{x^2 + y^2}}{(I_{fx} + I_{fy}) R_{wf} \cdot \gamma_c} \leq 1$	(H7)
------------------------	---	------

сечение по металлу границы сплавления	$\frac{M \sqrt{x^2 + y^2}}{(I_{zx} + I_{zy}) R_{wz} \cdot \gamma_c} \leq 1$	(H8)
---------------------------------------	---	------

Где x, y – координаты точки сварного соединения, наиболее удаленной от центра тяжести расчетного сечения этого соединения; I_{fx}, I_{fy} – моменты инерции расчетного сечения сварного соединения по металлу границы сплавления относительно его главных осей $x-x$ и $y-y$ соответственно;

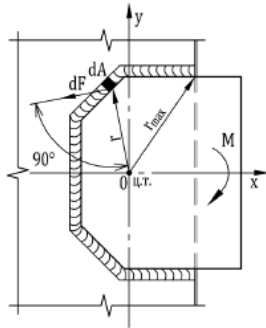


Рис 8.7. К расчету угловых швов нахлесточных сварных соединений сложного очертания при действии изгибающего момента M

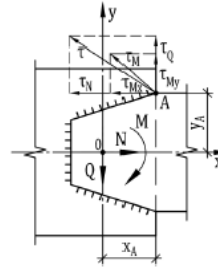


Рис 8.11. К расчету нахлесточного сварного шва сложного очертания на действие N, Q и M

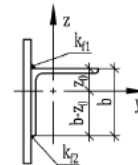
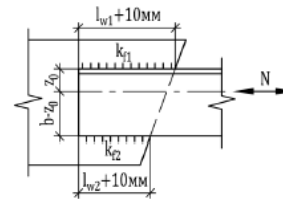


Рис 8.12. К расчету угловых швов прикрепления уголка при действии продольной силы N

В нахлесточных сварных соединениях сложного очертания при одновременном действии в плоскости соединения продольной силы N , поперечной силы Q и изгибающего момента M , расчет угловых швов осуществляется по следующим формулам:

сечение по металлу шва	$\frac{\sqrt{(\tau_N + \tau_{Mx})^2 + (\tau_Q + \tau_{My})^2}}{R_{wf} \cdot \gamma_c} \leq 1$	(H15)
------------------------	---	-------

сечение по металлу границы сплавления	$\frac{\sqrt{(\tau_N + \tau_{Mx})^2 + (\tau_Q + \tau_{My})^2}}{R_{wz} \cdot \gamma_c} \leq 1$	(H16)
---------------------------------------	---	-------

Где

сечение по металлу шва	сечение по металлу границы сплавления
$\tau_N = N / (\beta_f \cdot k_f \cdot l_w)$	$\tau_N = N / (\beta_z k_f l_w)$
$\tau_Q = Q / (\beta_f \cdot k_f \cdot l_w)$	$\tau_Q = Q / (\beta_z k_f l_w)$
$\tau_{Mx} = M \cdot y / (I_{fx} + I_{fy})$	$\tau_{Mx} = M \cdot y / (I_{zx} + I_{zy})$
$\tau_{My} = M \cdot x / (I_{fx} + I_{fy})$	$\tau_{My} = M \cdot x / (I_{zx} + I_{zy})$

l_w – расчетная длина швов в сварном соединении, равная суммарной длине всех его участков уменьшенной на 1 см на каждом непрерывном участке шва. x, y – координаты рассматриваемой точки сварного шва.

Некоторую особенность представляет расчет сварных швов, прикрепляющих уголок при действии продольной силы. Условно принимают, что продольная сила действует в плоскости прикрепленной полки и эксцентриситет приложения силы относительно центра тяжести сварных швов не учитывается. Эта сила распределяется между швами обратно пропорционально расстоянию от оси уголка до его краев (обушка и пера).

	сечение по металлу шва	сечение по металлу границы сплавления	
по перу	$\frac{k \cdot N}{\beta_f \cdot k_{f2} \cdot l_{w2} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c} \leq 1$	$\frac{kN}{\beta_z k_{f2} l_{w2} R_{wz} \gamma_c} \leq 1$	(H17)

по обушке	$\frac{(1-k)N}{\beta_f k_{f1} l_{w1} R_{wf} \gamma_c} \leq 1$	$\frac{(1-k)N}{\beta_z k_{f1} l_{w1} R_{wz} \gamma_c} \leq 1$	(H18)
-----------	---	---	-------

Где $k = z_0/b$

$k \approx 0,30$	$k \approx 0,25$	$k \approx 0,32$



Предельные усилия на сварные соединения с угловыми швами для стальных конструкций с температурой эксплуатации $t \geq -45^\circ\text{C}$

Вид сварки	Тип электрода, марка проволоки	R_{un} свариваемой стали, МПа	Предельные усилия одиночного углового шва, кН/см, при катете шва k , мм									
			3	4	5	6	8	10	12	14	16	20
Ручная, механизированная при $d < 1.4$ мм ($\beta_f = 0.7, \beta_z = 1.0$)	Э42	$>280^*$	3,7	5,0	6,3	7,5	10,0	12,6	15,1	17,6	20,1	25,2
	Э46	$>315^*$	4,2	5,6	7,0	8,4	11,2	14,0	16,8	19,6	22,4	28,0
	Э50 Св-08Г2С	$>335^*$	4,5	6,0	7,5	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	30,1

Примечание: * с учётом применения электродов и сварочной проволоки в соответствии с таблицей Г.1 [1] условие обеспечивается автоматически ($R_{un,min} = 360$ МПа для стали С235).

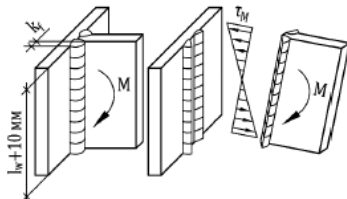


Рис 9.4. К расчету угловых швов при действии изгибающего момента M

Расчет угловых швов в соединении, работающим на чистый изгиб производят в предположении, что касательные напряжения среза в швах распределяются в соответствии с эпюрой нормальных напряжений при изгибе. Расчет двусторонних угловых швов при действии изгибающего момента M выполняется по следующим формулам:

сечение по металлу шва	$\frac{6 \cdot M}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_w^2 \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c} \leq 1$ (Т5)
сечение по металлу границы сплавления	$\frac{6 \cdot M}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_w^2 \cdot R_{wz} \cdot \gamma_c} \leq 1$ (Т6)

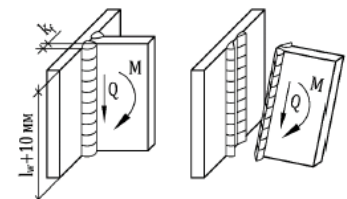


Рис 9.5. К расчету угловых швов при действии поперечной силы Q , приложенной с эксцентриситетом

Расчет двусторонних угловых швов при действии поперечной силы Q и изгибающего момента M , выполняется по следующим формулам:

сечение по металлу шва	$\frac{\sqrt{\tau_M^2 + \tau_Q^2}}{R_{wf} \gamma_c} \leq 1$ (Т7)
сечение по металлу границы сплавления	$\frac{\sqrt{\tau_M^2 + \tau_Q^2}}{R_{wz} \gamma_c} \leq 1$ (Т8)

сечение по металлу шва	сечение по металлу границы сплавления
$\tau_M = 6 \cdot M / (2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_w^2)$	$\tau_M = 6 \cdot M / (2 \cdot \beta_z \cdot k_f \cdot l_w^2)$
$\tau_Q = Q / (2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_w)$	$\tau_Q = Q / (2 \cdot \beta_z \cdot k_f \cdot l_w)$

При одновременном действии в соединении продольной силы N , поперечной силы Q и изгибающего момента M , расчет двусторонних угловых швов осуществляется по следующим формулам:

сечение по металлу шва	$\frac{\sqrt{(\tau_N + \tau_M)^2 + \tau_Q^2}}{R_{wf} \cdot \gamma_c} \leq 1$ (Т9)
сечение по металлу границы сплавления	$\frac{\sqrt{(\tau_N + \tau_M)^2 + \tau_Q^2}}{R_{wz} \cdot \gamma_c} \leq 1$ (Т10)

сечение по металлу шва	сечение по металлу границы сплавления
$\tau_N = N / (2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_w)$	$\tau_N = N / (2 \cdot \beta_z \cdot k_f \cdot l_w)$
$\tau_M = 6 \cdot M / (2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_w^2)$	$\tau_M = 6 \cdot M / (2 \cdot \beta_z \cdot k_f \cdot l_w^2)$
$\tau_Q = Q / (2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_w)$	$\tau_Q = Q / (2 \cdot \beta_z \cdot k_f \cdot l_w)$

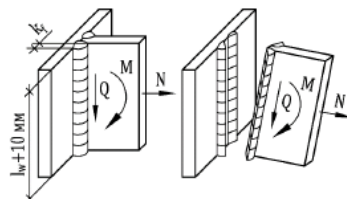


Рис 9.6. К расчету угловых швов при одновременном действии продольной силы N , поперечной силы Q и изгибающего момента M



Пример 2

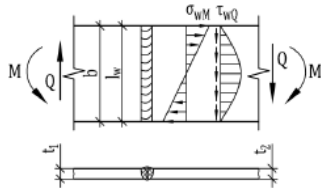


Рис 11.2. К примеру 2

Проверить прочность стыкового сварного соединения двух листов одинаковой ширины $b=330$ мм и толщины $t_1=t_2=10$ мм на совместное действие расчётных изгибающего момента $M=50$ кНм и поперечной силы $Q=250$ кН. Материал листов – сталь С345 по ГОСТ 27772-88, сварка – полуавтоматическая дуговая в среде защитных газов по ГОСТ 14771-76 с полным проваром и физическим способом контроля качества шва с применением выводных технологических планок.

В соответствии с таблицей В.5 [1] нормативное сопротивление листового проката из стали С345 составляет $R_{yn} = 325$ Н/мм² (при толщине листов от 2 до 20 мм). По таблице Г.1 [1] принимаем тип сварочной проволоки Св-08Г2С по ГОСТ 2246. Расчётное сопротивление стыкового шва принимаем по таблице 4 [1]:

- при растягивающих напряжениях и наличии физического контроля $R_{wy} = R_y = 320$ Н/мм²;
- при срезающих напряжениях $R_{wz} = R_s = 0,58R_y = 0,58 \cdot 320 = 185,6$ Н/мм².

Прочность сварного стыкового шва проверяем отдельно по нормальным и касательным напряжениям по следующим формулам:

$\frac{6 \cdot M}{t_{min} \cdot l_w^2 \cdot R_{wy} \gamma_c} = \frac{6 \cdot 50 \cdot 10^6}{10 \cdot 330^2 \cdot 320 \cdot 1,0} = 0,87 < 1$	Прочность обеспечена
$\frac{Q \cdot S_w}{l_w \cdot t_{min} \cdot R_{wz} \gamma_c} = \frac{1,5 \cdot Q}{l_w \cdot t_{min} \cdot R_{wz} \gamma_c} = \frac{1,5 \cdot 250 \cdot 10^3}{330 \cdot 10 \cdot 185,6 \cdot 1,0} = 0,61 < 1$	Прочность обеспечена

Также стыковой сварной шов проверяем по приведенным напряжениям. Проверка по приведенным напряжениям выполняем в предположении равномерного распределения касательных напряжений по длине шва по формуле:

$\frac{0,87}{R_{wy} \gamma_c} \sqrt{\left(\frac{6 \cdot M}{t_{min} \cdot l_w^2}\right)^2 + 3 \left(\frac{Q}{t_{min} \cdot l_w}\right)^2} = \frac{0,87}{320 \cdot 1,0} \sqrt{\left(\frac{6 \cdot 50 \cdot 10^6}{10 \cdot 330^2}\right)^2 + 3 \left(\frac{250 \cdot 10^3}{10 \cdot 330}\right)^2} = 0,83 < 1$	Прочность обеспечена
---	----------------------

Где $t_{min} = 10$ мм – наименьшая из толщин соединяемых элементов; $l_w = b = 350$ мм – расчетная длина шва, равная полной его длине при наличии выводных технологических планок; $\gamma_c = 1,0$ – коэффициент работы конструкции.

Для одиночного прямого стыкового шва	$\frac{S_w}{l_w} = \frac{l_w^2 \cdot t_{min}}{8} \cdot \frac{12}{l_w^2 \cdot t_{min}} = \frac{1,5}{l_w}$, где $S_w = \frac{l_w^2 \cdot t_{min}}{8}$; $l_w = \frac{l_w^2 \cdot t_{min}}{12}$.
--------------------------------------	---

Таким образом, рассматриваемое сварное соединение удовлетворяет всем условиям прочности при действии расчётных нагрузок.



Пример 3Б

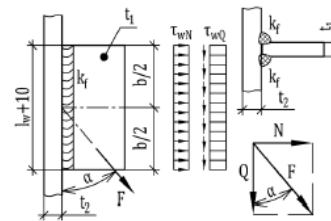


Рис 11.3Б. К примеру 3Б

Проверить прочность угловых сварных швов крепления листа шириной $b=230$ мм и толщиной $t_1=12$ мм к листу толщиной $t_2=16$ мм при действии расчётной силы $F=300$ кН, проходящей через центр тяжести сварного шва и направленной под углом $\alpha=50^\circ$. Материал листов – сталь С255 по ГОСТ 27772-88, сварка – полуавтоматическая дуговая в среде защитных газов по ГОСТ 14771-76 двусторонними угловыми сварными швами катетом $k=6$ мм.

В соответствии с таблицей В.5 [1] нормативное сопротивление листового и фасонного проката из стали С255 составляет $R_{yn} = 245$ Н/мм² (при толщине листов от 2 до 20 мм). По таблице Г.1 [1] принимаем тип сварочной проволоки Св-08Г2С по ГОСТ 2246. Расчётные сопротивления углового шва принимаем по таблицам 4 и Г.2 [1]:

- по металлу шва $R_{wf} = 215$ Н/мм²;
- по металлу границы сплавления $R_{wz} = 0,45R_{un} = 0,45 \cdot 370 = 166,5$ Н/мм²;

По таблице 39 [1] принимаем следующие значения коэффициентов проплавления: $\beta_f = 0,7$; $\beta_z = 1,0$.

Так как $R_{wf} \cdot \beta_f = 215 \cdot 0,7 = 150,5 < 166,5 = 166,5 \cdot 1,0 = R_{wz} \cdot \beta_z$, дальнейшие расчёты сварных швов ведём только по металлу шва.

Согласно п. 14.1.7.а [1] катет шва не должен превышать $1,2 \cdot t_{min} = 1,2 \cdot 12 = 14,4$ мм $\geq k_f = 6$ мм – **условие выполняется**. Согласно п. 14.1.7.6 [1] и таблице 38 [1] катет шва при тавровых двусторонних угловых швах и толщине более толстого из свариваемых элементов от 11 мм до 16 мм не должен быть меньше 4 мм ($k_f = 6$ мм) – **условие выполняется**.

Вычисляем напряжения от нормальной и касательной к сварному шву составляющих полной силы F : $N = F \cdot \sin \alpha$; $Q = F \cdot \cos \alpha$ по следующим формулам:

сечение по металлу шва	$\tau_{wN} = \frac{F \cdot \sin \alpha}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_w}$	$\tau_{wQ} = \frac{F \cdot \cos \alpha}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_w}$
------------------------	---	---

Вычисляем равнодействующую полученных напряжений:

сечение по металлу шва	$\tau_{wF} = \sqrt{(\tau_{wN})^2 + (\tau_{wQ})^2} = \frac{F}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_w} \sqrt{(\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2} = \frac{F}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_w}$
------------------------	---

Прочность угловых швов при действии силы F , проходящей через центр тяжести соединения (без эксцентриситета) вне зависимости от ее направления ($\alpha = 0 \dots 360^\circ$), проверяем по следующей формуле:

сечение по металлу шва	$\frac{F}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_w \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c} = \frac{300 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,7 \cdot 6 \cdot 220 \cdot 215} = 0,76 \leq 1$	Прочность обеспечена
------------------------	--	----------------------

Где $l_w = b - 10 = 230 - 10 = 220$ мм – расчетная длина шва в сварном соединении, принимаемая меньше его фактической длины на 10 мм на каждом участке.

Таким образом, рассматриваемое сварное соединение удовлетворяет всем условиям прочности при действии расчётной нагрузки. Следует отметить, что прочность самих деталей в месте прикрепления в данном примере не рассматривается и должна быть проверена отдельным расчетом.



Пример 5

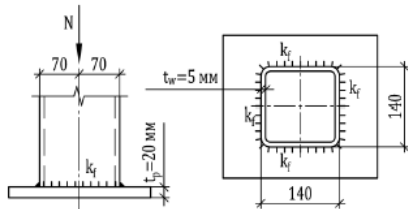
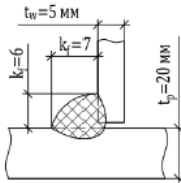


Рис 11.5. К примеру 5

Проверить прочность угловых сварных швов крепления стойки из гнутого замкнутого сварного профиля по ГОСТ 30245-2003 сечением 140×140×5 мм к опорной плите из листа толщиной $t_p=20$ мм при действии расчётного сжимающего осевого усилия $N=430$ кН. Материал профиля и пластины – сталь С255 по ГОСТ 27772-88, сварка – полуавтоматическая дуговая в среде защитных газов по ГОСТ 14771-76 по периметру профиля угловыми сварными швами катетом $k_f=6$ мм.



Согласно п. 14.1.7.а [1] катет шва не должен превышать $1,2 \cdot t_{min} = 1,2 \cdot 5 = 6 \text{ мм} \geq k_f = 6 \text{ мм}$ – условие выполняется. Согласно п.14.1.7.б и таблице 38 [1] катет шва при тавровых односторонних угловых швах и толщине более толстого из свариваемых элементов от 17 мм до 22 мм не должен быть меньше 8 мм ($k_f = 6$ мм) – **условие НЕ ВЫПОЛНЯЕТСЯ**. В соответствии с п. 14.1.7.е [1] принимаем неравносторонний шов с катетом $k_f = 7$ мм со стороны пластины толщиной 20 мм и катетом $k_f = 6$ мм со стороны профиля с толщиной стенки 5 мм. Дальнейший расчёт ведём при значении катета шва $k_f = 6$ мм.

В соответствии с таблицей В.5 [1] нормативное сопротивление листового и фасонного проката из стали С255 составляет $R_{yn} = 245 \text{ Н/мм}^2$ (при толщине листов от 2 до 20 мм). По таблице Г.1 [1] принимаем тип сварочной проволоки Св-08Г2С по ГОСТ 2246. Расчётные сопротивления углового шва принимаем по таблицам 4 и Г.2 [1]:

- по металлу шва $R_{wf} = 215 \text{ Н/мм}^2$;
- по металлу границы сплавления $R_{wz} = 0,45R_{un} = 0,45 \cdot 370 = 166,5 \text{ Н/мм}^2$;

По таблице 39 [1] принимаем следующие значения коэффициентов проплавления: $\beta_f = 0,7$; $\beta_z = 1,0$.

Так как $R_{wf} \cdot \beta_f = 215 \cdot 0,7 = 150,5 < 166,5 = 166,5 \cdot 1,0 = R_{wz} \cdot \beta_z$, дальнейшие расчёты сварных швов ведём только по металлу шва.

Прочность угловых швов при действии продольной силы N , проходящей через центр тяжести соединения (без эксцентриситета), проверяем по следующей формуле:

сечение по металлу шва	$\frac{N}{\beta_f \cdot k_f \cdot l_w \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c} = \frac{430 \cdot 10^3}{0,7 \cdot 6 \cdot 520 \cdot 215 \cdot 1,0} = 0,92 \leq 1$	Прочность обеспечена
------------------------	--	----------------------

Где $l_w = 4 \cdot (140 - 10) = 520$ мм – расчетная длина шва в сварном соединении, принимаемая меньше его фактической длины на 10 мм на каждом участке. В случае, если шов выполнен непрерывным, расчётную длину шва следует принять без уменьшений: $l_w = 4 \cdot 140 = 560$ мм.

Таким образом, рассматриваемое сварное соединение удовлетворяет всем условиям прочности при действии расчётной нагрузки. Следует отметить, что прочность самих деталей в месте приклепывания в данном примере не рассматривается и должна быть проверена отдельным расчётом.



Пример 9

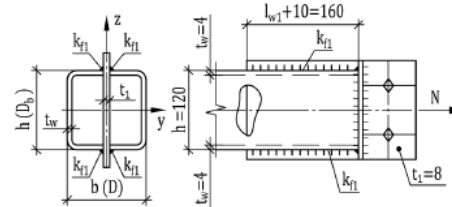


Рис 11.9. К примеру 9

Проверить прочность угловых сварных швов крепления врезной фасонки (пластины) толщиной $t_1=8$ мм к распорке из гнутого замкнутого сварного профиля по ГОСТ 30245-2003 сечением 120×120×4 мм при действии расчётного растягивающего осевого усилия $N=330$ кН. Материал фасонки и профиля – сталь С255 по ГОСТ 27772-88, сварка – полуавтоматическая дуговая в среде защитных газов по ГОСТ 14771-76. Катеты сварных швов крепления фасонки к профилю: $k_{f1}=4$ мм.

