

**Расчётно—пояснительная записка к Альбому
чертежей: «Конструкции покрытия из замкнутых гнутосварных
профилей с верхним поясом из прокатного двутавра пролетом 18м,
24м. Уклон кровли 2%».**

**1.01.10-2-РПЗ.3
Расчёт узлов конструкций покрытия.**

Том 3. Расчет надколонников.

Инь. №подл.	
Подп. и дата	
Взам. инв. №	

2023

1. РАСЧЕТ НАДКОЛОННИКА НК1.1.

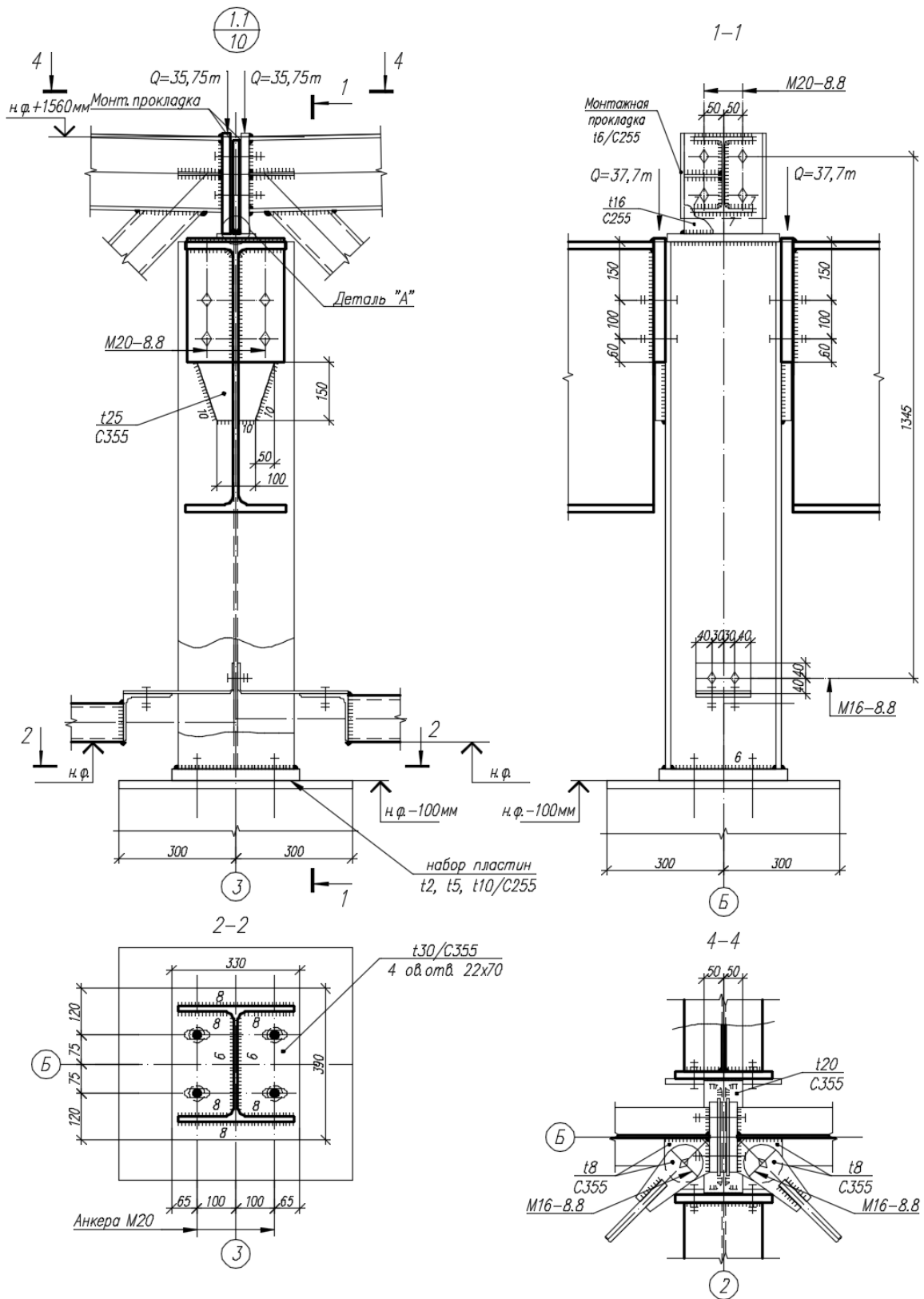


Рис. 1.1 Надколонник Нк1.1.

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	№уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
							4

Исходные данные:

Надколонник:

- сечение – двутавр 30К1;
- сталь С355 $R_y=350/9.81/1000*100=3.57 \text{ т/см}^2$ – табл. В.5 СП 16.13330.2017 (при толщине проката от 0,5 до 16мм).

Опорная пластина стропильных ферм на надколонник:

- сечение – $t=20$;
- сталь – С355 $R_y=340/9.81/1000*100=3.466 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП 16.13330.2017 (при толщине проката от 16 до 40мм).

Опорный столик:

- сечение – $t=25$;
- сталь – С355 $R_y=340/9.81/1000*100=3.466 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП 16.13330.2017 (при толщине проката от 16 до 40мм).

Опорная плита:

- сечение – $t=30$;
- сталь – С355 $R_y=340/9.81/1000*100=3.466 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП 16.13330.2017 (при толщине проката от 16 до 40мм).

Болты:

- болты крепления – М20 класса прочности 8.8, класса точности В.

Опорные реакции, приняты по ведомости элементов (чертежи шифр 1.01.10-2-КМ):

- опорная реакция от стропильной фермы: $Q_\phi = 35.75 \text{ т}$;
- опорная реакция от подстропильной конструкции: $Q_\Pi = 37.7 \text{ т}$;
- ветровая нагрузка $W = 0.7 \text{ т}$.

Усилия, возникающие при наихудшем сочетании нагрузок:

- $N = -(2Q_\phi + 2Q_\Pi) = -(2 \cdot 35.75 + 2 \cdot 37.7) = -146.9 \text{ т}$;
- $M_y = 0 \text{ т} \cdot \text{м}$;
- $Q_x = 0 \text{ т}$;
- $M_x = 0 \text{ т} \cdot \text{м}$;
- $Q_y = 0 \text{ т}$.

Сопротивление сечений
Расчет выполнен по СП 16.13330.2017

Общие характеристики

Сталь: С355

Группа конструкций по приложению В СП 16.13330 3

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент условий работы 1

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
			Изм.	№уч.	Лист	№док.		Подп.

Предельная гибкость для сжатых элементов: 180 – 60□

Предельная гибкость для растянутых элементов: 300

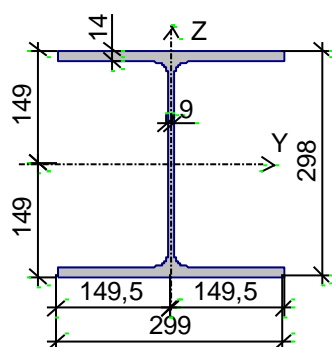
Дополнительные коэффициенты условий работы

Коэффициент понижающий расчетное сопротивление	1
--	---

Неупругая работа сечения не допускается

Работа сечения с неустойчивой стенкой не допускается

Сечение



Профиль: Двутавр колонный по ГОСТ Р 57837-2017 30К1

Геометрические характеристики

	Параметр	Значение	Единица измерения
A	Площадь поперечного сечения	110,8	см ²
A _{v,y}	Условная площадь среза вдоль оси U	57,582	см ²
A _{v,z}	Условная площадь среза вдоль оси V	24,759	см ²
□□	Угол наклона главных осей инерции	0	град
I _y	Момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельной оси Y	18848,661	см ⁴
I _z	Момент инерции относительно центральной оси Z1 параллельной оси Z	6241,19	см ⁴
I _t	Момент инерции при свободном кручении	71,559	см ⁴
I _w	Секториальный момент инерции	1258473,52	см ⁶
i _y	Радиус инерции относительно оси Y1	13,043	см
i _z	Радиус инерции относительно оси Z1	7,505	см
Y _s	Расстояние между центром тяжести и центром сдвига вдоль оси Y	0	см
Z _s	Расстояние между центром тяжести и центром сдвига вдоль оси Z	0	см
W _{u+}	Максимальный момент сопротивления относительно оси U	1265,011	см ³
W _{u-}	Минимальный момент сопротивления относительно оси U	1265,011	см ³
W _{v+}	Максимальный момент сопротивления относительно оси V	417,471	см ³
W _{v-}	Минимальный момент сопротивления относительно оси V	417,471	см ³

Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата

1.01.10-2-РПЗ.3

Лист

6

	Параметр	Значение	Единица измерения
$W_{pl,u}$	Пластический момент сопротивления относительно оси U	1389,278	см ³
$W_{pl,v}$	Пластический момент сопротивления относительно оси V	633,644	см ³
I_u	Максимальный момент инерции	18848,661	см ⁴
I_v	Минимальный момент инерции	6241,19	см ⁴
i_u	Максимальный радиус инерции	13,043	см
i_v	Минимальный радиус инерции	7,505	см
a_{u+}	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	3,768	см
a_{u-}	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	3,768	см
a_{v+}	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	11,417	см
a_{v-}	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	11,417	см
Z_b	Координата центра изгиба по оси Z	14,9	см
P	Периметр	174,31	см
M	Масса 1 м	86,978	кг

Длина элемента 1,41 м



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOY - 2



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOZ - 2

Расстояние между точками раскрепления из плоскости 1,41 м

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	Сейсмика	Особая
	T	T*M	T	T*M	T		
1	-146,9	0	0	0	0		

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
п. 8.2.1	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,002
п. 8.2.1	Прочность при действии изгибающего момента M_z	0,007
п. 8.2.1	Прочность при действии поперечной силы Q_y	0,001
п. 8.2.1	Прочность при действии поперечной силы Q_z	0,002
п. 9.1.1	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,381
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,454
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)	0,388
пп. 9.2.2, 9.2.10	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,388

Взам.инв.№	
Подп. и дата	
Инв.Неподл.	

Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата	1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
							7

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
пп. 9.2.9, 9.2.10, 9.3.1, 9.3.2	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,419
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,25
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,144
пп. 7.3.2, 7.3.11, 8.5.1-8.5.8, 9.4.2, 9.4.3, 9.4.9	Предельная гибкость стенки из условия местной устойчивости	0,646
пп. 7.3.8, 7.3.11, 8.5.18, 9.4.7, 9.4.9	Предельная гибкость свеса полки (поясного листа) из условия местной устойчивости	0,726

Коэффициент использования по всему пакету комбинаций **0,726** - Предельная гибкость свеса полки (поясного листа) из условия местной устойчивости

Отчет сформирован 2023.05.26 17:42:13 (UTC+03:00) программой Кристалл (64-bit), версия: 21.1.9.9 от 16.04.2021

Расчет сварных швов крепления опорного столика к надколоннику

Так как $\beta_f \cdot R_{wf} = 0.7 \cdot 2.19 = 1.53 < \beta_z \cdot R_{wz} = 1.0 \cdot 2.2 = 2.2$,

дальнейший расчет ведем по металлу шва.