В соответствии с таблицей В.5 [1] нормативное сопротивление листового и фасонного проката из стали С255 составляет $R_{yn} = 245 \text{ Н/мм}^2$ (при толщине листов от 2 до 20 мм). По таблице Г.1 [1] принимаем тип сварочной проволоки Св-08Г2С по ГОСТ 2246. Расчётные сопротивления углового шва принимаем по таблицам 4 и Г.2 [1]:

- по металлу шва $R_{wf} = 215 \text{ Н/мм}^2$;
- по металлу границы сплавления $R_{wz} = 0,45R_{un} = 0,45 \cdot 370 = 166,5 \text{ Н/мм}^2$;

По таблице 39 [1] принимаем следующие значения коэффициентов проплавления: $\beta_f = 0,7$; $\beta_z = 1,0$.

Так как $R_{wf} \cdot \beta_f = 215 \cdot 0,7 = 150,5 < 166,5 = 166,5 \cdot 1,0 = R_{wz} \cdot \beta_z$, дальнейшие расчёты сварных швов ведём только по металлу шва.

Согласно п. 14.1.7.а [1] катет шва не должен превышать $1,2 \cdot t_{min} = 1,2 \cdot 4 = 4,8 \text{ мм} \geq k_{f1} = 4 \text{ мм}$ – **условие выполняется**. Согласно п.14.1.7.б и таблице 38 [1] катет шва при тавровых односторонних угловых швах и толщине более толстого из свариваемых элементов от 6 мм до 10 мм не должен быть меньше 5 мм ($k_{f1} = 4$ мм) – **условие НЕ ВЫПОЛНЯЕТСЯ**. В соответствии с п. 14.1.7.е [1] принимаем неравносторонний шов с катетом $k_f = 5$ мм со стороны пластины толщиной 8 мм и катетом $k_f = 4$ мм со стороны профиля с толщиной стенки 4 мм. Дальнейший расчёт ведём при значении катета шва $k_{f1} = 4$ мм.

Прочность угловых швов при действии силы N , проходящей через центр тяжести соединения (без эксцентриситета), проверяем по следующей формуле:

сечение по металлу шва	$\frac{N}{4 \cdot \beta_f \cdot k_{f1} \cdot l_{w1} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c} = \frac{330 \cdot 10^3}{4 \cdot 0,7 \cdot 4 \cdot 150 \cdot 215} = 0,91 \leq 1$	Прочность обеспечена
------------------------	--	----------------------

Где $l_{w1} = 160 - 10 = 150$ мм – расчетная длина шва в сварном соединении, принимаемая меньше его фактической длины на 10 мм на каждом участке. Также должны выполняться следующие условия:

- $l_{w1} = 150 \leq 85 \cdot \beta_f \cdot k_{f1} = 85 \cdot 0,7 \cdot 4 = 238$ мм – **условие выполняется**;
- $l_{w1}/b = 150/120 = 1,25 > 0,8$ – **условие выполняется**;
- $l_{w1}/h = 150/120 = 1,25 > 1,0$ – **условие выполняется**.

Следует отметить, что прочность самих деталей в месте приклепывания в данном примере не рассматривается и должна быть проверена отдельным расчётом.



Пример 8

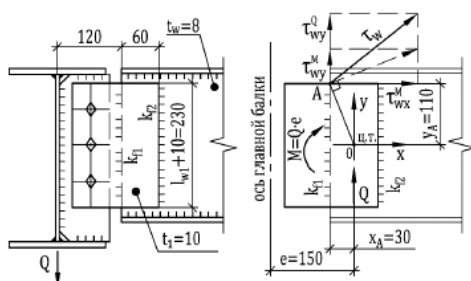


Рис 11.8. К примеру 8

Проверить прочность нахлесточных сварных швов крепления пластины (планки) толщиной $t_1=10$ мм к стенке сварной двусторонней балки (толщина стенки $t_w=8$ мм) при действии расчётной опорной реакции $Q=100$ кН, передающейся вдоль стенки главной балки. Материал пластины и стенки двусторонней балки – сталь С255 по ГОСТ 27772-88, сварка – полуавтоматическая дуговая в среде защитных газов по ГОСТ 14771-76. Катеты сварных швов крепления пластины к стенке двусторонней балки: $k_{f1} = k_{f2} = 6$ мм.

В соответствии с таблицей В.5 [1] нормативное сопротивление листового и фасонного проката из стали С255 составляет $R_{yn} = 245$ Н/мм² (при толщине листов от 2 до 20 мм). По таблице Г.1 [1] принимаем тип сварочной проволоки Св-08Г2С по ГОСТ 2246. Расчётные сопротивления углового шва принимаем по таблицам 4 и Г.2 [1]:

- по металлу шва $R_{wf} = 215$ Н/мм²;
- по металлу границы сплавления $R_{wz} = 0,45R_{yn} = 0,45 \cdot 370 = 166,5$ Н/мм²;

По таблице 39 [1] принимаем следующие значения коэффициентов проплавления: $\beta_f = 0,7$; $\beta_z = 1,0$.

Так как $R_{wf} \cdot \beta_f = 215 \cdot 0,7 = 150,5 < 166,5 = 166,5 \cdot 1,0 = R_{wz} \cdot \beta_z$, дальнейшие расчёты сварных швов ведём только по металлу шва.

Согласно п. 14.1.7.а [1] катет шва k_{f1} не должен превышать $1,2 \cdot t_1 > t_w \geq k_{f1} = 6$ мм – **условие выполняется**, катет шва k_{f2} не должен превышать $t_1 > 1,2 \cdot t_w \geq k_{f2} = 6$ мм – **условие выполняется**. Согласно п.14.1.7.б и таблице 38 [1] катет шва при нахлесточных угловых швах и толщине более толстого из свариваемых элементов от 6 мм до 10 мм не должен быть меньше 4 мм ($k_{f1} = 6$ мм; $k_{f2} = 6$ мм) – **условие выполняется**.

Принимаем расчётную длину сварных швов меньше их геометрической длины на 10 мм: $l_{w1} = l_{w2} = 230 - 10 = 220$ мм. Согласно п. 14.1.7.в [1] расчётная длина углового шва не должна быть менее $4k_f$ и 40 мм: 220 мм $>$ 40 мм; $4 \cdot 6 = 24$ мм – **условие выполняется**.

Согласно п. 14.1.7.г [1] расчётная длина углового шва должна быть не более $85\beta_f k_f$: 220 мм $<$ $85 \cdot 0,7 \cdot 6 = 357$ мм – **условие выполняется**.

Согласно п. 14.1.7.д [1] длина нахлестки должна быть не менее $5t_{min}$: 60 мм $>$ $5 \cdot t_w = 5 \cdot 8 = 40$ мм – **условие выполняется**.

Вычисляем напряжения в швах от действия поперечной силы Q из условия, что поперечная сила воспринимается равномерно вдоль швов:

сечение по металлу шва	$\tau_Q = \frac{Q}{\beta_f \cdot k_f \cdot 2 \cdot l_{w1}} = \frac{100 \cdot 10^3}{0,7 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 220} = 54,1 \text{ Н/мм}^2$	
------------------------	--	--

Напряжения от изгибающего момента $M = Q \cdot e = 100 \cdot 10^3 \cdot 150 = 15000000$ Н·мм вычисляем отдельно относительно осей X и Y. Вычисляем моменты инерции сварных швов относительно осей X и Y:

$$I_{fx} = 2 \cdot l_{w1}^3 \cdot \beta_f \cdot k_f / 12 = 2 \cdot 220^3 \cdot 0,7 \cdot 6 / 12 = 7453600 \text{ мм}^4$$

$$I_{fy} = 2 \cdot l_{w1} \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot x_A^3 = 2 \cdot 220 \cdot 0,7 \cdot 6 \cdot 30^3 = 1663200 \text{ мм}^4$$

Собственным моментом инерции сварных швов относительно оси Y пренебрегаем ввиду их малости (менее 0,03%)

сечение по металлу шва	$\tau_{Mx} = \frac{M \cdot y_A}{(I_{fx} + I_{fy})} = \frac{15000000 \cdot 110}{(7453600 + 1663200)} = 181,0 \text{ Н/мм}^2$	
	$\tau_{My} = \frac{M \cdot x_A}{(I_{fx} + I_{fy})} = \frac{15000000 \cdot 30}{(7453600 + 1663200)} = 49,4 \text{ Н/мм}^2$	

Проверку сварных швов выполняем по следующей формуле:

сечение по металлу шва	$\frac{\sqrt{(\tau_{Mx})^2 + (\tau_Q + \tau_{My})^2}}{R_{wf} \cdot \gamma_c} = \frac{\sqrt{(181,0)^2 + (54,1 + 49,4)^2}}{215 \cdot 1,0} = 0,97 \leq 1$	Прочность обеспечена
------------------------	--	-----------------------------

Таким образом, рассматриваемое сварное соединение удовлетворяет всем условиям прочности при действии расчётной нагрузки. Следует отметить, что прочность самих деталей в месте прикрепления в данном примере не рассматривается и должна быть проверена отдельным расчётом.



Общество с ограниченной ответственностью
«Проектно-консультационное бюро ГИПЕРИОН»
 г. Новосибирск, проспект Димитрова, 5 офис 416, www.pkb-giperion.ru
 ИНН 54009237150 КПП 540501001

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
 СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

**БОЛТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ
 РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

СТО МК-02-2018

Новосибирск
 2018

СТО МК-02-2018

Содержание

1. Область применения.....	1
2. Нормативные ссылки.....	1
3. Термины и определения.....	1
4. Общие положения.....	1
5. Виды болтовых соединений.....	3
6. Расчётные сопротивления болтовых соединений.....	6
7. Срезные болтовые соединения.....	7
8. Фрикционные болтовые соединения.....	18
9. Фрикционно-срезные соединения.....	25
10. Фланцевые соединения.....	31
11. Конструирование болтовых соединений.....	38
12. Примеры расчёта болтовых соединений.....	42



5. Виды болтовых соединений

5.1. В строительстве применяются следующие виды болтовых соединений:

- **Срезные соединения**, в которых внешние усилия воспринимаются сопротивлением болтов срезу и сопротивлением смятию соединяемых элементов.
- **Фрикционные (сдвигоустойчивые) соединения**, в которых внешние усилия воспринимаются силами трения, возникающими по соприкасающимся плоскостям соединяемых элементов после натяжения болтов на расчетное осевое усилие.
- **Фрикционно – срезные соединения**, в которых внешние усилия воспринимаются сопротивлением болтов срезу, а соединяемых элементов – смятию с учетом сил трения, возникающих по соприкасающимся плоскостям после натяжения болтов на расчетное осевое усилие.
- **Фланцевые соединения**, в которых внешние усилия воспринимаются сопротивлением болтов растяжению.

Стальные строительные конструкции с монтажными соединениями на болтах, в зависимости от степени ответственности и условий их эксплуатации, разделены на четыре группы:

Тип соединений	Область применения
Срезные (без контролируемого натяжения болтов)	<p>Конструкции, работающие при статической нагрузке:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Узлы крепления горизонтальных и вертикальных связей по поясам стропильных ферм для зданий с кранами легкого и среднего режимов работы – Узлы крепления путей подвешного транспорта и монорельсов – Узлы крепления элементов фахверка – Узлы крепления балок перекрытий технологических и рабочих площадок – Узлы крепления прогонов, элементов фонарных конструкций – Узлы крепления крановых рельсов, разрезных подкрановых балок между собой и колоннам – Узлы крепления стропильных ферм к колоннам и подстропильным фермам, а также подстропильных ферм к колоннам при условии передачи вертикальных опорного давления через столки
Фрикционные (с контролируемым натяжением болтов)	<p>Конструкции, для которых по условиям эксплуатации недопустимы остаточные перемещения сдвига; конструкции, работающие на знакопеременные и циклические нагрузки:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Неразрезные подкрановые балки; – Подкрановые балки и подкраново-подстропильные фермы, колонны с фрезерованными торцами; – Балки перекрытий технологических и рабочих площадок, стыки балок между собой; – Тормозные конструкции; – Узлы горизонтальных и вертикальных связей по поясам стропильных ферм; – Стыки растянутых поясов стропильных и подстропильных ферм на накладках; – Узлы крепления вертикальных связей по колоннам.

6. Расчётные сопротивления болтовых соединений

Расчётные сопротивления болтов назначаются в зависимости от классов прочности. Класс прочности зависит от марки применяемой стали, способа изготовления болтов и обозначен двумя числами. Первое число, умноженное на 100 – значение минимального временного сопротивления в Н/мм², произведение первого числа, увеличенного в 10 раз, на второе – значение предела текучести в Н/мм². Болты класса прочности 5.8 изготавливаются методом холодной высадки без последующей термообработки, вследствие чего стержень болта характеризуется пониженными пластическими свойствами из-за сильного наклёпа материала. В связи с этим болты класса прочности 5.8 в соединениях, работающих на растяжение, **НЕ ПРИМЕНЯЮТСЯ**.

Таблица 6.1

Формулы расчетных сопротивлений одноболтовых соединений

Напряженное состояние	Условное обозначение	Формулы расчетных сопротивлений одноболтовых соединений болтов классов				
		5,6	5,8	8,8	10,9	12,9
Срез болта	$R_{бс}$	$0,42R_{бun}$	$0,41R_{бun}$	$0,40R_{бun}$	$0,40R_{бun}$	$0,35R_{бun}$
Растяжение болта	$R_{бс}$	$0,45R_{бun}$	–	$0,54R_{бun}$	$0,54R_{бun}$	–
Смятие соединяемых элементов	Болты класса точности А	$R_{бп}$	$1,60R_u$			
	Болты класса точности В		$1,35R_u$			

Где $R_{бun}$ – нормативное сопротивление стали болтов, принимаемое равным минимальному пределу прочности на растяжение по ГОСТ Р 52627; R_u – расчетное сопротивление стали соединяемых элементов по временному сопротивлению.



7. Срезные болтовые соединения

Действительная работа срезных болтовых соединений имеет сложный характер, поэтому их практический расчет является условным и основывается на следующих допущениях:

1. В поперечном сечении стержня болта возникает только поперечная сила
2. Касательные напряжения, возникающие в поперечном сечении стержня болта, распределяются по его площади равномерно
3. При действии на болтовое соединение продольной (поперечной) силы, проходящей через центр тяжести соединения, распределение этой силы между болтами принимается равномерным.
4. При действии на болтовое соединение изгибающего момента, распределение усилий между болтами принимается пропорционально расстояниям от центра тяжести соединения до рассматриваемого болта.

Основными расчетными факторами, определяющими работу соединения, являются:

1. Срезающие (касательные) напряжения τ_s в поперечном сечении болта, возникающие по плоскости соприкосновениядвигаемых элементов.
2. Сминающие напряжения σ_p , возникающие в зонах контакта стержня болта со стенками отверстий соединяемых элементов.

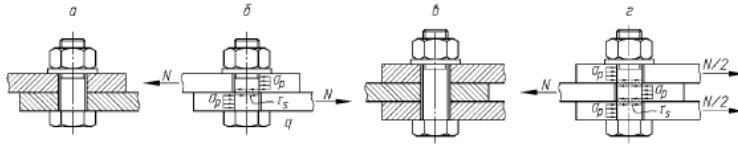


Рис 7.1. Схемы устройства и работы односрезных (а, б) и двухсрезных (в, г) болтовых соединений

Расчетное усилие, которое может быть воспринято одним болтом на срез, определяется по следующей формуле:

$$N_{bs} = R_{bs} A_b n_s \gamma_b \gamma_c \quad (7.1)$$

Где R_{bs} – расчетное сопротивление болта срезу; A_b – площадь сечения болта «брутто» (определяется по ненарезанной части стержня болта – $A_b = \pi d_b^2 / 4 \approx 0.785 d_b^2$); n_s – число расчетных срезов одного болта; γ_b – коэффициент условий работы болтового соединения; γ_c – коэффициент условий работы конструкции.

Расчетное усилие, которое может быть воспринято одним болтом на смятие соединяемых элементов, определяется по следующей формуле:

$$N_{bp} = R_{bp} d_b \Sigma t_{min} \gamma_b \gamma_c \quad (7.2)$$

Где R_{bp} – расчетное сопротивление смятию соединяемых элементов; d_b – наружный диаметр стержня болта; Σt_{min} – наименьшая суммарная толщина соединяемых элементов, сминаемых в одном направлении; γ_b – коэффициент условий работы болтового соединения; γ_c – коэффициент условий работы конструкции.

Для элементов конструкций из стали с пределом текучести до 440 МПа, несущих статическую нагрузку, при расчете на прочность по сечению, ослабленному отверстиями для болтов $\gamma_c = 1.1$. Данный коэффициент введен для учета локального повышения прочностных свойств стали возле отверстий при расчете на прочность сечений, ослабленных отверстиями для болтов.

При действии на болтовое соединение силы N , проходящей через центр тяжести соединения, распределение этой силы между болтами следует принимать равномерным. В этом случае количество болтов в соединении определяется по формуле:

$$n = \frac{N}{N_{b,min}} \quad (X)$$

Где $N_{b,min}$ – наименьшее из значений N_{bs} и N_{bp} .

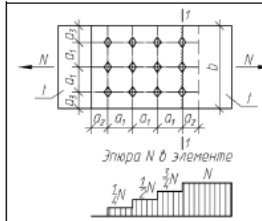


Рис XXX. Схема соединения с рядовым расположением болтов

Проверку прочности ослабленного сечения сопрягаемых элементов при рядовом размещении болтов производят по площади «нетто» A_n , найденной с учетом ослабления в одном сечении поперек усилия (сечение 1-1 на рис XXX), по следующей формуле:

$$\sigma = \frac{N}{A_n} = \frac{N}{(b - kd)t} \leq R_y \gamma_c \quad (X)$$

Где b – ширина элемента; t – толщина элемента; d – диаметр отверстия; k – количество отверстий под болты в рассматриваемом сечении; γ_c – коэффициент условий работы; R_y – расчетное сопротивление стали сопрягаемых элементов.

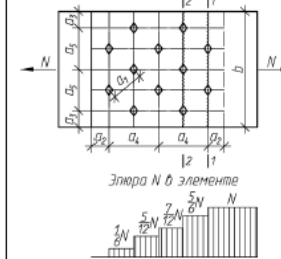


Рис XXX. Схема соединения с шахматным расположением болтов

Проверку прочности ослабленного сечения сопрягаемых элементов при шахматном размещении болтов также производят по площади «нетто» A_n , найденной с учетом ослабления в одном сечении поперек усилия (сечения 1-1 и 2-2 на рис XXX), по формуле (X) при соблюдении условия:

$$a_4 \geq a_5 + 1.5d \quad (X)$$

Предварительно следует определить расчетное усилие в рассматриваемом сечении. Для уменьшения напряжений целесообразно в первом ряду (сечение 1-1) устанавливать меньшее количество болтов, но не менее двух. В следующих рядах число болтов может быть больше, так как уменьшение площади «нетто» A_n компенсируется уменьшением усилия в рассматриваемом сечении.



В соединениях, передающих изгибающий момент, болты работают неравномерно. Расчет болтового соединения, работающего на изгиб, основан на предположении, что элементы соединения при изгибе поворачиваются относительно центра поворота болтового соединения. Так как обычно разрушение болтового соединения наступает от среза болта, для упрощения задачи считают, что сопротивление деформации болтового соединения пропорциональна площадям поперечных сечений болтов и центр поворота соединения будет находиться в центре тяжести площадей болтов.

Распределение усилий между болтами принимается пропорционально расстояниям от центра тяжести соединения до рассматриваемого болта, а их направление – перпендикулярно соответствующим радиус – векторам ρ_i . Максимальное усилие N_{max} возникает в болте, наиболее удаленном от центра поворота. Оно определяется из следующего условия равновесия рассматриваемой системы:

$$\Sigma M_0 = 0 \quad M - N_1 \rho_1 - N_2 \rho_2 - \dots - N_i \rho_i = 0 \quad (X)$$

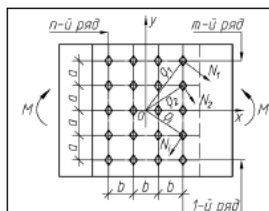


Рис XXX. Схема соединения воспринимающего изгибающий момент

В соответствии с принятой предпосылкой о распределении усилий:

$$\frac{N_1}{\rho_1} = \frac{N_2}{\rho_2} = \dots = \frac{N_i}{\rho_i} \quad (X)$$

Из чего усилия $N_2 \dots N_i$ можно привести к N_1 следующим образом:

$$N_2 = N_1 \frac{\rho_2}{\rho_1}; \dots; N_i = N_1 \frac{\rho_i}{\rho_1} \quad (X)$$

Подставляя уравнения (X) в (X) получим:

$$M - N_1 \rho_1 - N_1 \frac{\rho_2^2}{\rho_1} - \dots - N_1 \frac{\rho_i^2}{\rho_1} = 0 \quad (X)$$

Или

$$M = \frac{N_1}{\rho_1} (\rho_1^2 + \rho_2^2 + \dots + \rho_i^2) \quad (X)$$

Из уравнения (X) получаем искомое максимальное усилие в болте $N_{max} = N_1$:

$$N_{max} = \frac{M \rho_{max}}{\Sigma \rho_i^2} \quad (X)$$

Где M - внешний расчетный изгибающий момент, передаваемый соединением; ρ_{max} - наибольший радиус – вектор; $\Sigma \rho_i^2$ - сумма квадратов радиус – векторов в пределах стыка.