$\beta_f=0.7$, $\beta_z=1.0$ - по табл.39 СП 16.13330.2017 для механизированной сварки при $d < 1.4$;

R_{wf} - расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу шва по табл. Г.2 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wf} = 215 \text{ Н/мм}^2 = 2.19 \text{ т/см}^2;$$

R_{wz} - расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу границы сплавления по табл. 4 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wz} = 0.45 \cdot R_{un},$$

где R_{un} - нормативное значение временного сопротивления основного металла, для С355 при толщине от 16 до 40 мм $R_{un} = 490 \text{ Н/мм}^2 = 4.99 \text{ т/см}^2$ - табл. В.3 СП 16.13330.2017;

$$R_{wz} = 0.45 \cdot 4.99 = 2.2 \text{ т/см}^2,$$

Крепление опорного столика к надколоннику осуществляется при помощи сварки.

Сварной шов работает на срез от действия силы Q. Условие прочности имеет вид:

$$\tau_f = \sqrt{(\tau_{Nf} + \tau_{Mf})^2 + (\tau_{Qf})^2} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

где:

τ_{Nf} - напряжение в металле шва от действия продольной силы, т.к. продольная сила на сварные швы опорного столика не действуют, $\tau_{Nf} = 0$;

τ_{Qf} - напряжение в металле шва от действия поперечной силы;

τ_{Mf} - напряжение в металле шва от действия момента;

Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата

1.01.10-2-РПЗ.3

Лист

8

$$\tau_{Qf} = \frac{3Q_{\Pi}}{2\beta_f \cdot k_f \cdot l_w};$$

$$\tau_{Mf} = \frac{M_Q}{W_f};$$

Q_{Π} – опорная реакция от подстропильных конструкций.

M_Q – момент от поперечной силы Q .

$$M_Q = Q_{\Pi} \cdot e_Q = 37,7 \cdot 1,25 = 47.125 \text{ т} \cdot \text{см};$$

e_Q – расстояние от места приложения опорной реакции до центра тяжести сварных швов;

W_f – момент сопротивления расчетного сечения сварного шва по металлу шва (при $\beta_f = 0.7$, $W_f = 74.49 \text{ см}^3$)

$k_f = 1.0 \text{ см}$ – катет шва;

$l_w = 39.6 \text{ см}$ – расчетная длина швов в сварном соединении.

$$\tau_{Qf} = \frac{3 \cdot 37.7}{2 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 39.6} = 2.04 \text{ т/см}^2$$

$$\tau_{Mf} = \frac{47.125}{74.49} = 0.66 \text{ т/см}^2;$$

Таким образом:

$$\tau_f = \sqrt{(\tau_{Nf} + \tau_{Mf})^2 + \tau_{Qf}^2} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

$$\tau_f = \sqrt{(0 + 0.66)^2 + 2.04^2} = 2.14 \text{ т/см}^2 < 2.19 \text{ т/см}^2.$$

Прочность сварного шва крепления опорного столика обеспечена.

Проверка прочности опорного столика на смятие

Условие прочности в соответствии с п.8.5.17 имеет вид

$$\sigma = \frac{Q_{\Pi}}{b_p \cdot s} \leq R_p \cdot \gamma_c$$

$Q_{\Pi} = 37.7 \text{ т}$ – опорная реакция от подстропильных конструкций;

$b_p = 20.0 \text{ см}$ – фактическая ширина опорного столика;

$s = 2.0 \text{ см}$ – толщина зоны опирания ребра подстропильной конструкции на столик;

$$R_p = R_{un} / \gamma_m$$

где R_{un} – нормативное значение временного сопротивления основного металла, для С355 при толщине от 16 до 40 мм $R_{un} = 490 \text{ Н/мм}^2 = 4.99 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП 16.13330.2017;

$\gamma_m = 1.025$ – коэффициент надежности по материалу по табл.3 СП 16.13330.2017

$$R_p = 4.99 / 1.025 = 4.87 \text{ т/см}^2$$

$$\sigma = \frac{37.7}{20.0 \cdot 2.0} = 0.94 < 4.87 \text{ т/см}^2$$

Прочность столика на смятие обеспечена.

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
								9
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата			

Расчет сварных швов опорной пластины стропильных ферм на надколонник

Так как $\beta_f \cdot R_{wf} = 0.7 \cdot 2.19 = 1.53 < \beta_z \cdot R_{wz} = 1.0 \cdot 2.2 = 2.2$,
дальнейший расчет ведем по металлу шва.

$\beta_f=0.7$, $\beta_z=1.0$ – по табл.39 СП 16.13330.2017 для механизированной сварки при $d < 1.4$;

R_{wf} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу шва по табл. Г.2
СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wf} = 215 \text{ Н/мм}^2 = 2.19 \text{ т/см}^2;$$

R_{wz} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу границы
сплавления по табл. 4 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wz} = 0.45 \cdot R_{un},$$

где R_{un} – нормативное значение временного сопротивления основного металла,
для С355 при толщине от 16 до 40 мм $R_{un} = 490 \text{ Н/мм}^2 = 4.99 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП
16.13330.2017;

$$R_{wz} = 0.45 \cdot 4.99 = 2.2 \text{ т/см}^2,$$

Крепление пластины к надколоннику осуществляется при помощи сварки.