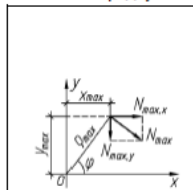


Рис XXX. Схема разложения усилий

При переходе от полярных координат к прямоугольным усилие N_{max} раскладывается на составляющие вдоль координатных осей x и y :

$$N_{max,x} = N_{max} \cos \varphi; \quad N_{max,y} = N_{max} \sin \varphi \quad (X)$$

С учетом уравнения (X) получаем следующее:

$$N_{max,x} = \frac{M \rho_{max} \cos \varphi}{\Sigma \rho_i^2} = \frac{M y_{max}}{\Sigma \rho_i^2} = \frac{M y_{max}}{\Sigma (x_i^2 + y_i^2)} \quad (X)$$

$$N_{max,y} = \frac{M \rho_{max} \sin \varphi}{\Sigma \rho_i^2} = \frac{M x_{max}}{\Sigma \rho_i^2} = \frac{M x_{max}}{\Sigma (x_i^2 + y_i^2)} \quad (X)$$

Где $x_{max} = b(n-1)$; $y_{max} = a(m-1)$;

$$\Sigma x_i^2 = \frac{b^2 n(n^2 - 1)}{6}; \quad \Sigma y_i^2 = \frac{a^2 m(m^2 - 1)}{6}$$

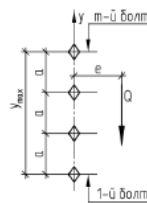


Рис XXX. Схема

Для однорядного вертикального расположения болтов и действии поперечной силы Q с эксцентриситетом e , максимальное усилие в крайнем болте определяется по следующей формуле:

$$N_{max} = \sqrt{\left(\frac{Q}{m}\right)^2 + \left(\frac{M y_{max}}{\Sigma y_i^2}\right)^2} = \frac{Q}{m} \sqrt{1 + \frac{6e}{am(m+1)}} \quad (X)$$

Где $M = Qe$; $y_{max} = a(m-1)$; $\Sigma y_i^2 = \frac{a^2 m(m^2 - 1)}{6}$

$$N_{max} \leq \min(N_{bz}, N_{bp}) \quad (X)$$

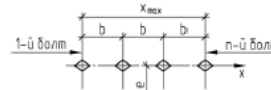


Рис XXX. Схема

Для однорядного горизонтального расположения болтов и действии продольной силы N с эксцентриситетом e , максимальное усилие в крайнем болте определяется по следующей формуле:

$$N_{max} = \sqrt{\left(\frac{N}{n}\right)^2 + \left(\frac{M x_{max}}{\Sigma x_i^2}\right)^2} = \frac{N}{n} \sqrt{1 + \frac{6e}{bn(n+1)}} \quad (X)$$

Где $M = Ne$; $x_{max} = b(n-1)$; $\Sigma x_i^2 = \frac{b^2 n(n^2 - 1)}{6}$

$$N_{max} \leq \min(N_{bz}, N_{bp}) \quad (X)$$

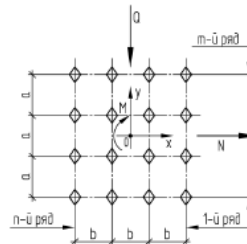


Рис XXX. Схема

При многорядном расположении болтов с регулярным шагом в обоих направлениях и действии в центре болтового соединения продольной силы N , поперечной силы Q и изгибающего момента M максимальное усилие в крайнем болте определяется по следующей формуле:

$$N_{max} = \sqrt{(P_N + P_{Mx})^2 + (P_Q + P_{My})^2} \quad (X)$$

Где	$P_N = \frac{N}{mn}$	
	$P_Q = \frac{Q}{mn}$	
	$P_{Mx} = \frac{6Ma(m-1)}{b^2 n(n^2 - 1) + a^2 m(m^2 - 1)}$	
	$P_{My} = \frac{6Mb(n-1)}{b^2 n(n^2 - 1) + a^2 m(m^2 - 1)}$	



8. Фрикционные болтовые соединения

Фрикционные (сдвигустойчивые) соединения отличаются от срезных соединений характером работы. Прочность соединения достигается не за счет работы стержней болтов на срез и смятия соединяемых элементов, а вследствие сил трения, возникающих по контактному плоскостям соединяемых элементов от предварительного натяжения болтов. Силы трения, возникающие в соединении на соприкасающихся поверхностях от натяжения болтов и воспринимающие сдвигающие силы, определяются в зависимости от прочности стержня болта и характера обработки соприкасающихся поверхностей, поэтому очень важным является повышение значения коэффициента трения.

Определяющее значение в работе такого соединения имеет сила натяжения болта. Натяжение болтов для создания необходимого трения должно быть очень большим, поэтому в соединениях используют болты классов прочности 10.9 и 12.9 с временным сопротивлением 1000-1300 МПа.

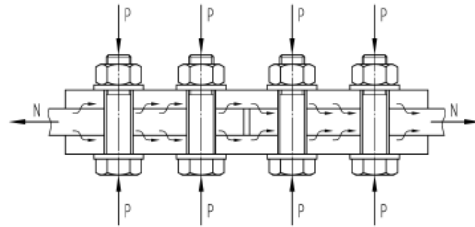


Рис 8.1 Схемы устройства и работы фрикционного соединения на высокопрочных болтах

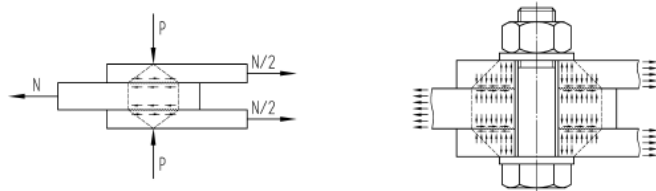


Рис 8.2. Принципиальная схема соединения, работающего на трении

Расчетное усилие, которое может быть воспринято одной поверхностью трения, стянутой одним высокопрочным болтом, определяется по следующей формуле:

$$Q_{bh} = R_{bh} A_{bh} \mu / \gamma_h \quad (X)$$

Где R_{bh} – расчетное сопротивление растяжению высокопрочного болта; A_{bh} – площадь сечения болта «нетто» (определяется по нарезанной части стержня болта); μ – коэффициент трения; γ_h – коэффициент условий работы болтового соединения; γ_h – коэффициент, зависящий от способа обработки соединяемых поверхностей, способа контроля натяжения болтов, разности диаметров отверстий и болтов и вида нагрузки (статическая или динамическая).

При действии на фрикционное соединение силы N , вызывающей сдвиг соединяемых элементов и проходящей через центр тяжести соединения, распределение этой силы между болтами следует принимать равномерным. В этом случае количество болтов в соединении следует определять по формуле

10. Фланцевые соединения

Вследствие резкой концентрации напряжений в резьбе и под головками болтов при работе их на растяжение во фланцевом соединении и увеличенной по сравнению с фрикционными соединениями концентрации напряжений, соединения рассматриваемых типов целесообразно применять в конструкциях, испытывающих преимущественно статические нагрузки.

Для повышения жесткости фланцевых соединений необходимо болты натягивать с высоким контролируемым усилием, считая предельным состоянием в растянутых элементах образование зазора между фланцами. Отсюда необходимость в плотном контакте фланцев и, следовательно, в фрезеровке торцов фланцев. Фланцы растянутых элементов должны изготавливаться из стали с гарантированными механическими свойствами поперек проката, а также после приварки подвергаться сплошному контролю ультразвуковой дефектоскопией на наличие внутренних расслоев, шлаковых включений и т.д.

Фланцевые соединения характеризуются работой болтов на растяжение. Применение высокопрочных болтов взамен обычных обеспечивает фланцевым соединениям новые качества, образовавшиеся в результате создания в болтах начальных усилий.

Первое из указанных качеств состоит в защемлении фланцевых листов в сечениях по осям болтов и уменьшении вследствие этого изгибающих моментов и, соответственно, уменьшении расчетной толщины фланцев. Второе качество заключается в том, что при усилиях в болтах, не превышающих их предварительного напряжения, внешняя нагрузка воспринимается предварительным напряжением сжатия по площадкам контакта фланцев, в то время как усилия в болтах по сравнению с их начальными значениями практически не изменяются. Это объясняется тем, что начальные напряжения болтов являются внутренними напряжениями, уравновешенными силами сжатия между соединяемыми элементами.

Работа фланцевых соединений существенно зависит от жесткости фланцев. Исходя из этого, соединения разделяют на два типа:

- С жесткими фланцами, практически не деформируемыми в процессе работы
- С гибкими деформируемыми фланцами

Особенность поведения фланцевых соединений с гибкими деформируемыми фланцами заключается в том, что в результате изгибных деформаций фланцев развиваются рычажные усилия, которые необходимо учитывать при расчете.

Надёжность работы фланцевых соединений во многом зависит от правильного выбора материала фланцев, поскольку механические свойства стали по толщине проката ниже нормируемых показателей.



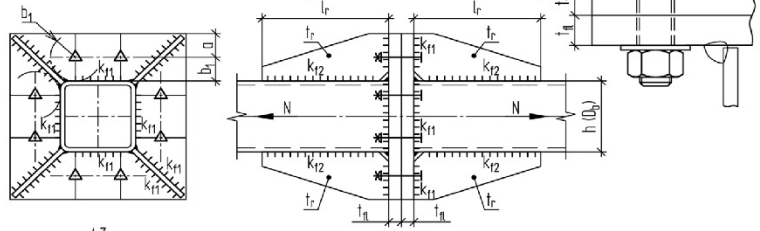
Расчет фланцевых соединений

РЦЦ/39
Фланцевый

$\gamma_n =$	1,00
--------------	------

характеристики материала фланца	
Сталь	C345
тип	лист
толщина	28 мм
R_y	30 кН/см ²
R_{up}	46 кН/см ²

t_{f1}	28	мм	d_s	50	мм
t_{f2}	8	мм	b_1	45	мм
k_{f1}	8	мм	a	50	мм
k_{f2}	6	мм			
d_2	24	мм			
A_{fl}	3,53	см ²			
класс	кл10.9				
R_{ph}	72,8	кН/см ²			



Характеристики пояса			
$h(D_b)$	140	мм	Сталь C345
$b(D)$	140	мм	R_y 32
t	7	мм	R_{up} 47
A	35,56	см ²	

характеристики сварки	
сварка	Св-08Г2С
$R_{св}$	21,5 кН/см ²
$R_{св}$	20,7 кН/см ²
β_f	0,7
β_s	1,0

Усилия		$n = 8$	число болтов	
$N, \text{кН}$	$Q, \text{кН}$	Прочность соединения, п. 5.7 [2]		
896	0	$N = 896$	<	1747

прочность пояса, п.7.1.1 [1]			
$N = 896$	<	1138	$[R_y A_{y1}] \text{ кН}$

прочность сварных швов, п.14.1.16 [1], п. 5.10 [2]			
$S_{св1} = 8,6$	<	21,5	$[R_{св} \gamma_{св} \gamma_c]$ кН/см ² - по металлу шва
$S_{св2} = 7,6$	<	20,7	$[R_{св} \gamma_{св} \gamma_c]$ кН/см ² - по границе сплавления с профилем
$S_{св3} = 6,4$	<	20,7	$[R_{св} \gamma_{св} \gamma_c]$ кН/см ² - по границе сплавления с фланцем

Склонность к слоистому разрушению, п.п. 13.3-13.5, 15.9.1 [1]			
$\Psi_N = 25,0$	>	11	$[\Psi_N = \Psi_{2\phi} + \Psi_{2T} + \Psi_{2z}]$
$\Psi_{2\phi} = 0$		$\Psi_{2T} = 5,6$	$\Psi_{2ш} =$



1. СП 16.13330.2011 "СНиП II-23-81" "Стальные конструкции". М., 2011
2. Рекомендации по расчету, проектированию, изготовлению и монтажу фланцевых конструкций. М., ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1989,

Несущие конструкции производственного здания, Новосибирская область



Расчет фланцевых соединений



характеристики материала		
E	20600	кН/см ²
γ _n	1	
Сталь	С345	
тип	лист	
толщина	25	мм
R _y	30	кН/см ²
Run	46	кН/см ²
Размеры сечения		
h	383	мм
bf	299	мм
tw	10	мм
tf	13	мм
hw	357	мм

t ₁	25	мм	b ₁	50	мм
t ₂	25	мм	a ₁	65	мм
k _{f1}	14	мм	b _{1w}	70	мм
k _{f2}	8	мм	w ₁	75	мм
d _b	20	мм	A _{bn}	2,45	см ²
кл. прочн.	кл12.9		R _{bh}	85,4	кН/см ²

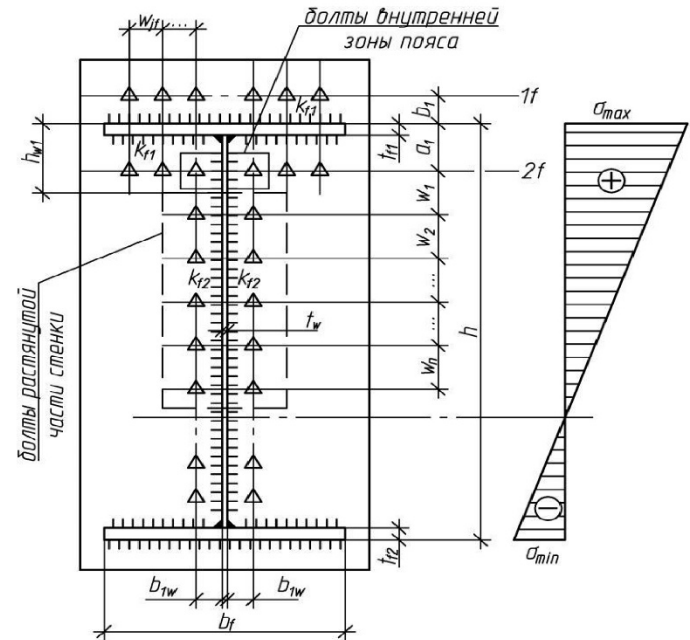
n _{н1}	4
n _{н2}	2
w ₂	75
n	1
w _{jf}	70

σ _{max}	14,3	кН/см ²
σ _{min}	-13,4	кН/см ²
m	-0,93	
h ₀	198	мм
h _{w1}	89,5	мм
σ _w	13,4	кН/см ²
σ _{w1}	6,9	кН/см ²

проверка фланца и болтов					
Nf	648,535	кН	<	820,2335	кН
Nw	37,64266	кН	<	51,91571	кН
проверка сварных швов					
Nf	648,535		<	1591,989	
Nw	37,64266		<	327,1845	
Nnj	88,40		<	112,9	
	β _f	0,7	R _{wf}	21,5	кН/см ²
	β _z	1	R _{wz}	20,7	кН/см ²

Геометр. характеристики		
A	113,44	см ²
W _x	1587	см ³

Усилия		
M	N	Q
220	55	137



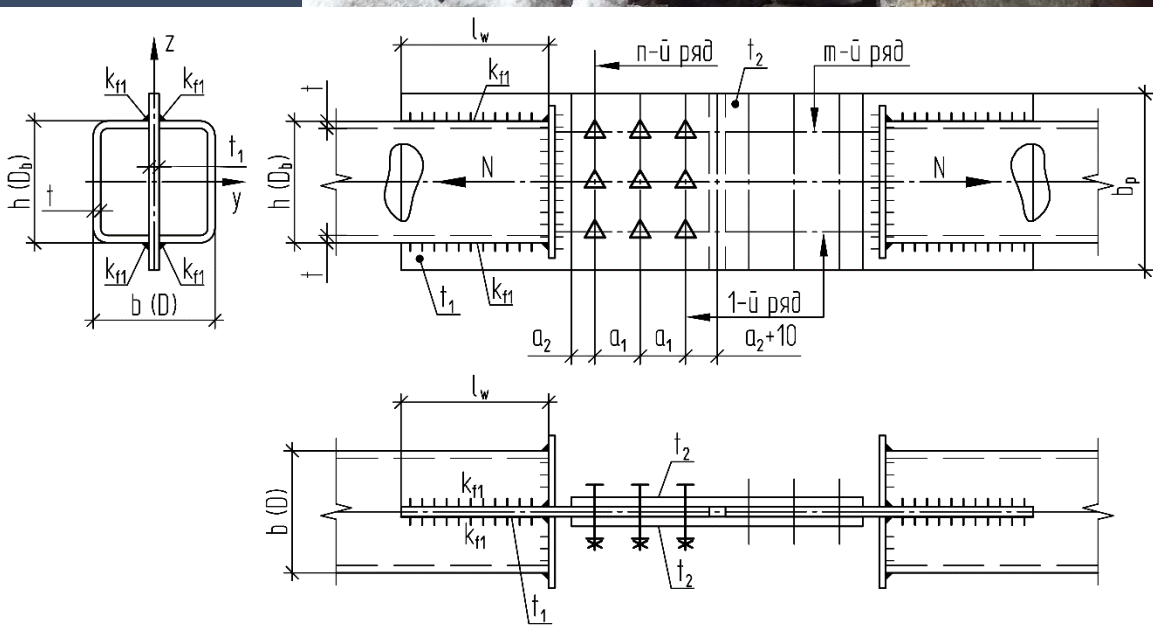
Справочная информация					
w _{2max}	180	n _{min}	1	w _{jfmax}	180
w _{2min}	60	n _{max}	1	w _{jfmin}	60



Несущие конструкции
отапливаемого гаража,
Новосибирская область



Расчет фрикционных соединений



Производственная база с помещениями административного назначения по ул. Полякова в г.Новосибирске



Расчет ферм из ГСП и их узлов



- поле для ручного ввода значений (ОБЯЗАТЕЛЬНО ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ!!!)
 - поля для контроля вычисленных значений (заполняется автоматически)

шифр	29/04-5-2014	СП 16.13330.2011	Страница 1
конструкция	Стропильная ферма ФС1		

Усилия кН от неразрезности профнаст 1 1. СП 16.13330.2011 "СНиП II-23-81* "Стальные конструкции". М., 2011
 уп= 1,00 коэффициент учета при сборе нагрузок

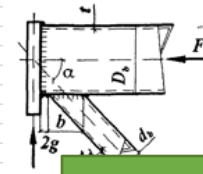
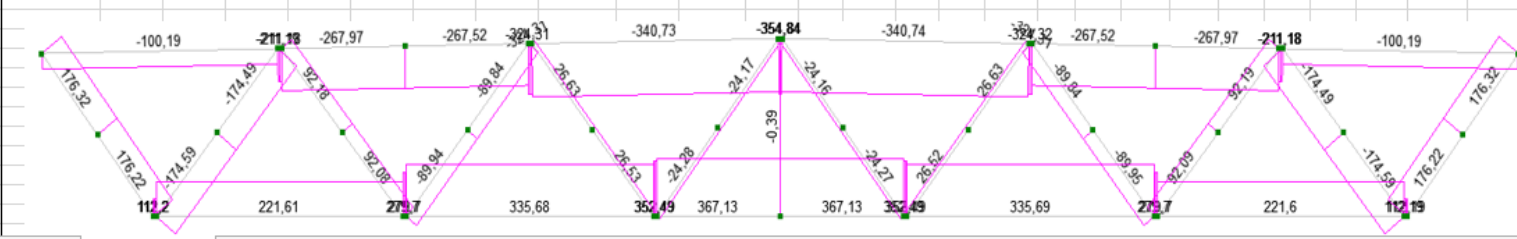
K1 - коэффициент использования сечения по гибкости
 K2 - коэффициент использования сечения по прочности при центральном растяжении
 K3 - коэффициент использования сечения по устойчивости при центральном сжатии

Таблица проверки элементов стропильной фермы

Наименование элемента	№	Усилие, кН	h (D _b), мм	b (D), мм	t, мм	Сталь	R _y кН/см²	Сечение	A, см²	ix, см	iy, см	L _x , см	L _y , см	μ _x	μ _y	L _{efx} , см	L _{efy} , см	λ _x	λ _y	λ	δ	φ min	γ _c	[λ]	σ _{ср} , кН/см²	σ _{сгр} , кН/см²	K1	K2	K3
нижний пояс		370,0	100	100	5	C345	32	100x100x5	18,36	3,84	3,84	300	860	1	1	300	860	78,1	224,0	8,8	92,7	-	0,90	400	22,39	-	0,56	0,70	-
P1		180,0	80	80	5	C345	32	80x80x5	14,36	3,02	3,02	180	180	1	1	180	180	59,6	59,6	2,3	16,5	-	0,90	400	13,93	-	0,15	0,44	-
P2		-175,0	80	80	5	C345	32	80x80x5	14,36	3,02	3,02	200	200	0,9	0,9	180	180	59,6	59,6	2,3	16,5	0,83	1,00	150	-	14,71	0,40	-	0,46
P3		95,0	80	80	5	C345	32	80x80x5	14,36	3,02	3,02	200	200	0,9	0,9	180	180	59,6	59,6	2,3	16,5	-	0,90	400	7,35	-	0,15	0,23	-
P4		-90,0	80	80	5	C345	32	80x80x5	14,36	3,02	3,02	220	270	0,9	0,9	198	243	65,6	80,5	3,2	21,5	0,67	1,00	150	-	9,40	0,54	-	0,29
P5		30,0	80	80	5	C345	32	80x80x5	14,36	3,02	3,02	220	220	0,9	0,9	198	198	65,6	65,6	2,6	17,8	-	0,90	400	2,32	-	0,16	0,07	-
P6		-30,0	80	80	5	C345	32	80x80x5	14,36	3,02	3,02	245	245	0,9	0,9	221	221	73,0	73,0	2,9	19,6	0,73	1,00	150	-	2,86	0,49	-	0,09

Характеристики поясов	Материал сварки Св-08Г2С				Сталь	I, см²	R _y , кН/см²	R _{up} , кН/см²	Длина панели, см
	D	D _b	t, мм	A, см²					
верхний	120	120	5	22,36	C345	485,30	32	47	300
нижний	100	100	5	18,36	C345	270,90	32	47	300

Наименование элемента	d, мм	db, мм	td, мм	γ _c	Пояс	F, кН	M, кН*см	α, °	2g, мм	продавливание пояса, Л.1 [1]				боковая стенка пояса, Л.3 [1]				Прочность решетки, Л.4 [1]				Прочность швов, Л.6 [1]										
										γD	D _n , см	t, см	b, см	f, см	K _{ср}	d/D	D _b , см	Db/t	γ _t	k	K _{ср}	db/t	k	D, см	K _{ср}	R _{wf} , кН/см²	R _{wz} , кН/см²	β ² R _w	k _f , мм	K _{ср}		
P1	80	80	5	1	верхний	-105	912	53	60	1,00	12	0,5	10,02	2	2,75	0,67	12	24,0	1	0,005	1	0,00	16,0	0,014	1	12	0,63	21,5	21,15	15,05	5	1,25
	80	80	5	1	нижний	115	481	53	20	1,00	10	0,5	10,02	1	0,84	0,80	10	20,0	1	0,008	1	0,00	16,0	0,014	1	10	0,54	21,5	21,15	15,05	5	1,07
P2	80	80	5	1	верхний	-270	90	49	20	1,00	12	0,5	10,60	2	1,11	0,67	12	24,0	1	0,005	1	0,39	16,0	0,014	1	12	0,54	21,5	21,15	15,05	5	0,87
	80	80	5	1	нижний	225	50	50	20	1,00	10	0,5	10,44	1	0,63	0,80	10	20,0	1	0,008	1	0,40	16,0	0,014	1	10	0,52	21,5	21,15	15,05	5	0,84
P3	80	80	5	1	верхний	-270	16	51	20	1,00	12	0,5	10,29	2	0,50	0,67	12	24,0	1	0,005	1	0,00	16,0	0,014	1	12	0,25	21,5	21,15	15,05	4	0,61
	80	80	5	1	нижний	225	32	50	20	1,00	10	0,5	10,44	1	0,29	0,80	10	20,0	1	0,008	1	0,00	16,0	0,014	1	10	0,24	21,5	21,15	15,05	4	0,57
P4	80	80	5	1	верхний	-340	42	50	20	1,00	12	0,5	10,44	2	0,58	0,67	12	24,0	1	0,005	1	0,21	16,0	0,014	1	12	0,28	21,5	21,15	15,05	4	0,57
	80	80	5	1	нижний	336	81	51	20	1,00	10	0,5	10,29	1	0,37	0,80	10	20,0	1	0,008	1	0,21	16,0	0,014	1	10	0,28	21,5	21,15	15,05	4	0,58
P5	80	80	5	1	верхний	-340	80	52	20	1,00	12	0,5	10,15	2	0,24	0,67	12	24,0	1	0,005	1	0,00	16,0	0,014	1	12	0,09	21,5	21,15	15,05	4	0,23
	80	80	5	1	нижний	336	32	51	20	1,00	10	0,5	10,29	1	0,11	0,80	10	20,0	1	0,008	1	0,00	16,0	0,014	1	10	0,08	21,5	21,15	15,05	4	0,19
P6	80	80	5	1	верхний	-340	26	52	20	1,00	12	0,5	10,15	2	0,22	0,67	12	24,0	1	0,005	1	0,07	16,0	0,014	1	12	0,10	21,5	21,15	15,05	4	0,20
	80	80	5	1	нижний	370	26	53	20	1,00	10	0,5	10,02	1	0,13	0,80	10	20,0	1	0,008	1	0,07	16,0	0,014	1	10	0,10	21,5	21,15	15,05	4	0,20





Организованная структура папок

Упорядочить ▾ Добавить в библиотеку ▾ Общий доступ ▾ Записать на оптический диск Новая папка

Имя	Дата изменения	Тип	Размер
Оформление чертежей	18.04.2018 15:12	Папка с файлами	
Расчет узлов	26.03.2018 14:48	Папка с файлами	
Расчет элементов	07.03.2018 11:22	Папка с файлами	
~\$Материалы_и_сортаменты.xlsx	18.04.2018 14:52	Лист Microsoft Ex...	1 КБ
Вычисление_коэфф_СНиП.xlsx	29.11.2010 14:43	Лист Microsoft Ex...	99 КБ
вычисление_фи_б.xlsx	18.12.2012 19:43	Лист Microsoft Ex...	124 КБ
Материалы_и_сортаменты.xlsx	28.11.2017 12:33	Лист Microsoft Ex...	216 КБ
Расчет ферм.xlsx	09.02.2011 9:03	Лист Microsoft Ex...	70 КБ
расчетные_длины.xlsx	15.09.2017 9:03	Лист Microsoft Ex...	121 КБ
Расчетные_длины_одноступенчатых_колонн.xlsx	21.12.2016 17:23	Лист Microsoft Ex...	15 КБ
риски_уголков.xlsx	25.01.2012 18:30	Лист Microsoft Ex...	9 КБ
Справочные_данные.xlsx	14.02.2011 16:40	Лист Microsoft Ex...	13 КБ
таблицы_СНиП.xlsx	20.12.2017 14:01	Лист Microsoft Ex...	110 КБ
таблицы_СНиП_II-23.xlsx	14.11.2012 10:48	Лист Microsoft Ex...	111 КБ
таблицы_СП16.xlsx	17.10.2011 17:07	Лист Microsoft Ex...	25 КБ



Металлические конструкции ФАЙЛ ОБЩИХ ПАРАМЕТРОВ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Расчетные сопротивления болтовых соединений								Расчетные сопротивления растяжению фундамен							
2	класс прочн	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	8.8	10.9				16	20	24	30	36
3	Rbs	0	0	21	21	0	33	41,5			Ст3сп2	20	20	19	19	19
4	Rbt	0	0	22,5	0	0	45	56			09Г2С-4	26,5	26,5	24,5	24,5	23
5	Rbun	0	0	50	50	0	83	104			09Г2С-6	26,5	26,5	24,5	24,5	23
6	Kp	0	0	0,55	0	0	0,65	0,7								
7	Площадь сечения болтов															
8	d, мм	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48	56	64	72	80	90
9	Ab, см2	2,01	2,54	3,14	3,8	4,52	5,72	7,06	10,17	13,85	18,09	24,6	32,2	40,7	50,3	63,6
10	Abn, см2	1,57	1,92	2,45	3,03	3,53	4,59	5,61	8,16	11,2	14,72	20,3	26,76	34,6	43,44	55,91
11	Размер под	24		30		36		46	55	65	75					
12																
13	Расчетные сопротивления металла швов сварных соединений с угловыми швами															
14	Электроды	Э42	Э46	Э50	Э60	Э70	Э85	Св-08	Св-08ГА	Св-08Г2С						
15	R _{wt} , кН/см2	18	20	21,5	24	28	34	18	20	21,5						
16	R _{wun} , кН/см2	41	45	49	59	68,5	83,5	41	45	49						
17																
18	Стали															
19	Модуль упругости															
20	E=	20600 кН/см ²														
21																
22	Расчетные сопротивления															
23	Сталь	Толщина проката	Нормативное сопротивление ² , МПа (кг/см ²)				Расчетное сопротивление ³ , МПа (кг/см ²), проката									
24			лист	лист	фасон	фасон	лист	лист	фасон	фасон						
25			R _{np} лист	R _{np} лист	R _{np} фасон	R _{np} фасон	R _y лист	R _i лист	R _y фасон	R _i фасон						
26	C235	160	0	0	0	0	0	0	0	0			C235		0	
27	C235	100	0	0	0	0	0	0	0	0			C245		1	
28	C235	80	0	0	0	0	0	0	0	0			C255		2	
29	C235	60	0	0	0	0	0	0	0	0			C285		3	
30	C235	50	0	0	0	0	0	0	0	0			C345		4	
31	C235	40	0	0	0	0	0	0	0	0			C345K		5	
32	C235	30	0	0	0	0	0	0	0	0			C375		6	
33																
34																
35																
36																
37																
38																
39																
40	C245	60	0	0	0	0	0	0	0	0						
41	C245	50	0	0	0	0	0	0	0	0						

Болты, сварка, стали, сортаменты
Именованные диапазоны для ссылок



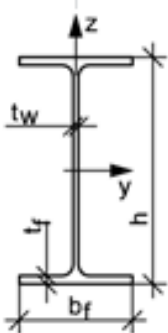
ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ

Правила цветового выделения ячеек										
Вводимые значения										Темно-синий, Текст 2, более светлый оттенок 80%
Вычисляемые значения										Желтый
Характерные вычисляемые значения										Оранжевый
Удовлетворяет условию						111				Зеленая заливка и темно-зеленый текст
Не удовлетворяет условию						111				Светло-красная заливка и темно-красный текст

ВПР(искомое_значение, таблица, номер_столбца, [интервальный_просмотр])

	A	B	C	D	E
1	Балочный двутавр				
2	Профиль	h, мм	b, мм	S, мм	t, мм
3	10Б1	100	55	4,1	5,7
4	12Б1	117,6	64	3,8	5,1
5	12Б2	120	64	4,4	6,3
6	14Б1	137,4	73	3,8	5,6

=ВПР(G3;'Z:\Tools\ExcelTools\KM\Материалы_и_сортаменты.xlsx'!СТО_A СЧМ;2;ЛОЖЬ)/10

	F	G	H	I	J	K
2						
3	сечение	25Б1	h, см	24,8	A, см ²	32,68
4		bf, см	12,4	Iy, см ⁴	3537,0	
5		tw, см	0,5	Wy, см ³	285,3	
6		tf, см	0,8	Sy, см ³	159,7	
7		hw, см	23,2	Iz, см ⁴	254,8	
8		lt, см	6,5	Wz, см ³	41,1	
9						
10						



ПОИСКПОЗ(искومه_значение, просматриваемый_массив,
[тип_сопоставления])

	A	B	C	D
3				
4		характеристики материала		
5		E	20600	кН/см2
6		У _n	1	
7		Сталь	C345	
8		тип	фасон	
9		толщина	8	мм
10		R _y	33,5	кН/см2
11				

=ГПР(СЦЕПИТЬ(B10; " ";C8);

'Z:\Tools\ExcelTools\KM\Материалы_и_сортаменты.xlsx'! Сопр_сталей;

ВПР(C7;'Z:\Tools\ExcelTools\KM\Материалы_и_сортаменты.xlsx'!

Наименования_сталей;2;ЛОЖЬ)*11+ПОИСКПОЗ(C9;'Z:\Tools\ExcelTools\KM\Ма
териалы_и_сортаменты.xlsx'!Толщины_сталей;-1)+1;ЛОЖЬ)



ЕСЛИ(лог_выражение, [значение_если_истина],
[значение_если_ложь])

$$\frac{M}{\varphi_b W_c} \leq R_y \gamma_c,$$

Значение коэффициента φ_b в формуле (34) необходимо принимать:

при $\varphi_1 \leq 0,85$ $\varphi_b = \varphi_1$; при $\varphi_1 > 0,85$
 $\varphi_b = 0,68 + 0,21 \varphi_1$, но не более 1,0.

	A	B	C	D	E	F	G	H
19								
20	проверка общей устойчивости							
21	изгибаемого элемента							
22	количество	два и более			l _{ef} , м	α=	22,99	
23	закреплений					ψ=	3,86	
24	вид нагрузки	равномерная			б	φ ₁ =	0,29	
25	нагруженный	верхний			φ _b	λ _{efz} =	8,67	
26	пояс					φ _z =	0,10	
27								

=ЕСЛИ(\$C\$22="сплошное";1;ЕСЛИ(\$G\$24<0,85;\$G\$24;ЕСЛИ((0,68+0,21*\$G\$24)>1;1;0,68+0,21*\$G\$24)))



Коэффициенты влияния формы сечения η



НИЯ	Схема сечения	$\frac{A_f}{A_w}$	Значения η при			
			$0 \leq \bar{\lambda} \leq 5$		$\bar{\lambda} > 5$	
			$0,1 \leq m \leq 5$	$5 < m \leq 20$	$0,1 \leq m \leq 5$	$5 < m \leq 20$
5		0,25	$(1,45 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\bar{\lambda}$	1,2	1,2	
		0,5	$(1,75 - 0,1m) - 0,02(5 - m)\bar{\lambda}$	1,25	1,25	
		$\geq 1,0$	$(1,90 - 0,1m) - 0,02(6 - m)\bar{\lambda}$	$1,4 - 0,02\bar{\lambda}$	1,3	

=ЕСЛИОШИБКА(ЕСЛИ(АК17<=0,25;ЕСЛИ(И(АЛ17<=5;АМ17<=5);АQ17;ЕСЛИ(АЛ17>5;АW17;АТ17));ЕСЛИ(И(АК17>0,25;АК17<=0,5);ЕСЛИ(И(АЛ17<=5;АМ17<=5);ПРЕДСКАЗ(АК17;АQ17;АР17;АН17;АО17);ЕСЛИ(И(АЛ17<5;АМ17>5);ПРЕДСКАЗ(АК17;АТ17;АU17;АН17;АО17);ПРЕДСКАЗ(АК17;АW17;АX17;АН17;АО17)))));ЕСЛИ(И(АК17>0,5;АК17<1);ЕСЛИ(И(АЛ17<=5;АМ17<=5);ПРЕДСКАЗ(АК17;АР17;АS17;АО17;АР17);ЕСЛИ(И(АЛ17<=5;АМ17>5;АМ17<=20);ПРЕДСКАЗ(АК17;АU17;АV17;АО17;АР17);ПРЕДСКАЗ(АК17;АX17;АY17;АО17;АР17)))));ЕСЛИ(И(АЛ17<=5;АМ17<=5);АS17;ЕСЛИ(И(АЛ17<=5;АМ17>5;АМ17<=20);АV17;АY17)))));"-")



Общество с ограниченной ответственностью
«Проектно-консультационное бюро ГИПЕРИОН»
г. Новосибирск, проспект Димитрова, 5 офис 416, www.pkb-giperion.ru
ИНН 54009237150 КПП 540501001

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

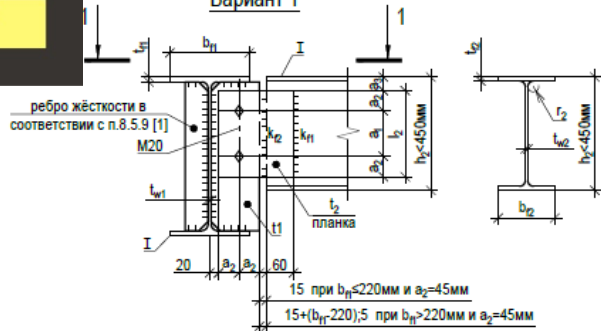
СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

**УЗЛЫ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

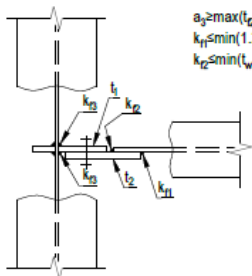
СТО МК-03-2018

Новосибирск
2018

Вариант 1



1-1

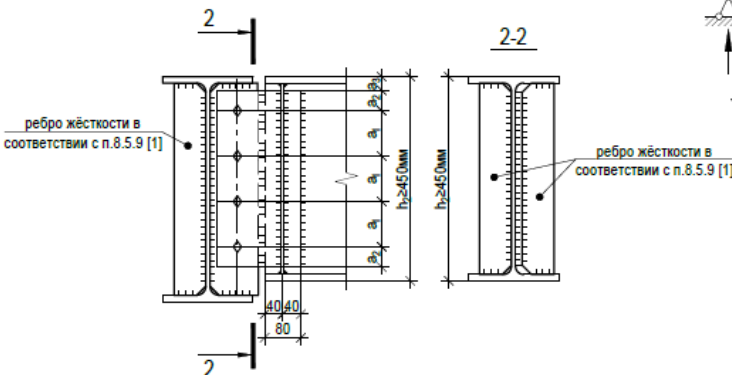


$$a_2 \geq \max(t_2 + t_1 + 10 \text{ мм}); 5$$

$$k_{f1} \leq \min(1, 2 \cdot t_{w2} / 2)$$

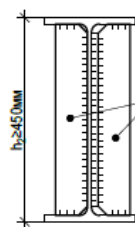
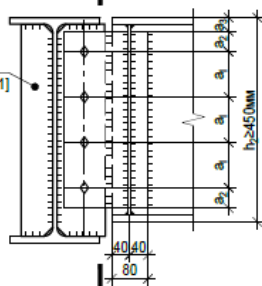
$$k_{f2} \leq \min(t_{w2} / 1, 2 \cdot t_2)$$

Вариант 2 при $h_2 \geq 450 \text{ мм}$
(неуказанные параметры принимать по Варианту 1)



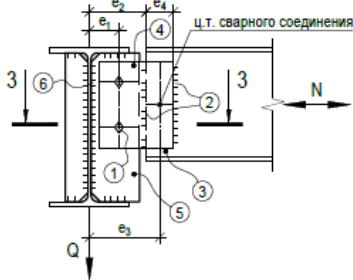
2

2-2

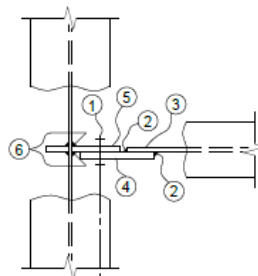


ребро жёсткости в соответствии с п.8.5.9 [1]

ребро жёсткости в соответствии с п.8.5.9 [1]



3-3



Расчётные формулы

1. Прочность болтового соединения с учётом эксцентриситета e_1

$$\sqrt{\left(\frac{N}{n} + \frac{6 \cdot Q \cdot e_1}{a_1 \cdot n \cdot (n+1)}\right)^2 + \left(\frac{Q}{n}\right)^2} \leq \min(N_{bs}, N_{bp}) \quad (1)$$

a_1 - расстояние между промежуточными болтами; n - количество болтов.

2. Прочность сварных швов $k_{f1}=k_{f2}=k_f$ крепления планки t_2 к стенке второстепенной балки t_{w2} .

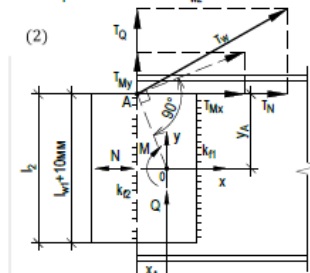
$$\sqrt{(\tau_{Nx} + \tau_{My})^2 + (\tau_{Qx} + \tau_{My})^2} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c \quad (2)$$

$$\tau_{Nx} = \frac{N}{\beta_f \cdot k_f \cdot 2 \cdot l_{w1}} \quad (2.1)$$

$$\tau_{Qx} = \frac{Q}{\beta_f \cdot k_f \cdot 2 \cdot l_{w1}} \quad (2.2)$$

$$\tau_{My} = \frac{M \cdot y_A}{(I_{fx} + I_{fy})} = \frac{Q \cdot e_3 \cdot y_A}{(I_{fx} + I_{fy})} \quad (2.3)$$

$$\tau_{Ny} = \frac{M \cdot x_A}{(I_{fx} + I_{fy})} = \frac{Q \cdot e_3 \cdot x_A}{(I_{fx} + I_{fy})} \quad (2.4)$$



I_w, I_y - моменты инерции расчетного сечения сварного соединения по металлу шва относительно его главных осей x-x и y-y соответственно.

$$I_{fx} = 2 \cdot l_{w1}^3 \cdot \beta_f \cdot k_f / 12; I_{fy} = 2 \cdot l_{w1} \cdot k_f \cdot \beta_f \cdot x_A^2$$

Если $\beta_f R_{wf} > \beta_s R_{ws}$, то вместо значений β_f и R_{wf} подставляются значения β_s и R_{ws} соответственно.