Сварной шов работает на сжатие от действия силы N . Условие прочности имеет
вид:

$$\tau_{Nf} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

где:

τ_{Nf} – напряжение в металле шва от действия сжимающей силы;

$$\tau_{Nf} = \frac{N_\phi}{\beta_f \cdot (k_{fp} \cdot l_{wp} + k_{fs} \cdot l_{ws})};$$

N_ϕ – суммарная опорная реакция от стропильных ферм.

$k_{fp}=0.8$ см – катет шва по полке;

$k_{fs}=0.6$ см – катет шва по стенке;

$l_{wp}=28$ см – расчетная длина швов в сварном соединении по полкам;

$l_{ws}=46$ см – расчетная длина швов в сварном соединении по стенке;

$$\tau_{Nf} = \frac{71.5}{0.7 \cdot (0.8 \cdot 28 + 0.6 \cdot 46)} = 2.04 \text{ т/см}^2$$

Таким образом:

$$\tau_{Nf} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

$$\tau_{Nf} = 2.04 \text{ т/см}^2 < 2.19 \text{ т/см}^2.$$

Прочность сварного шва крепления опорной пластины стропильных ферм на
надколонник обеспечена.

Проверка прочности стенки двутавра на смятие

Условие прочности в соответствии с п.8.5.17 имеет вид

$$\sigma = \frac{Q_\phi}{(b_p + 2t_p) \cdot s} \leq R_p \cdot \gamma_c$$

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
			1.01.10-2-РПЗ.3						10
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата				

$Q_{\phi} = 71,5 \text{ т}$ – опорная реакция стропильных ферм;
 $b_p = 20,0 \text{ см}$ – фактическая ширина опорных ребер стропильных ферм;
 $t_p = 2,0 \text{ см}$ – толщина опорной пластины;
 $s = 0,9 \text{ см}$ – толщина стенки двутавра надколонника;

$$R_p = R_{un} / \gamma_m$$

где R_{un} – нормативное значение временного сопротивления основного металла, для С355 при толщине от 0,5 до 16 мм $R_{un} = 490 \text{ Н/мм}^2 = 4,99 \text{ т/см}^2$ – табл. В.5 СП 16.13330.2017;

$\gamma_m = 1,025$ – коэффициент надежности по материалу по табл.3 СП 16.13330.2017

$$R_p = 4,99 / 1,025 = 4,87 \text{ т/см}^2$$

$$\sigma = \frac{71,5}{(20,0 + 2 \cdot 2) \cdot 0,9} = 3,31 < 4,87 \text{ т/см}^2$$

Прочность стенки на смятие обеспечена.

Расчет сварных швов опорной плиты надколонника

Так как $\beta_f \cdot R_{wf} = 0,7 \cdot 2,19 = 1,53 < \beta_z \cdot R_{wz} = 1,0 \cdot 2,2 = 2,2$,
 дальнейший расчет ведем по металлу шва.

$\beta_f = 0,7$, $\beta_z = 1,0$ – по табл.39 СП 16.13330.2017 для механизированной сварки при $d < 1,4$;

R_{wf} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу шва по табл. Г.2 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wf} = 215 \text{ Н/мм}^2 = 2,19 \text{ т/см}^2;$$

R_{wz} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу границы сплавления по табл. 4 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

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

где R_{un} – нормативное значение временного сопротивления основного металла, для С355 при толщине от 16 до 40 мм $R_{un} = 490 \text{ Н/мм}^2 = 4,99 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП 16.13330.2017;

$$R_{wz} = 0,45 \cdot 4,99 = 2,2 \text{ т/см}^2,$$

Крепление плиты к надколоннику осуществляется при помощи сварки.

Сварной шов работает на усилия в надколоннике. Условие прочности имеет вид:

$$\tau_f = \sqrt{(\tau_{Nf} + \tau_{Mf})^2 + (\tau_{Qf})^2} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

где:

τ_{Nf} – напряжение в металле шва от действия продольной силы;

τ_{Qf} – напряжение в металле шва от действия поперечной силы;

τ_{Mf} – напряжение в металле шва от действия момента;

$$\tau_{Nf} = \frac{N_f}{\beta_f \cdot (k_{fp} \cdot l_{wp} + k_{fs} \cdot l_{ws})};$$

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
			1.01.10-2-РПЗ.3						
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата				

$$\tau_{Qf} = \frac{Q_f \cdot S^{отс}}{I_f \cdot 2k_{fs}}$$

$$\tau_{Mf} = \frac{M_f}{W_f'}$$

N_f, Q_f, M_f – силы, действующие на сварной шов, равные усилиям в надколоннике:

$$N_f = -146,9 \text{ т};$$

$$M_f = 0 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_f = 0 \text{ т};$$

$S^{отс}$ – статический момент отсеченной части расчетного сечения сварного шва ($S^{отс} = 766,7 \text{ см}^3$);

I_f – момент инерции расчетного сечения сварного шва по металлу шва (при $\beta_f = 0,7$, $I_f = 23248,7 \text{ см}^4$);

W_f – момент сопротивления расчетного сечения сварного шва по металлу шва (при $\beta_f = 0,7$, $W_f = 1560,3 \text{ см}^3$)

$k_{fp} = 0,8 \text{ см}$ – катет шва по полке;

$k_{fs} = 0,6 \text{ см}$ – катет шва по стенке;

$l_{wp} = 110 \text{ см}$ – расчетная длина швов в сварном соединении по полкам;

$l_{ws} = 46 \text{ см}$ – расчетная длина швов в сварном соединении по стенке;

$$\tau_{Nf} = \frac{146,9}{0,7 \cdot (0,8 \cdot 110 + 0,6 \cdot 46)} = 1,82 \text{ т/см}^2$$

Таким образом:

$$\tau_f = \tau_{Nf} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

$$\tau_f = 1,82 \text{ т/см}^2 < 2,19 \text{ т/см}^2.$$

Прочность сварного шва крепления опорной пластины обеспечена.