3. Прочность стенки второстепенной балки t_{w2} при действии нормальных и касательных напряжений.

$$\sigma = \frac{6 \cdot Q \cdot (e_2 - 0,5 \cdot e_4)}{l_{w2}^2 \cdot t_{w2}} + \frac{N}{2 \cdot l_{w1} \cdot t_{w2}} \leq R_y \cdot \gamma_c; \tau = \frac{Q \cdot S_y}{I_y \cdot t_{w2}} \leq R_s \cdot \gamma_c \quad (3)$$

4. Прочность планки t_2 при действии нормальных и касательных напряжений.

$$\sigma = \frac{6 \cdot Q \cdot e_2}{l_2^2 \cdot t_2} + \frac{N}{l_2 \cdot t_2} \leq 0,5 \cdot R_y \cdot \gamma_c; \tau = \frac{1,5 \cdot Q \cdot \alpha}{l_2 \cdot t_2} \leq R_s \cdot \gamma_c \quad (4)$$

5. Прочность ребра t_1 при действии нормальных и касательных напряжений.

$$\sigma = \frac{6 \cdot Q \cdot e_1}{l_1^2 \cdot t_1} + \frac{N}{l_2 \cdot t_1} \leq 0,5 \cdot R_y \cdot \gamma_c; \tau = \frac{1,5 \cdot Q \cdot \alpha}{l_2 \cdot t_1} \leq R_s \cdot \gamma_c \quad (5)$$

6. Прочность сварных швов k_{f3} крепления ребра t_1 к стенке главной балки t_{w1} . Катет двухсторонних швов k_{f3} крепления ребра t_1 к стенке главной балки t_{w1} должен быть не менее катета сварных швов $k_{f1}=k_{f2}=k_f$ крепления планки t_2 к стенке второстепенной балки t_{w2} .

$$k_{f3} \geq \min(k_{f1}; k_{f2}) \quad (6)$$

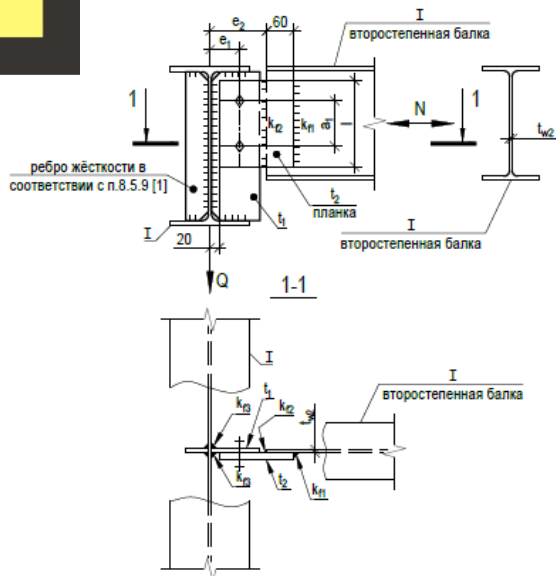
- В расчётах принимается, что поперечная сила Q передается по оси стенки главной балки.
- Планку t_2 и болты преимущественно следует располагать симметрично относительно оси второстепенной балки. При невозможности выполнения данного условия и действии в соединении значительного продольного усилия N , расчёт узла выполняется с учётом эксцентриситета действия N .

Основные обозначения

$$15 + (b_f - 220) / 5 \quad - \text{размер, вычисляемый по формуле } 15 + (b_f - 220) \text{ с округлением в большую сторону кратно } 5 \text{ мм}$$

1. Болты M20 класса точности В. Размер отверстий d принимать на 3мм больше диаметра болта $d_b=20 \text{ мм}$.
2. $a_2=45 \text{ мм} \approx 2d$. Допускается уменьшать расстояние a_2 до $1,35d$ ($\geq 35 \text{ мм}$) с обязательным учетом коэффициента условий работы болтового соединения $\psi_b \leq 1,0$ по таблице 41 [1]. Расстояние a_2 округлять в большую сторону кратно 5мм.
3. Для многоболтовых соединений при болтах класса точности В независимо от расстояния a_2 коэффициент условий работы болтового соединения ψ_b следует дополнительно умножать на коэффициент 0,8. (коэффициент получен в результате учета требований Примечания 1 к таблице 41 [1] и п.14.2.14 [1])
4. Минимальные катеты сварных швов принимать по таблице 38 [1].
5. Количество болтов на узлах показано условно и подлежит определению в каждом конкретном случае.

Шифр	СТО МК-03-2018	Стадия	Лист	Листов
		Р	---	---
Узлы стальных конструкций		Выполнил	[Фамилия]	[Дата]
		Проверил	[Фамилия]	[Дата]
		ООО "ПКБ ГИПЕРИОН" г.Новосибирск www.pk		



Сталь С255, болты М16 кл. прочности 5.8, сварочный материал Св-08Г2С

профиль второстепенной балки		t _{w2} мм	планка, мм		e ₁ мм	e ₂ мм	t ₁ мм	t ₂ мм	k _{n1} мм	k ₂ мм	Q _{max} (при N=0) кН	N _{max} (при Q=0) кН
			l	a1								
СТО АСЧМ 20-93	I1651	4,0	110	50	60	105	6	10	4	4	18	52
СТО АСЧМ 20-93	I1651	4,0	110	50	60	115	6	10	4	4	17	52
СТО АСЧМ 20-93	I1651	4,0	110	50	60	125	6	10	4	4	15	52
СТО АСЧМ 20-93	I1651	4,0	120	50	60	105	6	10	4	4	20	57
СТО АСЧМ 20-93	I1651	4,0	120	50	60	115	6	10	4	4	19	57
СТО АСЧМ 20-93	I1651	4,0	120	50	60	125	6	10	4	4	17	57
СТО АСЧМ 20-93	I1652	5,0	110	50	60	105	6	10	5	5	22	52
СТО АСЧМ 20-93	I1652	5,0	110	50	60	115	6	10	5	5	20	52
СТО АСЧМ 20-93	I1652	5,0	110	50	60	125	6	10	5	5	18	52
СТО АСЧМ 20-93	I1652	5,0	120	50	60	105	6	10	5	5	26	57
СТО АСЧМ 20-93	I1652	5,0	120	50	60	115	6	10	5	5	24	57
СТО АСЧМ 20-93	I1652	5,0	120	50	60	125	6	10	5	5	22	57
СТО АСЧМ 20-93	I2051	5,5	160	70	60	105	6	10	5	5	36	72
СТО АСЧМ 20-93	I2051	5,5	160	70	60	115	6	10	5	5	36	72
СТО АСЧМ 20-93	I2051	5,5	160	70	60	125	6	10	5	5	35	72
СТО АСЧМ 20-93	I2551	5,0	180	70	60	105	6	10	5	5	36	72
СТО АСЧМ 20-93	I2551	5,0	180	70	60	115	6	10	5	5	36	72
СТО АСЧМ 20-93	I2551	5,0	180	70	60	125	6	10	5	5	36	72
СТО АСЧМ 20-93	I2552	6,0	180	70	60	125	6	10	5	5	36	72
СТО АСЧМ 20-93	I2552	6,0	180	70	60	125	6	10	5	5	36	72
СТО АСЧМ 20-93	I2552	6,0	180	70	60	125	6	10	5	5	36	72

Для промежуточных значений Q и N использовать следующую зависимость: $Q=Q_{max}(1-N/N_{max})$, при этом $N \leq N_{max}$, $Q \leq Q_{max}$.

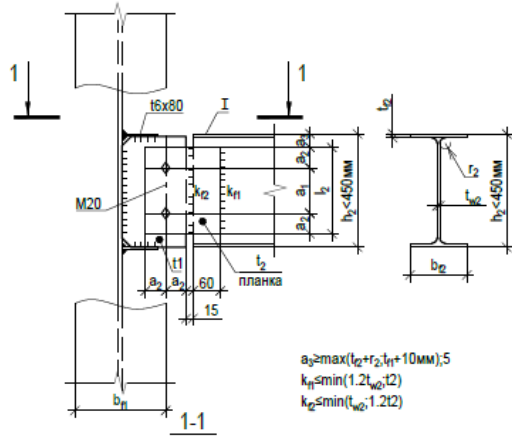
Согласовано:

Име. N док. Подпись и дата. Взам. инв. N

Шифр	СТО МК-03-2018		---		Стадия	Лист	Листов
Узлы стальных конструкций			---		Р	---	---
Выполнил	[Фамилия]	[Дата]	Проверил	[Фамилия]	[Дата]	ООО "ПКБ СИБЕРИОН" г. Новосибирск www.pkb-siberion.ru	



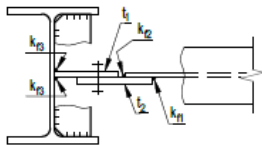
Вариант 1



$$a_2 \geq \max(l_2 + r_2, l_1 + 10 \text{ мм}), 5$$

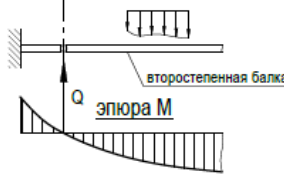
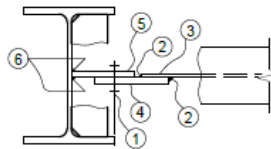
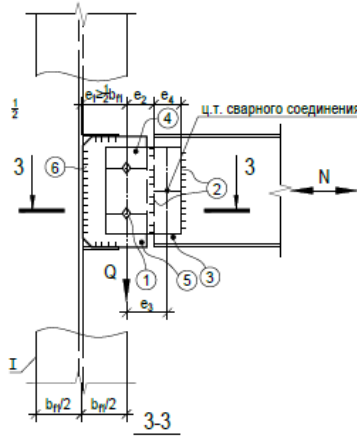
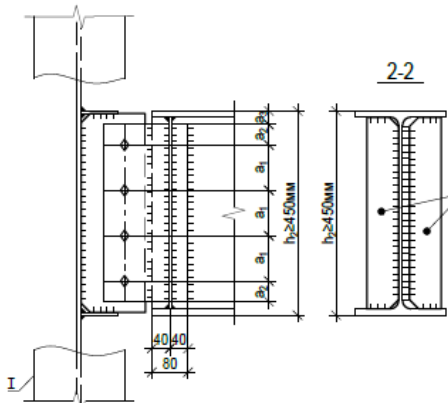
$$k_{f1} \leq \min(1.2 \cdot l_{w2}, l_2)$$

$$k_{f2} \leq \min(t_{w2}, 1.2 \cdot l_2)$$



Вариант 2 при h₂ ≥ 450 мм

(неуказанные параметры принимать по Варианту 1)



Расчётные формулы

1. Прочность болтового соединения

$$\sqrt{\left(\frac{N}{n}\right)^2 + \left(\frac{Q}{n}\right)^2} \leq \min(N_{bs}, N_{btp}) \quad (1)$$

a₁ - расстояние между промежуточными болтами; n - количество болтов.

2. Прочность сварных швов k_{f1}=k_{f2}=k_f крепления планки l₂ к стенке второстепенной балки t_{w2}.

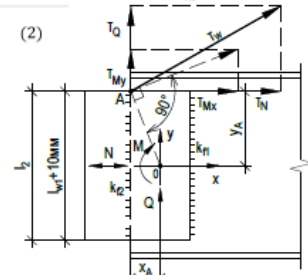
$$\sqrt{(\tau_N + \tau_{Mx})^2 + (\tau_Q + \tau_{My})^2} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c \quad (2)$$

$$\tau_N = \frac{N}{\beta_f \cdot k_f \cdot l_{w1}} \quad (2.1)$$

$$\tau_Q = \frac{Q}{\beta_f \cdot k_f \cdot l_{w1}} \quad (2.2)$$

$$\tau_{Mx} = \frac{M \cdot y_A}{(I_{fx} + I_{fy})} = \frac{Q \cdot e_3 \cdot y_A}{(I_{fx} + I_{fy})} \quad (2.3)$$

$$\tau_{My} = \frac{M \cdot x_A}{(I_{fx} + I_{fy})} = \frac{Q \cdot e_3 \cdot x_A}{(I_{fx} + I_{fy})} \quad (2.4)$$



I_x, I_y - моменты инерции расчетного сечения сварного соединения по металлу шва относительно его главных осей x-x и y-y соответственно.

$$I_{fx} = 2 \cdot I_{w1}^2 \cdot \beta_f \cdot k_f / 12; I_{fy} = 2 \cdot l_{w1} \cdot k_f \cdot \beta_f \cdot x_A^2$$

Если β_fR_{wf} > β₂R_{w2}, то вместо значений β_f и R_{wf} подставляются значения β₂ и R_{w2} соответственно.

3. Прочность стенки второстепенной балки t_{w2} при действии нормальных и касательных напряжений.

$$\sigma = \frac{6 \cdot Q \cdot (e_2 - 0.5 \cdot e_4)}{l_{w1}^2 \cdot t_{w2}} + \frac{N}{2 \cdot l_{w1} \cdot t_{w2}} \leq R_y \cdot \gamma_c; \tau = \frac{Q \cdot S_y}{I_y \cdot t_{w2}} \leq R_s \cdot \gamma_c \quad (3)$$

4. Прочность планки l₂ при действии нормальных и касательных напряжений.

$$\sigma = \frac{6 \cdot Q \cdot e_2}{l_2^2 \cdot t_2} + \frac{N}{l_2 \cdot t_2} \leq 0.5 \cdot R_y \cdot \gamma_c; \tau = \frac{1.5 \cdot Q \cdot \alpha}{l_2 \cdot t_2} \leq R_s \cdot \gamma_c \quad (4)$$

α - коэффициент ослабления сечения (формула 45 [1])

5. Прочность ребра l₁ при действии нормальных и касательных напряжений.

$$\sigma = \frac{6 \cdot Q \cdot e_1}{l_1^2 \cdot t_1} + \frac{N}{l_2 \cdot t_1} \leq 0.5 \cdot R_y \cdot \gamma_c; \tau = \frac{1.5 \cdot Q \cdot \alpha}{l_2 \cdot t_1} \leq R_s \cdot \gamma_c \quad (5)$$

α - коэффициент ослабления сечения (формула 45 [1])

6. Прочность сварных швов k_{f3} крепления ребра t₁ к стенке главной балки t_{w1}. Катет двухсторонних швов k_{f3} крепления ребра t₁ к стенке главной балки t_{w1} должен быть не менее катета сварных швов k_{f1}=k_{f2}=k_f крепления планки l₂ к стенке второстепенной балки t_{w2}:

$$k_{f3} \geq \min(k_{f1}; k_{f2}) \quad (6)$$

- В расчётах принимается, что поперечная сила Q передается по оси стенки главной балки.
- Планку l₂ и болты преимущественно следует располагать симметрично относительно оси второстепенной балки. При невозможности выполнения данного условия и действии в соединении значительного продольного усилия N, расчёт узла выполнять с учётом эксцентриситета действия N.

Составлено:

Взам. инв. N

Подпись и дата

Инв. N док.

1. Болты M20 класса точности В. Размер отверстий d принимать на 3 мм больше диаметра болта d_b=20 мм.
2. a₂=45 мм=2d. Допускается уменьшать расстояние a₂ до 1.35d (≥35 мм) с обязательным учетом коэффициента условий работы болтового соединения γ_b≤1.0 по таблице 41 [1]. Расстояние a₂ округлять в большую сторону кратно 5 мм.
3. Для многоболтовых соединений при болтах класса точности В независимо от расстояния a₂ коэффициент условий работы болтового соединения γ_b следует дополнительно умножать на коэффициент 0.8. (коэффициент получен в результате учета требований Примечания 1 к таблице 41 [1] и п.14.2.14 [1])
4. Минимальные катеты сварных швов принимать по таблице 38 [1].
5. Количество болтов на узлах показано условно и подлежит определению в каждом конкретном случае.

Шифр		Стадия	Лист	Листов

ООО "ПКБ ГИПЕРИОН"
г.Новосибирск
www.pkb-giperon.ru



Шарнирный узел крепления балки к балке

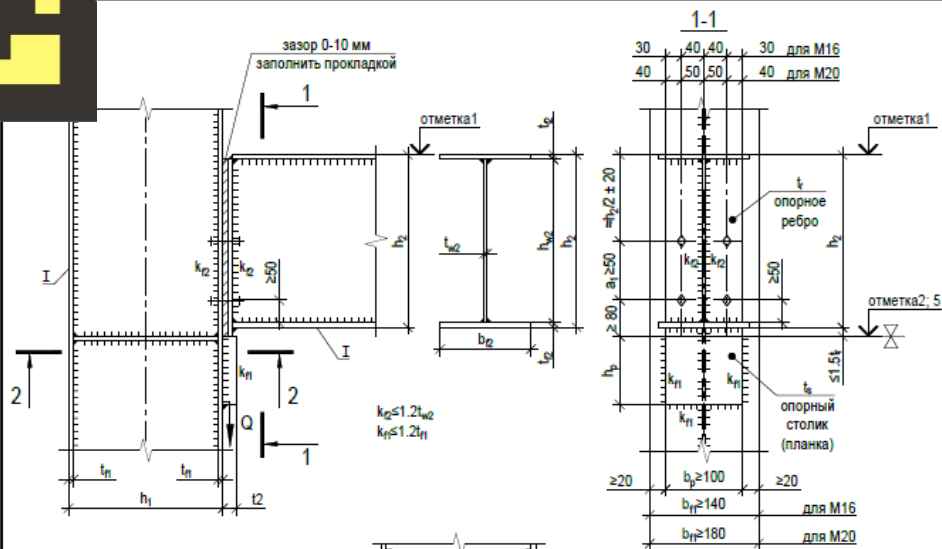


характеристики материала			характеристики болтов			характеристики сварки								
E	20600	кН/см ²	профиль	25Ш1	d _b =	20	мм	электрод	Э42					
γ _n	1		t _w =	7,0	мм	кл. прочн.	кл5,8	R _{wf} =	18,0	кН/см ²				
Сталь	C255		h=	190	мм	A _{бп} =	2,45	см ²	R _{вз} =	17,1	кН/см ²			
тип	лист					R _{bs} =	20,0	кН/см ²	β _f =	0,7				
толщина	8,0	мм				R _{бп} =	44,1	кН/см ²	β _z =	1,0				
R _{un}	38,0	кН/см ²				N _{bs} =	56,5	кН						
R _y	24,0	кН/см ²				N _{бп} =	63,5	кН						
Размеры			Справочная информация											
l=	185	мм				t=	8	мм						
a=	85	мм				a _{1max} =	95	мм						
t ₁ =	8	мм				a _{1min} =	60	мм						
t ₂ =	8	мм				a _{2max} =	60	мм						
e ₁ =	110	мм				a _{2min} =	50	мм						
e ₂ =	170	мм				a _{2min} =	35	мм						
e ₃ =	200	мм												
e ₄ =	60	мм												
k _{f1} =	7	мм	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Усилия</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=</td> <td>0</td> <td>кН</td> </tr> <tr> <td>Q=</td> <td>41</td> <td>кН</td> </tr> </tbody> </table>			Усилия			N=	0	кН	Q=	41	кН
Усилия														
N=	0	кН												
Q=	41	кН												
k _{f2} =	7	мм												
n=	2													

проверка болтов	$\sqrt{\left(\frac{N}{n} + \frac{Q \cdot e_1 \cdot 6}{a \cdot n \cdot (n+1)}\right)^2 + \left(\frac{Q}{n}\right)^2}$	56,9	>	56,5	min(N _{bs} , N _{бп})
проверка стенки балки по нормальным напряжения	$\frac{Q \cdot (e_2 - 0.5 \cdot e_4) \cdot 6}{l^2 \cdot t_w} + \frac{N}{2 \cdot l \cdot t_w}$	14,4	<	19,2	R _y ·γ _c γ _c =0.8
проверка стенки балки по касательным напряжения	$\frac{Q \cdot S_y}{I_y \cdot t_w}$	2,7	<	13,9	0.58R _y ·γ _c γ _c =1.0
проверка планки t ₁ по нормальным напряжения	$\frac{Q \cdot e_1 \cdot 6}{l^2 \cdot t_1} + \frac{N \cdot \alpha}{l \cdot t_1}$	9,9	<	12,0	R _y ·γ _c γ _c =0.5
проверка планки t ₂ по нормальным напряжения	$\frac{Q \cdot e_2 \cdot 6}{l^2 \cdot t_2} + \frac{N}{l \cdot t_2}$	15,3	>	12,0	R _y ·γ _c γ _c =0.5
проверка планок t ₁ и t ₂ по касательным напряжения	$\frac{1.5 \cdot Q \cdot \alpha}{l \cdot \min(t_1; t_2)}$	5,4	<	15,3	0.58R _y ·γ _c γ _c =1.1
проверка сварных швов	$\sqrt{\left(\frac{Q}{(k_{f1} + k_{f2}) \cdot l_w \cdot \beta_f}\right)^2 + \left(\frac{\left(\frac{Q \cdot e_3 \cdot 6}{l_w} + N\right)}{(k_{f1} + k_{f2}) \cdot l_w \cdot \beta_f}\right)^2}$	16,6	>	14,4	R _{wf} ·γ _c γ _c =0.8



Производственное здание, г.Челябинск



Расчётные формулы:

1. Прочность торца опорного ребра балки

$$\frac{A}{t_r \cdot b_r \cdot R_p \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (1.1)$$

Местная устойчивость опорного ребра балки

$$t_r \geq 3 \cdot b_{or} \cdot \sqrt{R_y / E} \quad (1.2)$$

2. Прочность сварных швов крепления опорного ребра к стенке балки

$$\frac{A}{2 \cdot \beta_f \cdot k_{f2} \cdot l_{w2} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (2.1)$$

$$l_{w2} = h_{w2} - 1 \text{ см} \leq 85 \beta_f k_{f2} \quad (2.2)$$

Если $\beta_f R_{wf} > \beta_s R_{ws}$, то вместо значений β_f и R_{wf} подставляются значения β_s и R_{ws} соответственно

3. Прочность сварных швов крепления опорного столика (планки) к полке колонны

$$\frac{1,5 \cdot A}{\beta_f \cdot k_{f1} \cdot \sum l_{w1} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (3)$$

$\sum l_{w1}$ - суммарная расчетная длина шва в сварном соединении, принимаемая меньше его фактической длины на 1 см на каждом непрерывном участке

4. Прочность болтов при N>0 (при наличии растягивающей силы N в балке)

$$N_b = \frac{N}{n} \leq N_{bt} = R_{bt} A_{bn} \gamma_b \gamma_c \quad (4)$$

5. Прочность опорного ребра t1 на отгиб в местах расположения болтов при N>0 (при наличии растягивающей силы N в балке)

$$t_r \geq \sqrt{\frac{6 \cdot M}{c \cdot R_y \cdot \gamma_c}} \quad (5)$$

$c=2m+s$ при $2m+s \leq a$; $c=a$ при $2m+s > a$, где a - шаг болтов

диаметр болта	M16	M20	M24	M30	M36
s, мм	24	30	36	46	55

6. Прочность полки колонны на отгиб в местах расположения болтов при N>0 (при наличии растягивающей силы N в балке)

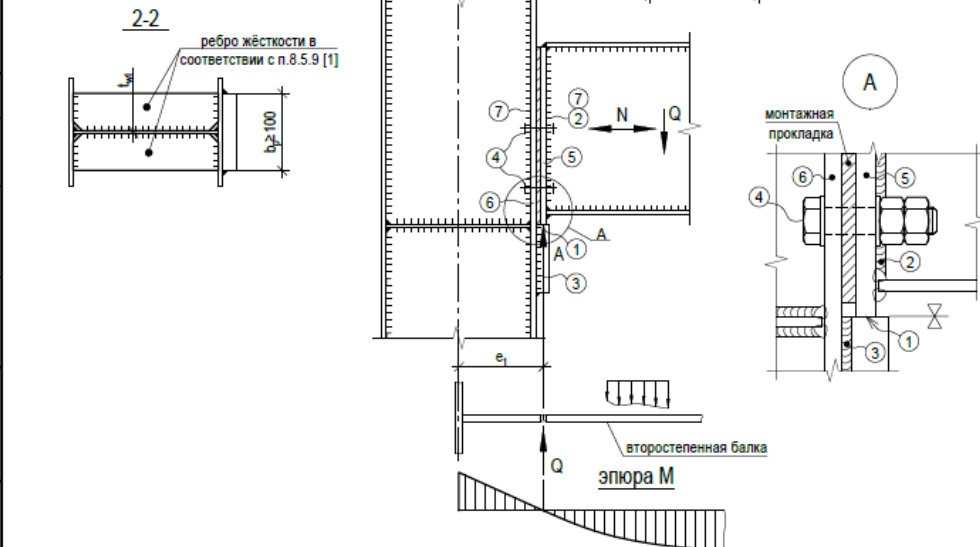
$$t_{f1} \geq \sqrt{\frac{6 \cdot M}{c \cdot R_y \cdot \gamma_c}} \quad (6)$$

7. Прочность сварных швов крепления опорного ребра к стенке балки при наличии продольной силы N≠0 (a - при растягивающей силе N, b - при сжимающей силе N). Если $\beta_f R_{wf} > \beta_s R_{ws}$, то вместо значений β_f и R_{wf} подставляются значения β_s и R_{ws} соответственно

$$\frac{\sqrt{\tau_N^2 + \tau_A^2}}{R_{wf} \gamma_c} \leq 1 \quad (7)$$

$$\tau_N = \frac{N_b}{2 \cdot \beta_f \cdot k_{f2} \cdot c} \quad (a) \quad \tau_N = \frac{N}{2 \cdot \beta_f \cdot k_{f2} \cdot l_{w2}} \quad (b)$$

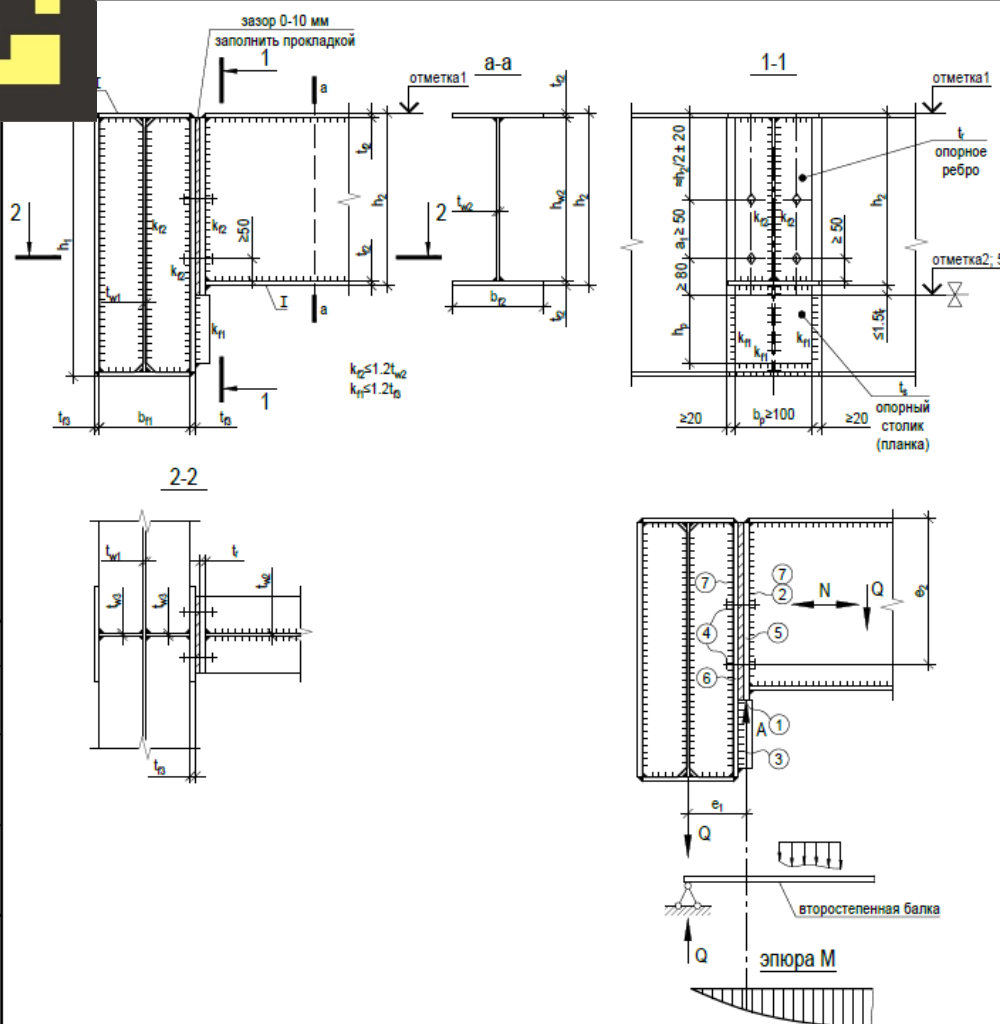
$$\tau_A = \frac{A}{2 \cdot \beta_f \cdot k_{f2} \cdot l_{w2}}$$



- Болты M16, M20 класса точности В. Размер отверстий d принимать на 3мм больше диаметра болта.
- Минимальные катеты сварных швов принимать по таблице 38 [1].
- Сварные швы k_{f1} , прикрепляющие опорную планку t2 к полке колонны, рассчитывать на 1.5Q (учитывается неравномерная передача усилия вследствие неточностей изготовления и монтажа). При этом должно быть выполнено условие $k_{f1} \leq 1,2t_{f1}$.
- Максимальная длина шва l_{w2} при расчёте сварных швов k_{f2} не должна превышать $l_{w2} \leq 85\beta_f k_{f2}$.
- Количество болтов на узлах показано условно и подлежит определению в каждом конкретном случае. При действии в узле только опорной реакции Q, болты устанавливаются конструктивно для фиксации проектного положения балки.
- При наличии в балке продольного растягивающего усилия N, опорное ребро балки t1 и полка колонны t_f1 следует проверять на отгиб, а болты проверять на растяжение. В расчётах принять, что продольное усилие распределяется между болтами равномерно.

Шифр		Стадия	Лист	Листов

ООО "ПКБ ГИПЕРИОН"
г.Новосибирск
www.pkb-giperon.ru



Расчётные формулы:

- Прочность торца опорного ребра балки

$$\frac{A}{t_r \cdot b_r \cdot R_p \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (1.1)$$

Местная устойчивость опорного ребра балки

$$t_r \geq 3 \cdot b_{or} \cdot \sqrt{R_y / E} \quad (1.2)$$
- Прочность сварных швов крепления опорного ребра к стенке балки

$$\frac{A}{2 \cdot \beta_f \cdot k_{f2} \cdot l_{w2} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (2.1)$$

$$l_{w2} = h_{w2} - 1 \text{ см} \leq 85 \beta_f k_{f2} \quad (2.2)$$

Если $\beta_f R_{wf} > \beta_z R_{wz}$, то вместо значений β_f и R_{wf} подставляются значения β_z и R_{wz} соответственно
- Прочность сварных швов крепления опорного столика (планки) к полке колонны

$$\frac{1,5 \cdot A}{\beta_f \cdot k_{f1} \cdot \sum l_{w1} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (3)$$

$\sum l_{w1}$ - суммарная расчетная длина шва в сварном соединении, принимаемая меньше его фактической длины на 1 см на каждом непрерывном участке
- Прочность болтов при $N > 0$ (при наличии растягивающей силы N в балке). При сжимающей силе N в расчёте болтов принять $N = 0$.

$$N_b = \frac{N}{n} + \frac{Q \cdot e_1}{2 \cdot e_2} \leq N_{bt} = R_{bt} A_{bn} \gamma_b \gamma_c \quad (4)$$
- Прочность опорного ребра t_1 на отгиб в местах расположения болтов при $N > 0$ (при наличии растягивающей силы N в балке)

$$t_r \geq \sqrt{\frac{6 \cdot M}{c \cdot R_y \cdot \gamma_c}} \quad (5)$$

$c = 2m + s$ при $2m + s \leq a$; $c = a$ при $2m + s > a$, где a - шаг болтов

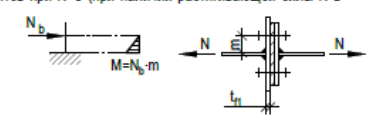
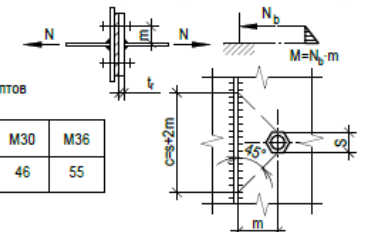
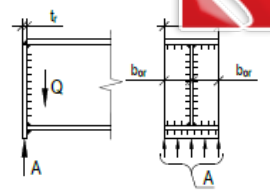
диаметр болта	M16	M20	M24	M30	M36
s, мм	24	30	36	46	55
- Прочность полки колонны в местах расположения болтов при $N > 0$ (при наличии растягивающей силы N в балке)

$$t_{f1} \geq \sqrt{\frac{6 \cdot M}{c \cdot R_y \cdot \gamma_c}} \quad (6)$$
- Прочность сварных швов крепления опорного ребра к стенке балки при наличии продольной силы $N \neq 0$ (а - при растягивающей силе N , b - при сжимающей силе N). Если $\beta_f R_{wf} > \beta_z R_{wz}$, то вместо значений β_f и R_{wf} подставляются значения β_z и R_{wz} соответственно

$$\frac{\sqrt{t_N^2 + t_A^2}}{R_{wf} \gamma_c} \leq 1 \quad (7)$$

$$t_N = \frac{N_b}{2 \cdot \beta_f \cdot k_{f2} \cdot c} \quad (a) \quad t_N = \frac{N}{2 \cdot \beta_f \cdot k_{f2} \cdot l_{w2}} \quad (b)$$

$$t_A = \frac{A}{2 \cdot \beta_f \cdot k_{f2} \cdot l_{w2}}$$

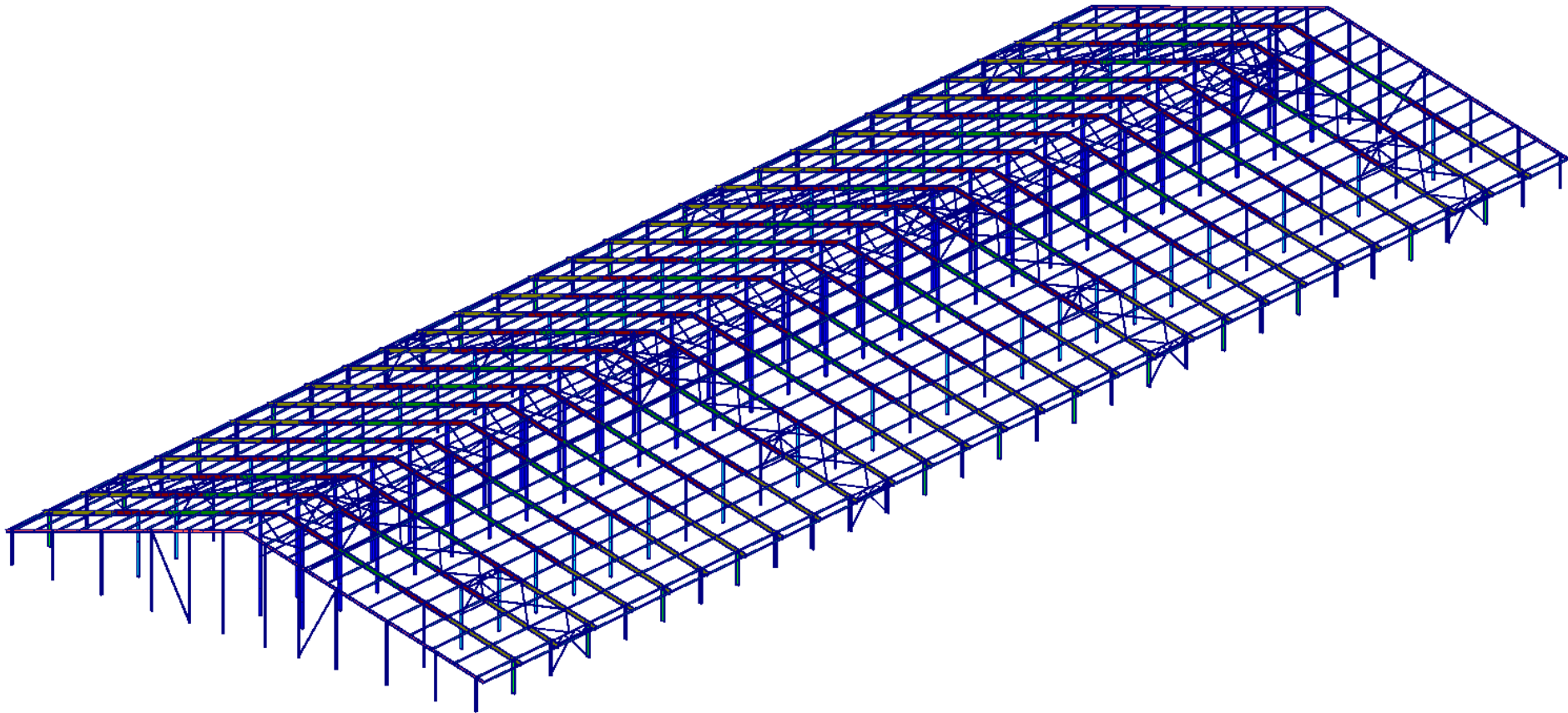


Составлено:
Взам. инв. N
Подпись и дата
Инв. N док.

- Болты M16, M20 класса точности В. Размер отверстий d принимать на 3мм больше диаметра болта.
- Минимальные катеты сварных швов принимать по таблице 38 [1].
- Сварные швы k_{f1} , прикрепляющие опорную планку t_2 к полке колонны, рассчитывать на 1.5Q (учитывается неравномерная передача усилия вследствие неточностей изготовления и монтажа). При этом должно быть выполнено условие $k_{f1} \leq 1.2 t_{f0}$.
- Максимальная длина шва l_{w2} при расчёте сварных швов k_{f2} не должна превышать $l_{w2} \leq 85 \beta_f k_{f2}$.
- Количество болтов на узлах показано условно и подлежит определению в каждом конкретном случае.
- При наличии в балке продольного растягивающего усилия N , опорное ребро балки t_1 и полка колонны t_{f1} следует проверять на отгиб, а болты проверять на растяжение. В расчётах принять, что продольное усилие распределяется между болтами равномерно.

Шифр	---	Стадия	Лист	Листов

ООО "ПКБ ГИПЕРИОН"
г.Новосибирск
www.pkb-giperon.ru



Несущие конструкции коровников с применением сварных двутавров с перфорированной стенкой, НСО, Каргатский район



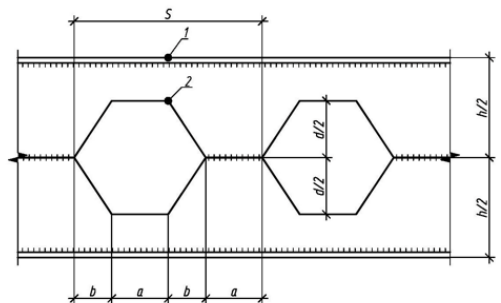
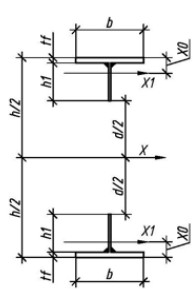
Несущие конструкции коровников с применением сварных двутавров с перфорированной стенкой, НСО, Каргатский район





Расчет балок с перфорированной стенкой

Исходные данные			
γ_k	1,0	R_y	31,5 кН/см ²
Сталь	C345	R_s	18,27 кН/см ²
тип	ЛИСТ	R_u	46 кН/см ²
толщина	12	E	20600 кН/см ²
размеры сечения тавра			
b	180	мм	18 см
t_f	12	мм	1,2 см
t_w	6	мм	0,6 см
h_1	100	мм	10 см
Положение центра тяжести			
X_0	1,817391304	см	
Геометрические характеристики тавра			
I_x , см ⁴	W_{x1} , см ³	W_{x2} , см ³	
199,847652	109,9640191	21,2998	



Вычисление коэффициентов для проверки местной устойчивости стенки-перемычки			
ξ_c	1,644737	A_1	20,00675
ξ_d	0,287879	A_2	3,78356
ξ_h	0,954545	A_3	0,941057
ξ_a	0,2		
β	0,033333		
ρ	0,657895		
ψ	1		
ν	0,3		
D	1131,868	кН/см	

размер сечения перфорированного двутавра					
h	528	мм	52,8	см	
b_f	180	мм	18	см	
t_w	6	мм	0,6	см	
t_f	12	мм	1,2	см	
h_w	504	мм	50,4	см	
d	304	мм	30,4	см	

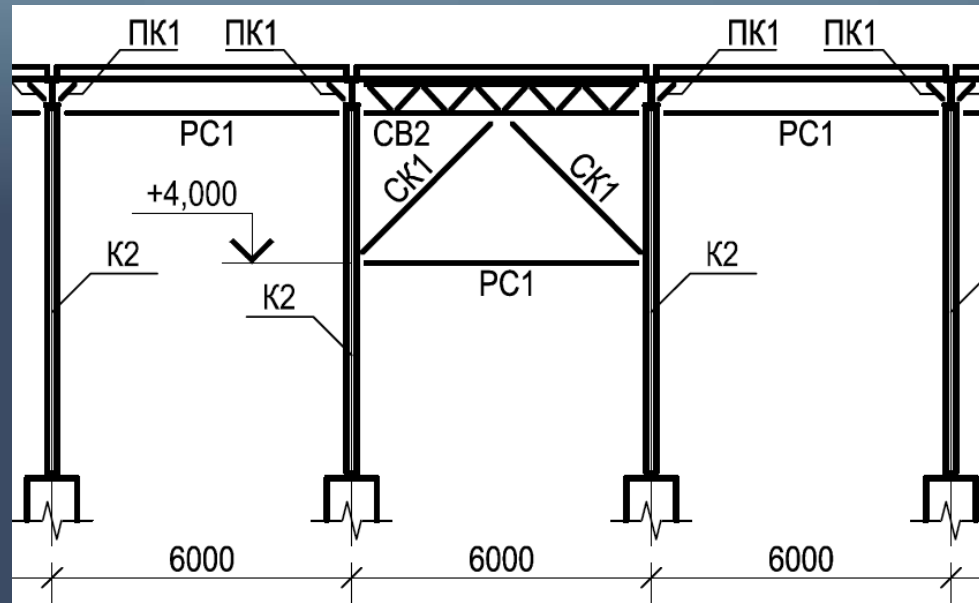
Геометрические характеристики перфорированного двутавра										
	A , см ²	I_x , см ⁴	W_x , см ³	S_y , см ²	I_y , см ⁴	W_y , см ³	S_{yx} , см ²	$Bi(y)_{cm}$	$Bi(y)_{cm}$	$Bi(y)_{cm}$
	55,2	33752,1	1278,5	747,8	1166,4	129,6	557,28	15	35	25
слабленое		35156,9	2220,5							