Расчет опорной плиты надколонника

Плита работает на изгиб как пластинка, опертая на торец надколонника и нагруженная равномерно-распределенным реактивным давлением железобетонной колонны:

$$q = \frac{N_{оп}}{B_{пл} \cdot L_{пл}}$$

где:

$N_{оп}$ – сжимающая сила, передающаяся от надколонника на опору;

$B_{пл} = 33 \text{ см}$ – ширина опорной плиты;

$L_{пл} = 39 \text{ см}$ – длина опорной плиты;

$$N_{оп} = N = 146,9 \text{ т}.$$

Таким образом:

$$q = \frac{146,9}{0,33 \cdot 0,39} = 1142 \text{ т/м}^2.$$

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
										12
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата					

Опорные плиты
Расчет выполнен по СП 16.13330.2017

Общие характеристики

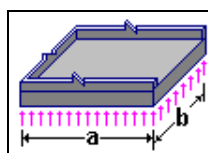
Сталь: С355

Группа конструкций по приложению В СП 16.13330 3

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент условий работы 1,2

Расчёт на изгиб части плиты, опертой по трем сторонам:

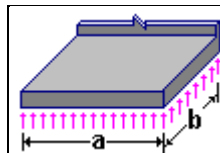


$a = 0,161$ м
 $b = 0,27$ м
 Толщина плиты = 3 см
 Нагрузка 1142 Т/м²

Результаты расчета

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	по прочности плиты на изгиб	0,99

Расчёт на изгиб части плиты, работающей как консоль:



$a = 0,33$ м
 $b = 0,086$ м
 Толщина плиты = 3 см
 Нагрузка 1142 Т/м²

Результаты расчета

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	по прочности плиты на изгиб	0,677

Коэффициент использования **0,99** – по прочности плиты на изгиб.

Отчет сформирован 2023.05.29 16:39:39 (UTC+03:00) программой Кристалл (64-бит), версия: 21.1.9.9 от 16.04.2021

Прочность опорной плиты обеспечена.

Взам.инв.№	
Подп. и дата	
Инв.№подл.	

Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата	1.01.10-2-РПЗ.3

Предельная гибкость для сжатых элементов: 180 – 60а

Предельная гибкость для растянутых элементов: 300

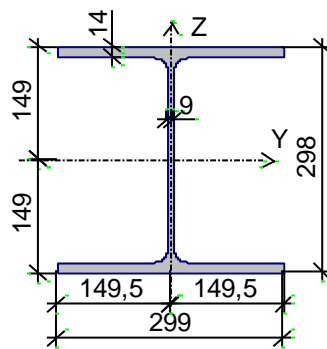
Дополнительные коэффициенты условий работы

Коэффициент понижающий расчетное сопротивление	1
--	---

Неупругая работа сечения не допускается

Работа сечения с неустойчивой стенкой не допускается

Сечение



Профиль: Двутавр колонный по ГОСТ Р 57837-2017 30К1

Геометрические характеристики

	Параметр	Значение	Единица измерения
A	Площадь поперечного сечения	110,8	см ²
A _{v,y}	Условная площадь среза вдоль оси U	57,582	см ²
A _{v,z}	Условная площадь среза вдоль оси V	24,759	см ²
α	Угол наклона главных осей инерции	0	град
I _y	Момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельной оси Y	18848,661	см ⁴
I _z	Момент инерции относительно центральной оси Z1 параллельной оси Z	6241,19	см ⁴
I _t	Момент инерции при свободном кручении	71,559	см ⁴
I _w	Секториальный момент инерции	1258473,52	см ⁶
i _y	Радиус инерции относительно оси Y1	13,043	см
i _z	Радиус инерции относительно оси Z1	7,505	см
Y _s	Расстояние между центром тяжести и центром сдвига вдоль оси Y	0	см
Z _s	Расстояние между центром тяжести и центром сдвига вдоль оси Z	0	см
W _{u+}	Максимальный момент сопротивления относительно оси U	1265,011	см ³
W _{u-}	Минимальный момент сопротивления относительно оси U	1265,011	см ³
W _{v+}	Максимальный момент сопротивления относительно оси V	417,471	см ³
W _{v-}	Минимальный момент сопротивления относительно оси V	417,471	см ³
W _{pl,u}	Пластический момент сопротивления относительно оси U	1389,278	см ³
W _{pl,v}	Пластический момент сопротивления относительно оси V	633,644	см ³

Взам.инв.№	
Подп. и дата	
Инв.Неподл.	

Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата	1.01.10-2-РПЗ.3	Лист 16
------	------	-------	-------	-------	------	-----------------	------------

	Параметр	Значение	Единица измерения
I_u	Максимальный момент инерции	18848,661	см ⁴
I_v	Минимальный момент инерции	6241,19	см ⁴
i_u	Максимальный радиус инерции	13,043	см
i_v	Минимальный радиус инерции	7,505	см
a_{u+}	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	3,768	см
a_{u-}	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	3,768	см
a_{v+}	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	11,417	см
a_{v-}	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	11,417	см
Z_b	Координата центра изгиба по оси Z	14,9	см
P	Периметр	174,31	см
M	Масса 1 м	86,978	кг

Длина элемента 1,41 м



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOY - 2



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOZ - 2

Расстояние между точками раскрепления из плоскости 1,41 м

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	Сейсмика	Особая
	T	T*M	T	T*M	T		
1	-48,7	6,54	1,15	0	0		

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
п. 8.2.1	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,145
п. 8.2.1	Прочность при действии изгибающего момента M_z	0,007
п. 8.2.1	Прочность при действии поперечной силы Q_y	0,001
п. 8.2.1	Прочность при действии поперечной силы Q_z	0,022
п. 9.1.1	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,275
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,15
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)	0,129
пп. 9.2.2, 9.2.10	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,248
пп. 9.2.9, 9.2.10, 9.3.1, 9.3.2	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,166
пп. 9.2.4, 9.2.5, 9.2.8, 9.2.10	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при	0,276

Иньв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата	1.01.10-2-РПЗ.3	Лист 17
------	------	-------	-------	-------	------	-----------------	------------

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	внецентренном сжатии	
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,25
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,144
пп. 7.3.2, 7.3.11, 8.5.1-8.5.8, 9.4.2, 9.4.3, 9.4.9	Предельная гибкость стенки из условия местной устойчивости	0,646
пп. 7.3.8, 7.3.11, 8.5.18, 9.4.7, 9.4.9	Предельная гибкость свеса полки (поясного листа) из условия местной устойчивости	0,763

Коэффициент использования по всему пакету комбинаций **0,763** – Предельная гибкость свеса полки (поясного листа) из условия местной устойчивости

Отчет сформирован 2023.05.24 15:24:18 (UTC+03:00) программой Кристалл (64-бит), версия: 21.1.9.9 от 16.04.2021

Расчет сварных швов крепления опорного столика к надколоннику

Так как $\beta_f \cdot R_{wf} = 0.7 \cdot 2.19 = 1.53 < \beta_z \cdot R_{wz} = 1.0 \cdot 2.2 = 2.2$,
дальнейший расчет ведем по металлу шва.

$\beta_f=0.7$, $\beta_z=1.0$ – по табл.39 СП 16.13330.2017 для механизированной сварки при $d < 1.4$;

R_{wf} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу шва по табл. Г.2 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wf} = 215 \text{ Н/мм}^2 = 2.19 \text{ т/см}^2;$$

R_{wz} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу границы сплавления по табл. 4 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wz} = 0.45 \cdot R_{un}$$

где R_{un} – нормативное значение временного сопротивления основного металла, для С355 при толщине от 16 до 40 мм $R_{un} = 490 \text{ Н/мм}^2 = 4.99 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП 16.13330.2017;

$$R_{wz} = 0.45 \cdot 4.99 = 2.2 \text{ т/см}^2,$$

Крепление опорного столика к надколоннику осуществляется при помощи сварки.

Сварной шов работает на срез от действия силы Q. Условие прочности имеет вид:

$$\tau_f = \sqrt{(\tau_{Nf} + \tau_{Mf})^2 + (\tau_{Qf})^2} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

где:

τ_{Nf} – напряжение в металле шва от действия продольной силы, т.к. продольная сила на сварные швы опорного столика не действуют, $\tau_{Nf} = 0$;

τ_{Qf} – напряжение в металле шва от действия поперечной силы;

τ_{Mf} – напряжение в металле шва от действия момента;

$$\tau_{Qf} = \frac{3Q_{\Pi}}{2\beta_f \cdot k_f \cdot l_w};$$

Изм. № докл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
Изм.	№ уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			

Расчет сварных швов опорной пластины балок Бтб/6 на надколонник

Так как $\beta_f \cdot R_{wf} = 0.7 \cdot 2.19 = 1.53 < \beta_z \cdot R_{wz} = 1.0 \cdot 2.2 = 2.2$,
дальнейший расчет ведем по металлу шва.

$\beta_f=0.7$, $\beta_z=1.0$ – по табл.39 СП 16.13330.2017 для механизированной сварки при $d < 1.4$;

R_{wf} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу шва по табл. Г.2
СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wf} = 215 \text{ Н/мм}^2 = 2.19 \text{ т/см}^2;$$

R_{wz} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу границы
сплавления по табл. 4 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wz} = 0.45 \cdot R_{un},$$

где R_{un} – нормативное значение временного сопротивления основного металла,
для С355 при толщине от 16 до 40 мм $R_{un} = 490 \text{ Н/мм}^2 = 4.99 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП
16.13330.2017;

$$R_{wz} = 0.45 \cdot 4.99 = 2.2 \text{ т/см}^2,$$

Крепление пластины к надколоннику осуществляется при помощи сварки.

Сварной шов работает на сжатие от действия силы N . Условие прочности имеет
вид:

$$\tau_{Nf} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

где:

τ_{Nf} – напряжение в металле шва от действия сжимающей силы;

$$\tau_{Nf} = \frac{N_\phi}{\beta_f \cdot (k_{fp} \cdot l_{wp} + k_{fs} \cdot l_{ws})};$$

N_ϕ – опорная реакция от балок Бтб/6.

$k_{fp}=0.8$ см – катет шва по полке;

$k_{fs}=0.6$ см – катет шва по стенке;

$l_{wp}=28$ см – расчетная длина швов в сварном соединении по полкам;

$l_{ws}=46$ см – расчетная длина швов в сварном соединении по стенке;

$$\tau_{Nf} = \frac{11}{0.7 \cdot (0.8 \cdot 28 + 0.6 \cdot 46)} = 0.31 \text{ т/см}^2$$

Таким образом:

$$\tau_{Nf} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$
$$\tau_{Nf} = 0.31 \text{ т/см}^2 < 2.19 \text{ т/см}^2.$$

Прочность сварного шва крепления опорной пластины балок Бтб/6 на
надколонник обеспечена.

Проверка прочности стенки двутавра на смятие

Условие прочности в соответствии с п.8.5.17 имеет вид

$$\sigma = \frac{Q_B}{(b_p + 2t_p) \cdot s} \leq R_p \cdot \gamma_c$$

Изм. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
			1.01.10-2-РПЗ.3						20
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата				

$Q_B = 11 \text{ т}$ – опорная реакция балок Бтб/б;
 $b_p = 20.0 \text{ см}$ – фактическая ширина опорных ребер балок Бтб/б;
 $t_p = 2.0 \text{ см}$ – толщина опорной пластины;
 $s = 0.9 \text{ см}$ – толщина стенки двутавра надколонника;

$$R_p = R_{un} / \gamma_m$$

где R_{un} – нормативное значение временного сопротивления основного металла, для С355 при толщине от 16 до 40 мм $R_{un} = 490 \text{ Н/мм}^2 = 4.99 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП 16.13330.2017;

$\gamma_m = 1.025$ – коэффициент надежности по материалу по табл.3 СП 16.13330.2017

$$R_p = 4.99 / 1.025 = 4.87 \text{ т/см}^2$$

$$\sigma = \frac{11}{(20.0 + 2 \cdot 2) \cdot 0.9} = 0.51 < 4.87 \text{ т/см}^2$$

Прочность стенки на смятие обеспечена.

Расчет сварных швов опорной плиты надколонника

Так как $\beta_f \cdot R_{wf} = 0.7 \cdot 2.19 = 1.53 < \beta_z \cdot R_{wz} = 1.0 \cdot 2.2 = 2.2$,
 дальнейший расчет ведем по металлу шва.

$\beta_f = 0.7$, $\beta_z = 1.0$ – по табл.39 СП 16.13330.2017 для механизированной сварки при $d < 1.4$;

R_{wf} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу шва по табл. Г.2 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wf} = 215 \text{ Н/мм}^2 = 2.19 \text{ т/см}^2;$$

R_{wz} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу границы сплавления по табл. 4 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wz} = 0.45 \cdot R_{un}$$

где R_{un} – нормативное значение временного сопротивления основного металла, для С355 при толщине от 16 до 40 мм $R_{un} = 490 \text{ Н/мм}^2 = 4.99 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП 16.13330.2017;

$$R_{wz} = 0.45 \cdot 4.99 = 2.2 \text{ т/см}^2,$$

Крепление плиты к надколоннику осуществляется при помощи сварки.

Сварной шов работает на усилия в надколоннике. Условие прочности имеет вид:

$$\tau_f = \sqrt{(\tau_{Nf} + \tau_{Mf})^2 + (\tau_{Qf})^2} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

где:

τ_{Nf} – напряжение в металле шва от действия продольной силы;

τ_{Qf} – напряжение в металле шва от действия поперечной силы;

τ_{Mf} – напряжение в металле шва от действия момента;

$$\tau_{Nf} = \frac{N_f}{\beta_f \cdot (k_{fp} \cdot l_{wp} + k_{fs} \cdot l_{ws})};$$

$$\tau_{Qf} = \frac{Q_f \cdot S^{отс}}{I_f \cdot 2k_{fs}};$$

Изм. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	№уч.	Лист.	№докум.	Подп.	Дата	1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
							21

$$\tau_{Mf} = \frac{M_f}{W_{f'}}$$

N_f, Q_f, M_f , – силы, действующие на сварной шов, равные усилиям в надколоннике:

$$N_f = -48,7 \text{ т};$$

$$M_f = 6,54 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_f = 1,15 \text{ т};$$

$S^{\text{отс}}$ – статический момент отсеченной части расчетного сечения сварного шва
($S^{\text{отс}} = 766,7 \text{ см}^3$);

I_f – момент инерции расчетного сечения сварного шва по металлу шва
(при $\beta_f = 0,7$, $I_f = 23248,7 \text{ см}^4$);

W_f – момент сопротивления расчетного сечения сварного шва по металлу шва
(при $\beta_f = 0,7$, $W_f = 1560,3 \text{ см}^3$)

$k_{fp} = 0,8 \text{ см}$ – катет шва по полке;

$k_{fs} = 0,6 \text{ см}$ – катет шва по стенке;

$l_{wp} = 110 \text{ см}$ – расчетная длина швов в сварном соединении по полкам;

$l_{ws} = 46 \text{ см}$ – расчетная длина швов в сварном соединении по стенке;

$$\tau_{Nf} = \frac{48,7}{0,7 \cdot (0,8 \cdot 110 + 0,6 \cdot 46)} = 0,61 \text{ т/см}^2$$

$$\tau_{Qf} = \frac{1,15 \cdot 766,7}{23248,7 \cdot 2 \cdot 0,6} = 0,03 \text{ т/см}^2$$

$$\tau_{Mf} = \frac{6,54}{1560,3} = 0,42 \text{ т/см}^2;$$

Таким образом:

$$\tau_f = \sqrt{(\tau_{Nf} + \tau_{Mf})^2 + \tau_{Qf}^2} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

$$\tau_f = \sqrt{(0,61 + 0,42)^2 + 0,03^2} = 1,03 \text{ т/см}^2 < 2,19 \text{ т/см}^2.$$

Прочность сварного шва крепления опорной пластины обеспечена.