K_{max}	0,81	0,52	0,37	0,23
проверка выполняется	проверка выполняется	проверка выполняется	проверка выполняется	проверка выполня
$\gamma_c = 1$	$\gamma_c = 1$	$\gamma_c = 1$	$\gamma_c = 1$	$\gamma_c = 1$
$R_y \cdot \gamma_c = 31,5$ кН/см ²	$R_y \cdot \gamma_c = 46$ кН/см ²	$R_y \cdot \gamma_c = 18,27$ кН/см ²	$R_y \cdot \gamma_c = 18,27$ кН/см ²	$R_y \cdot \gamma_c = 18,27$ кН/см ²
прочность по нормальным напряжениям для точек на расстоянии $h/2$	прочность по нормальным напряжениям для точек на расстоянии $d/2$	прочность стенки-перемычки на срез от действия касательных напряжений $\tau_{xy} (\nu=0)$	прочность стенки-перемычки на срез от действия касательных напряжений $\tau_{xy} (\nu=0)$	прочность стенки-перемычки на срез от действия касательных напряжений $\tau_{xy} (\nu=0)$
$\sigma_{x1} =$	$\sigma_{x2} =$	$\tau =$	$\tau =$	$\tau =$
25,55	23,72	6,73	4,24	3,28
19,20	18,05	5,22		

Расчетные усилия							Расчетные усилия с учетом γ_c					
N , кН	M_k , кНм	M_u , кНм	Q_z , кН	M_z , кНм	Q_y , кН		N , кН	M_k , кНм	M_u , кНм	Q_z , кН	M_z , кНм	Q_y , кН
1	-11,749	2,62E-05	298,859	56,97	-0,021	-0,007	-11,75	0,00	298,86	56,97	-0,02	-0,01
1	-10,994	2,22E-05	223,492	44,163	-0,019	-0,007	-10,99	0,00	223,49	44,16	-0,02	-0,01



Фрагмент связевого блока



L1

$L1+L2=8\text{m}$

L2

$L_{ef}=14,77$
 $L2=7; L1=1$
 $\mu_2=2,11$
 $\mu_1=14,77$
 $\mu(8\text{m})=1,85$

$L_{ef}=13,35$
 $L2=6; L1=2$
 $\mu_2=2,22$
 $\mu_1=6,68$
 $\mu(8\text{m})=1,67$

$L_{ef}=12,05$
 $L2=5; L1=3$
 $\mu_2=2,41$
 $\mu_1=4,02$
 $\mu(8\text{m})=1,51$

$L_{ef}=10,8$
 $L2=4; L1=4$
 $\mu_2=2,70$
 $\mu_1=2,70$
 $\mu(8\text{m})=1,35$

$L_{ef}=9,64$
 $L2=3; L1=5$
 $\mu_2=3,21$
 $\mu_1=1,93$
 $\mu(8\text{m})=1,21$

$L_{ef}=8,71$
 $L2=2; L1=6$
 $\mu_2=4,36$
 $\mu_1=1,45$
 $\mu(8\text{m})=1,09$

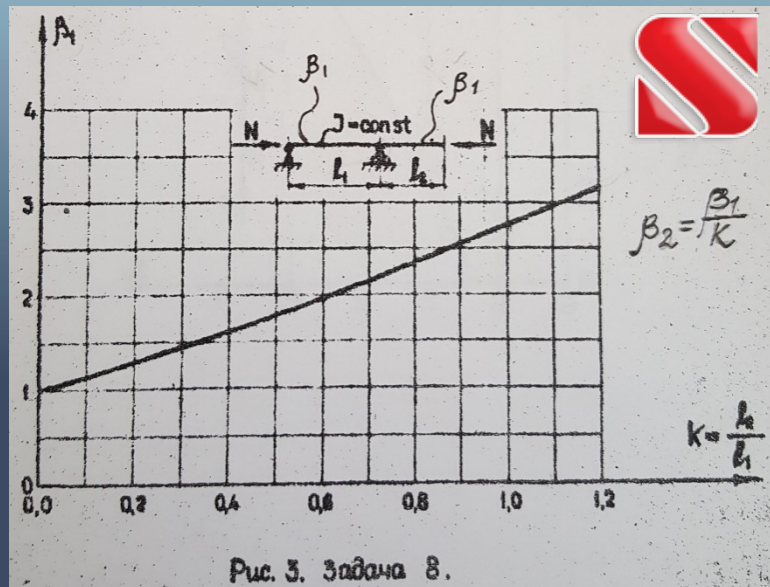
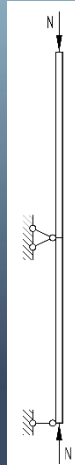
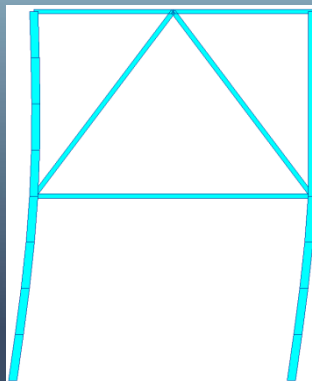


ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА СССР
 ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО СТРОИТЕЛЬНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ
 ПРЕДПРИЯТИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
 ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ, ИССЛЕДОВАНИЮ
 И ИСПЫТАНИЮ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И МОСТОВ
 ПРОЕКТ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

инж. С. Д. ЛЕИТЕС

СПРАВОЧНИК ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ СВОБОДНЫХ ДЛИН ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

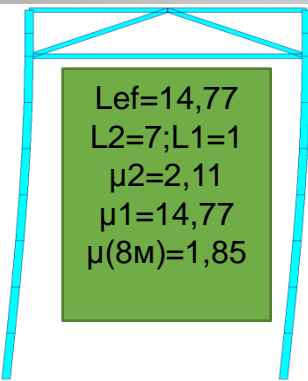
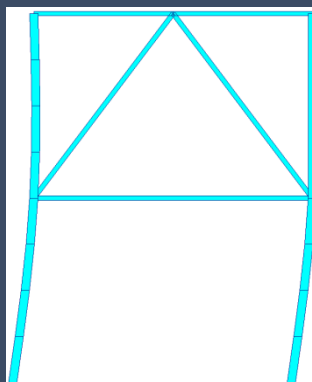
288162



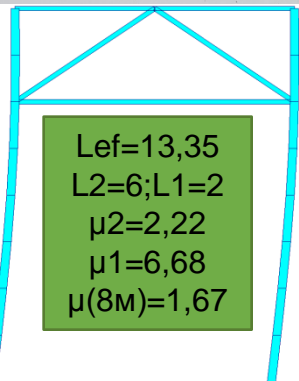
L1

$$L1 + L2 = 8\text{м}$$

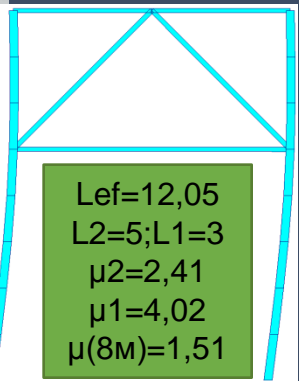
L2



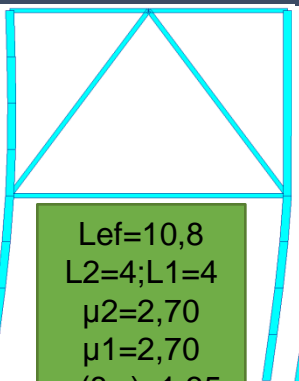
Lef=14,77
 L2=7; L1=1
 $\mu_2=2,11$
 $\mu_1=14,77$
 $\mu(8\text{м})=1,85$



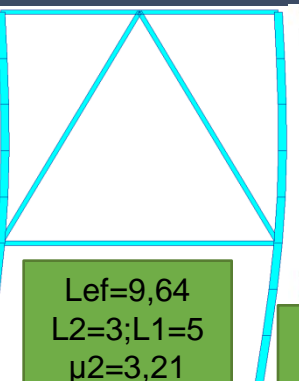
Lef=13,35
 L2=6; L1=2
 $\mu_2=2,22$
 $\mu_1=6,68$
 $\mu(8\text{м})=1,67$



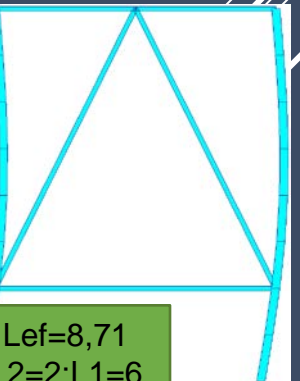
Lef=12,05
 L2=5; L1=3
 $\mu_2=2,41$
 $\mu_1=4,02$
 $\mu(8\text{м})=1,51$



Lef=10,8
 L2=4; L1=4
 $\mu_2=2,70$
 $\mu_1=2,70$
 $\mu(8\text{м})=1,35$



Lef=9,64
 L2=3; L1=5
 $\mu_2=3,21$
 $\mu_1=1,93$
 $\mu(8\text{м})=1,21$



Lef=8,71
 L2=2; L1=6
 $\mu_2=4,36$
 $\mu_1=1,45$
 $\mu(8\text{м})=1,09$



ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

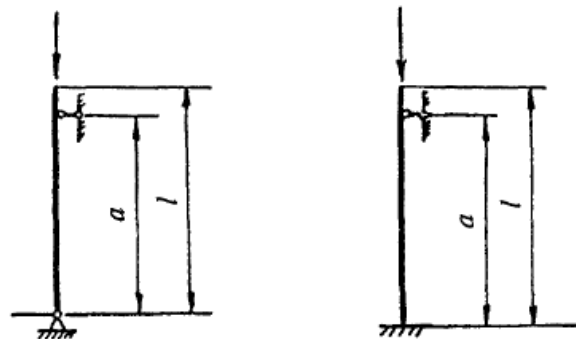
Устройства и приспособления
монтажные.
Методы расчета и проектирования

ОСТ 36-128-85

Издание официальное

ПРИЛОЖЕНИЕ
Справочник

КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ДЛИНЫ
КОНСОЛЬНЫХ СТОЕК



Закрепление стержня	Коэффициент μ_1 при $\frac{a}{l}$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Шарнирное	1,87	1,73	1,6	1,47	1,35	1,23	1,13	1,06	1,01	1,0
Жесткое	1,85	1,7	1,55	1,4	1,26	1,11	0,98	0,85	0,76	0,7

Lef=14,77
L2=7;L1=1
L1/L=0,125
 $\mu(8m)=1,85$

Lef=13,35
L2=6;L1=2
L1/L=0,25
 $\mu(8m)=1,67$

Lef=12,05
L2=5;L1=3
L1/L=0,375
 $\mu(8m)=1,51$

Lef=10,8
L2=4;L1=4
L1/L=0,5
 $\mu(8m)=1,35$

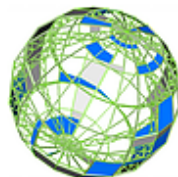
Lef=9,64
L2=3;L1=5
L1/L=0,625
 $\mu(8m)=1,21$

Lef=8,71
L2=2;L1=6
L1/L=0,75
 $\mu(8m)=1,09$



www.scadmasters.org

ДИСТАНЦИОННАЯ
МАГИСТРАТУРА



РАСЧЕТЫ В SCAD OFFICE
И КОНСТРУКЦИИ BIM

ГЛАВНАЯ

О ПРОЕКТЕ

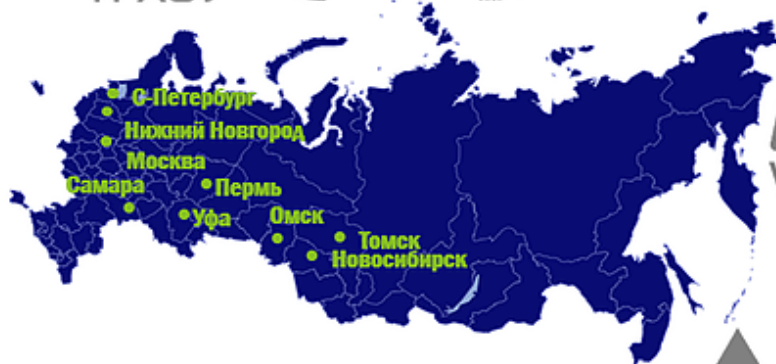
УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

ПОСТУПЛЕНИЕ

FAQ



12 ПАРТНЕРОВ
9 ГОРОДОВ
6 УНИВЕРСИТЕТОВ
5 ТЕХНОЛОГИЙ
12 МАГИСТРОВ



СПбПУ ТГАСУ МГСУ УГНТУ ННГАСУ СИБАДИ



ДОБРО ПОЖАЛОВАТЬ В СЕТЕВУЮ
МАГИСТРАТУРУ SCAD OFFICE

Практико-ориентированная дистанционная магистратура по расчетам в SCAD Office и BIM проектированию строительных конструкций дает вам 760 аудиторных часов от лекторов из ведущих университетов и руководителей проектных организаций с дипломом государственного образца

Поступить

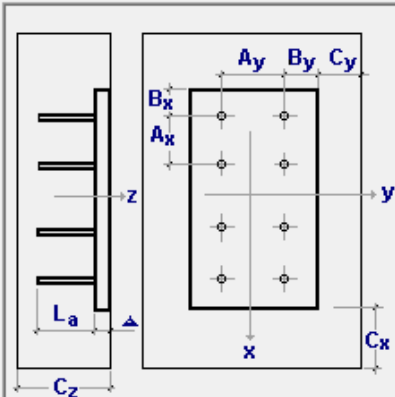
Записаться на вебинар

Скачать информацию



Файл Режимы Настройки Сервис Справка

Общие параметры Бетон Параметры схемы



Расстояние от края закладной детали до края элемента ограничено вдоль оси

X $C_x = 0$ мм

Y $C_y = 0$ мм

Z $C_z = 0$ мм

Усиление анкерных стержней

$\Delta = 25$ мм

$L_a = 750$ мм

Число рядов анкеров вдоль оси X

Число рядов анкеров вдоль оси Y

$A_x = 150$ мм

$B_x = 50$ мм

$A_y = 175$ мм

$B_y = 50$ мм

Меню

1984

Прочность листа закладной детали **не проверяется** в связи с тем, что не задается конструкция опирающейся на нее поддерживающей детали (столика, ребра и др.). Проверяется только соответствие толщины листа и диаметров анкеров технологическим требованиям по сварке. В листе закладной детали не предусматриваются дополнительные упорные элементы и устройства, служащие для передачи на бетон части поперечной нагрузки.

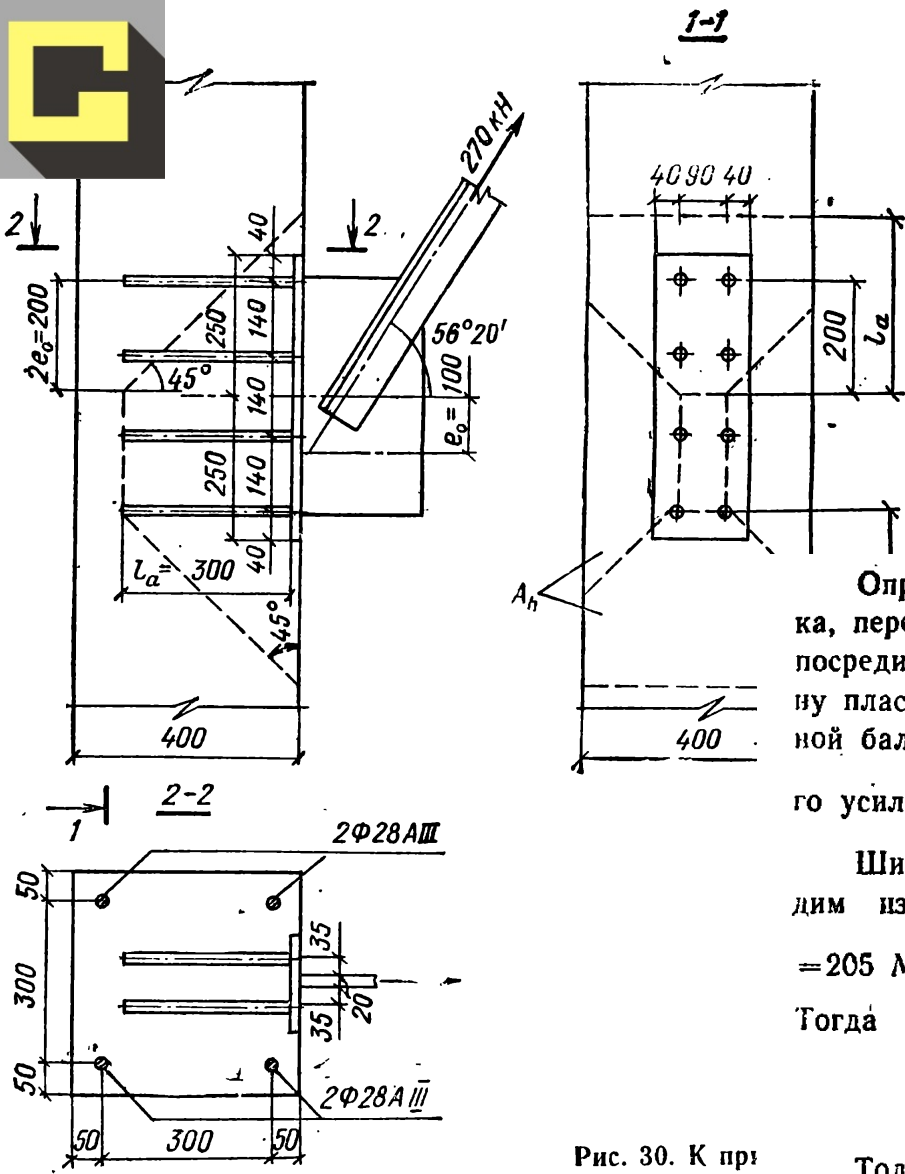


Рис. 30. К при

Определим толщину пластины закладной детали. Поскольку фасонка, передающая отрывающую силу на закладную деталь, расположена посередине расстояния между вертикальными рядами анкеров, толщину пластины определяем расчетом по прочности пластины как консольной балки с вылетом 35 мм (см. рис. 30) на действие растягивающего усилия в одном анкере, равного: $N_{ан1} = \frac{N_{ан}}{2} = \frac{73,2}{2} = 36,6 \text{ кН}$.

Ширину консольной балки принимаем $b=80 \text{ мм}$. Расчет производим из условия $M \leq R_y W$, где $M=36\,600 \cdot 35=1\,280\,000 \text{ Н}\cdot\text{мм}$, $R_y=205 \text{ МПа}$; $W = \frac{b \delta^2}{6}$.

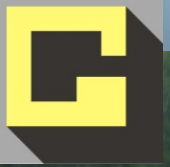
Тогда

$$\delta = \sqrt{\frac{6M}{R_y b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 128 \cdot 10^4}{205 \cdot 80}} = 21,7 \text{ мм}.$$

Толщину пластины из полосовой стали принимаем равной 22 мм. При этом выполняется условие (30) —

$$0,25 d_d \frac{R_s}{R_{sq}} = 0,25 \cdot 18 \cdot \frac{365}{130} = 12,6 \text{ мм} < 22 \text{ мм}$$

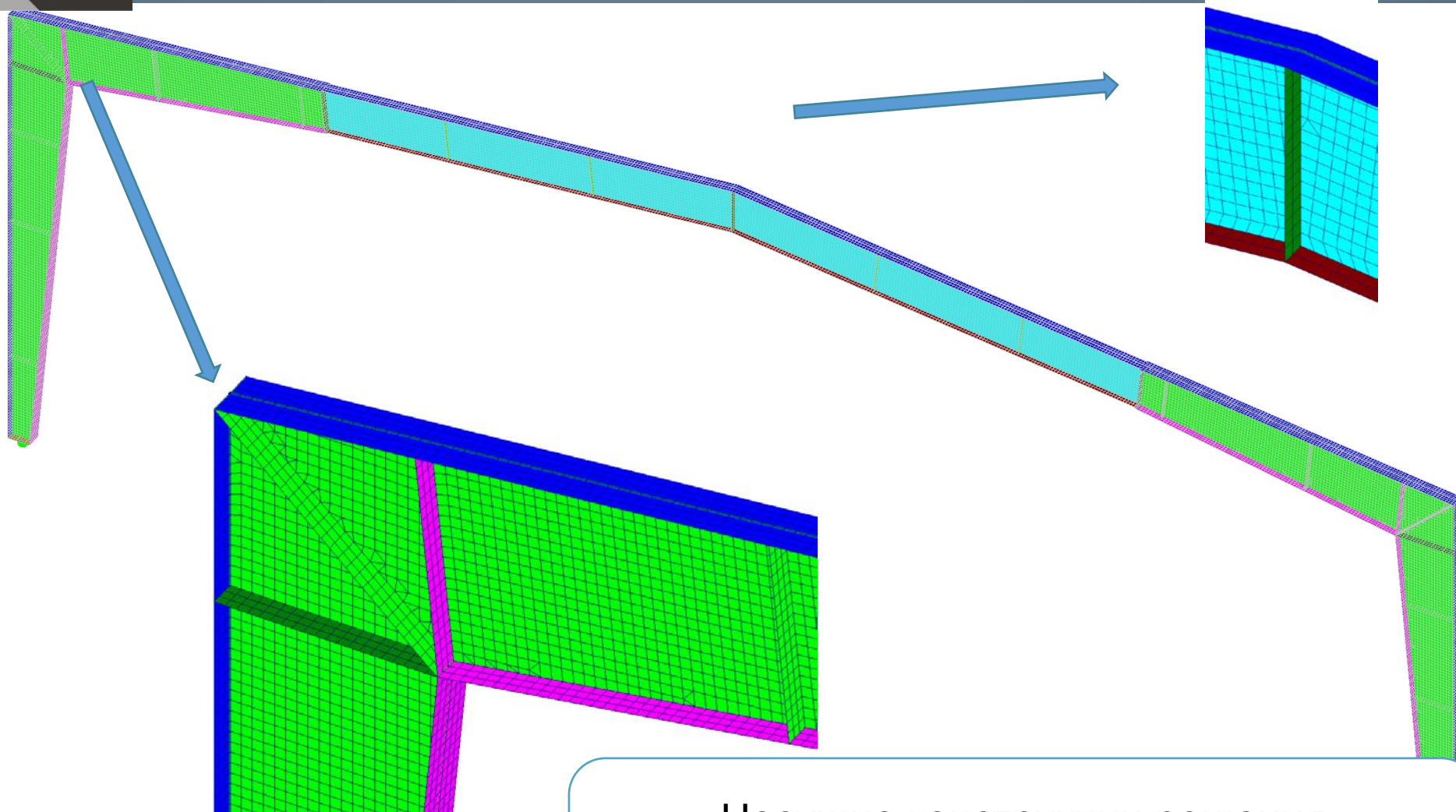
и обеспечиваются требования любого вида сварки стержней в табл. 5) $0,75d=0,75 \cdot 18=13,5 \text{ мм} < 22 \text{ мм}$.



Несущие конструкции отапливаемого гаража, НСО, Каргатский район



Несущие конструкции отапливаемого
гаража, НСО, Кургатский район



Несущие конструкции решения
отапливаемого гаража, НСО, Каргатский
район



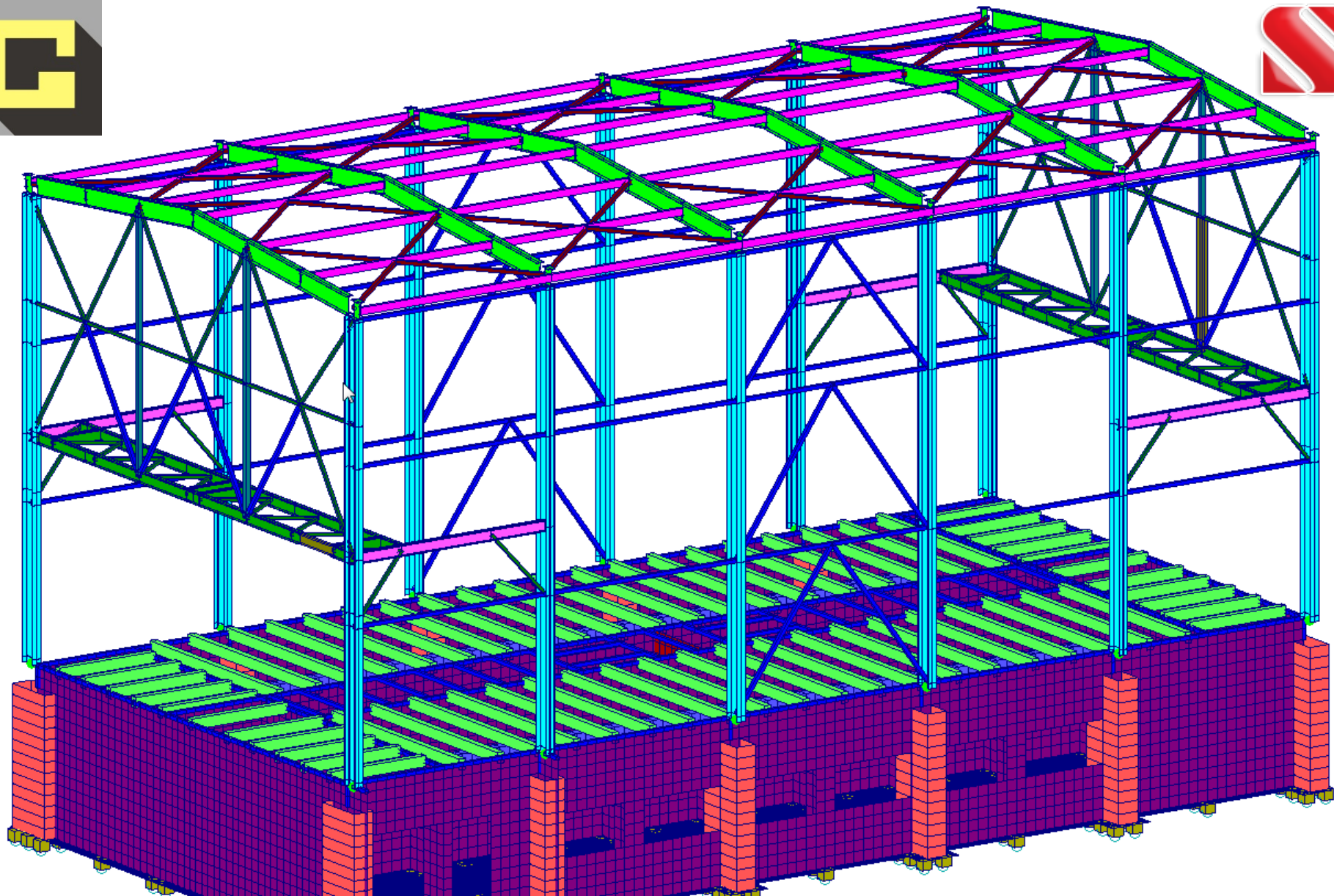
Комплексное проектирование объекта спортивного назначения с двумя полями для минифутбола и одним стандартным открытым полем для футбола с трибунами (на эксплуатируемой кровле) в г.Новосибирске.



Комплексное проектирование зернохранилища объёмом 41200 м³ для приёмки, очистки, сушки и хранения сельскохозяйственных культур в с. Маршанское Каргатского района НСО. Прохождение государственной экспертизы, осуществление авторского надзора.



Общий вид зерноочистительного комплекса



Сооружение завальной ямы производительностью 300 т/час
(максимальная грузоподъёмность автопоезда (прицепы ТОНАР – 120 тонн
– на каждую полосу движения)



Сооружение завальной ямы производительностью 300 т/час



Сооружение завальной ямы производительностью 300 т/час



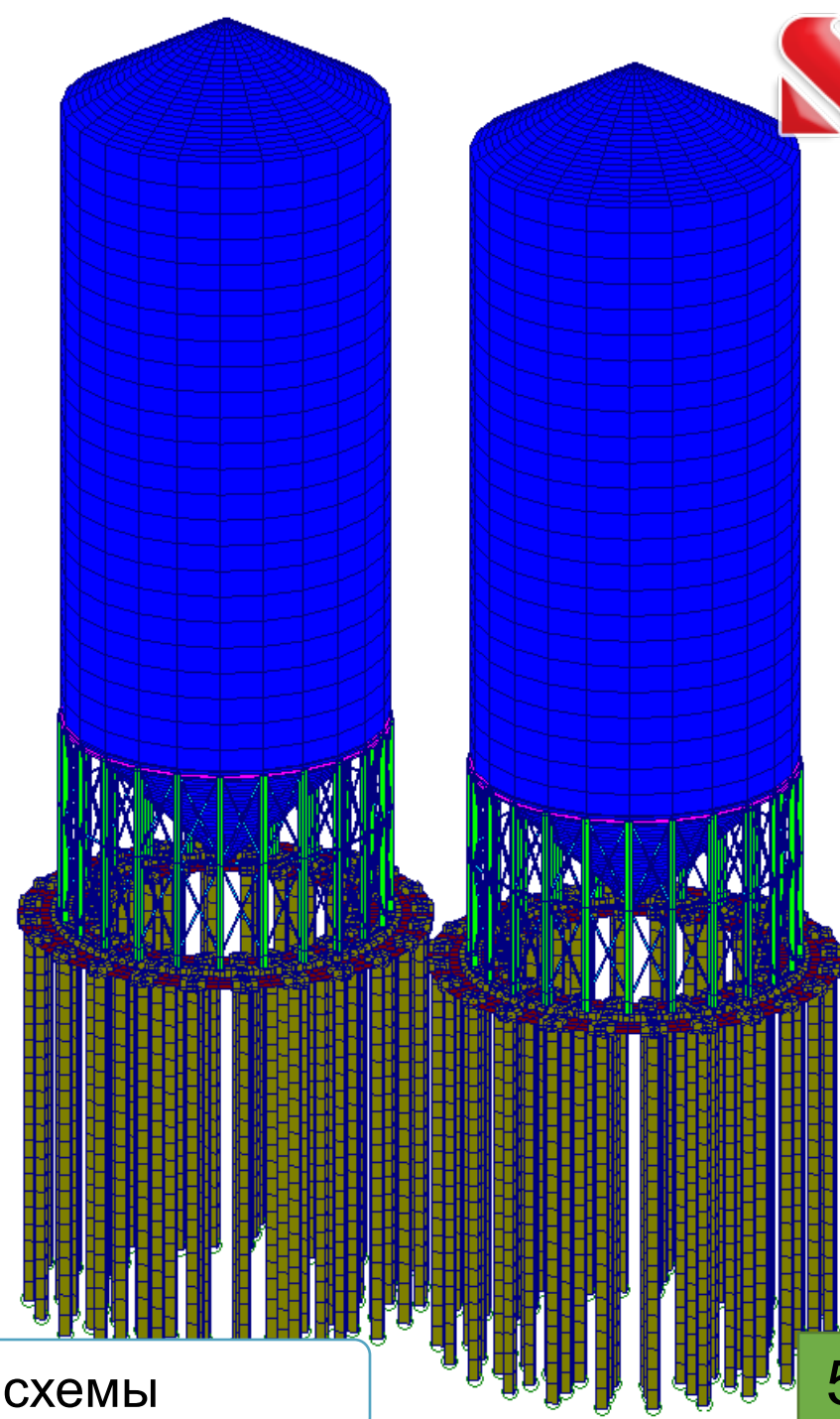
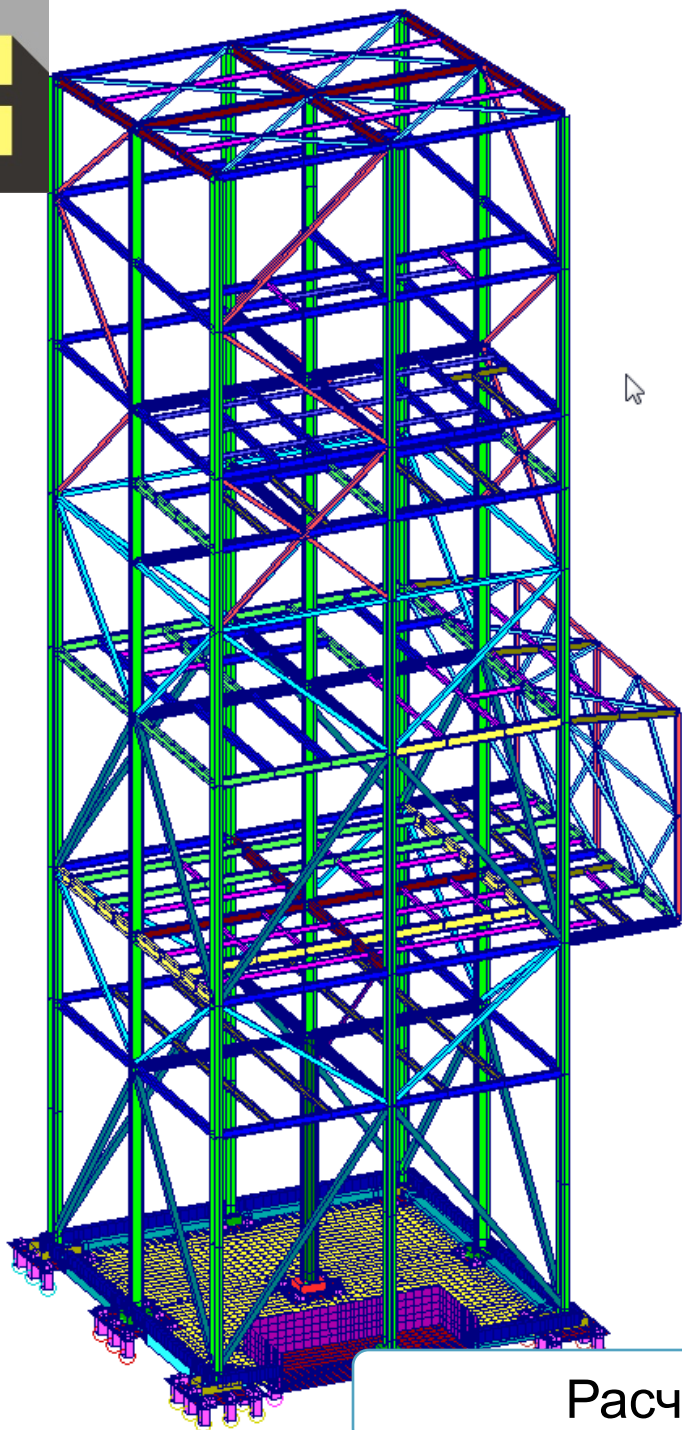
Сооружение завальной ямы производительностью 300 т/час



Сооружение завальной ямы производительностью 300 т/час

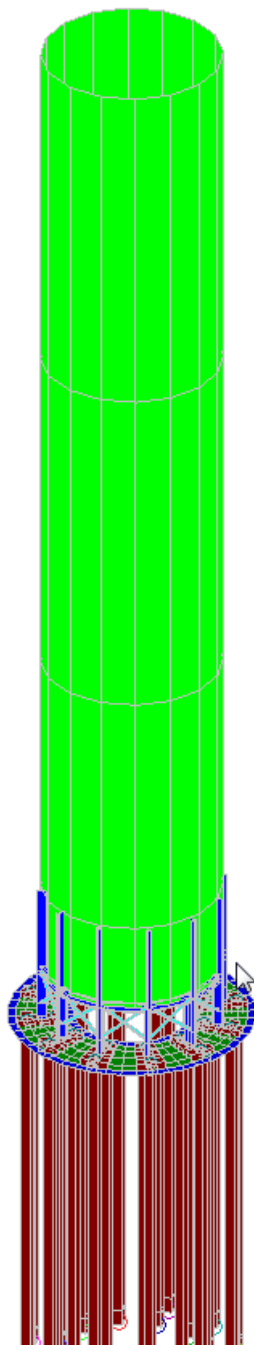
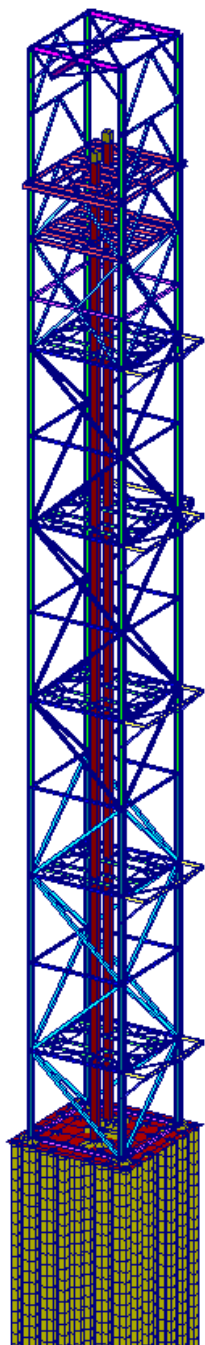


Общий вид зерноочистительного
комплекса



Расчетные схемы

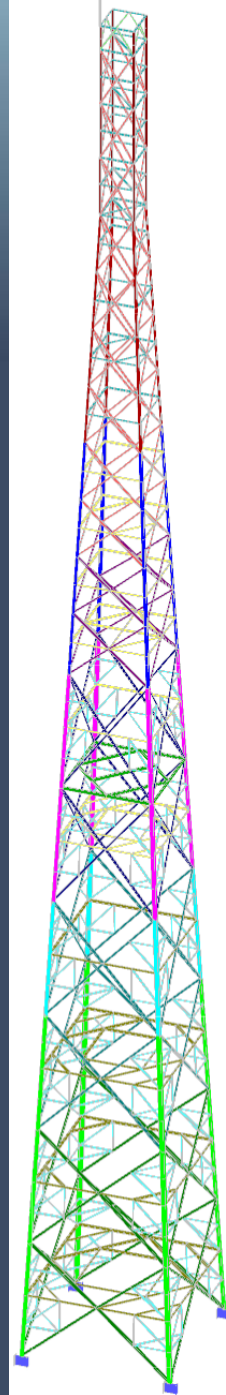
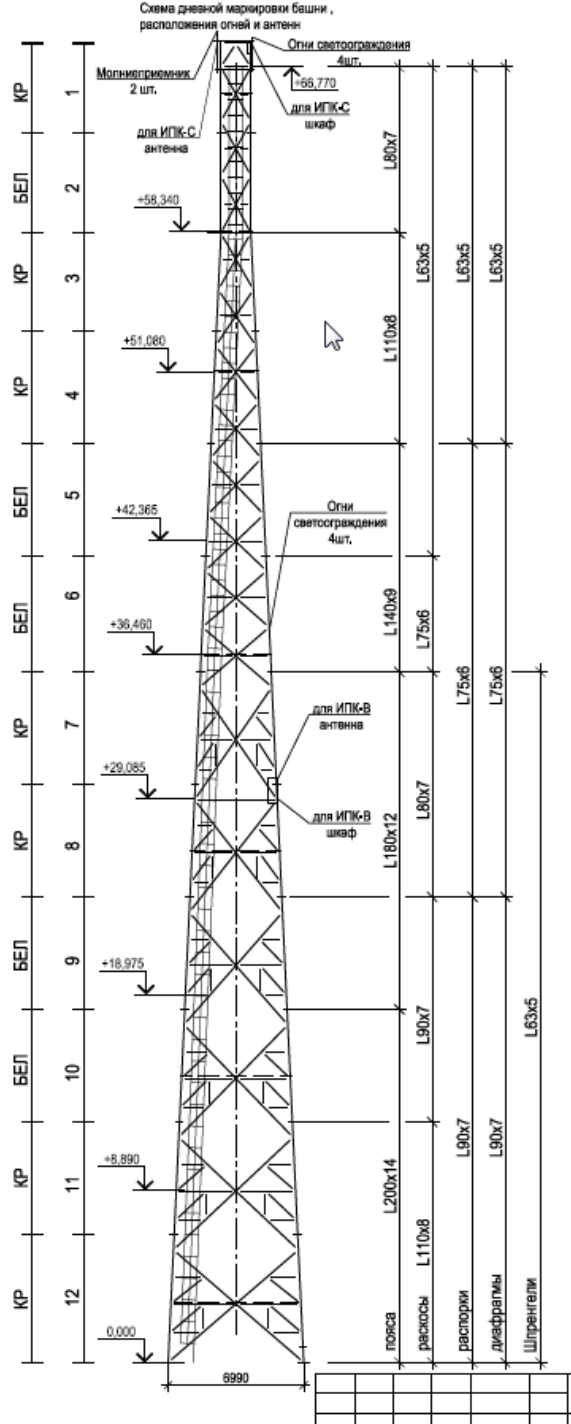




Расчетные схемы



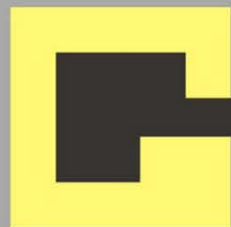
Норийная башня (H=50,0 м)
Башенная сушилка



Юстировочная башня связи
высотой 68,0 метров в н.п.
Шахи Алтайского края

ПКБ ГИПЕРИОН

МЫ ДЕЛАЕМ ЛУЧШИЕ ПРОЕКТЫ!



213-39-29

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СТРОИТЕЛЬСТВО
МОНТАЖ



Быстровозводимые здания



www.pkb-giperion.ru