Расчет опорной плиты надколонника

Плита работает на изгиб как пластинка, опертая на торец надколонника и нагруженная равномерно-распределенным реактивным давлением железобетонной колонны:

$$q = \frac{N_{оп}}{B_{пл} \cdot L_{пл}};$$

где:

$N_{оп}$ – сжимающая сила, передающаяся от надколонника на опору;

$B_{пл} = 33 \text{ см}$ – ширина опорной плиты;

$L_{пл} = 33 \text{ см}$ – длина опорной плиты;

$$N_{оп} = N + \frac{M}{L_{пл}} = 48,7 + \frac{6,54}{0,33} = 68,52 \text{ т}.$$

Таким образом:

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. №подл.	

$$q = \frac{68,52}{0,33 \cdot 0,33} = 629 \text{ Т/м}^2.$$

Опорные плиты
Расчет выполнен по СП 16.13330.2017

Общие характеристики

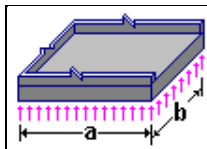
Сталь: С355

Группа конструкций по приложению В СП 16.13330 Э

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент условий работы 1,2

Расчет на изгиб части плиты, опертой по трем сторонам:

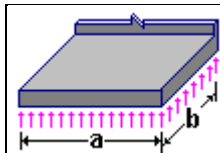


a = 0,161 м
b = 0,27 м
Толщина плиты = 3 см
Нагрузка 629 Т/м²

Результаты расчета

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	по прочности плиты на изгиб	0,654

Расчет на изгиб части плиты, работающей как консоль:



a = 0,33 м
b = 0,016 м
Толщина плиты = 3 см
Нагрузка 629 Т/м²

Результаты расчета

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	по прочности плиты на изгиб	0,015

Коэффициент использования **0,654** – по прочности плиты на изгиб.

Отчет сформирован 2023.05.26 12:31:27 (UTC+03:00) программой Кристалл (64-бит), версия: 21.1.9.9 от 16.04.2021

Прочность опорной плиты обеспечена.

Изм. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата	1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
							23

Исходные данные:

Надколонник:

- сечение – двутавр 30К1;
- сталь С355 $R_y=350/9.81/1000*100=3.57 \text{ т/см}^2$ – табл. В.5 СП 16.13330.2017 (при толщине проката от 0,5 до 16мм).

Опорная пластина стропильных ферм на надколонник:

- сечение – $t=20$;
- сталь – С355 $R_y=340/9.81/1000*100=3.466 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП 16.13330.2017 (при толщине проката от 16 до 40мм).

Опорная плита:

- сечение – $t=30$;
- сталь – С355 $R_y=340/9.81/1000*100=3.466 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП 16.13330.2017 (при толщине проката от 16 до 40мм).

Болты:

- болты крепления – М20 класса прочности 8.8, класса точности В.

Опорные реакции, приняты по ведомости элементов (чертежи шифр 1.01.10-2-КМ):

- опорная реакция от стропильной фермы: $Q_\phi = 35.75 \text{ т}$;
- ветровая нагрузка $W = 0,7 \text{ т}$.

Усилия, возникающие при наихудшем сочетании нагрузок:

- $N = -Q_\phi = -35.75 \text{ т}$;
- $M_y = 0 \text{ т} \cdot \text{м}$;
- $Q_x = 0 \text{ т}$;
- $M_x = M_W + Q_\phi \cdot e = 0.32 + 35.75 \cdot 0.024 = 1.18 \text{ т} \cdot \text{м}$;
- $Q_y = Q_W = 1.15 \text{ т}$.

Сопротивление сечений
Расчет выполнен по СП 16.13330.2017

Общие характеристики

Сталь: С355

Группа конструкций по приложению В СП 16.13330 3

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент условий работы 1

Предельная гибкость для сжатых элементов: 180 – 60а

Предельная гибкость для растянутых элементов: 300

Дополнительные коэффициенты условий работы

Коэффициент понижающий расчетное сопротивление

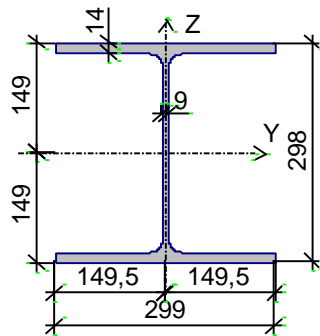
1

Неупругая работа сечения не допускается

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. №подл.	
Изм.	№уч.
Лист	№ док.
Подп.	Дата
1.01.10-2-РПЗ.3	
Лист	
25	

Работа сечения с неустойчивой стенкой не допускается

Сечение



Профиль: Двутавр колонный по ГОСТ Р 57837-2017 30К1

Геометрические характеристики

	Параметр	Значение	Единица измерения
A	Площадь поперечного сечения	110,8	см ²
A _{v,y}	Условная площадь среза вдоль оси U	57,582	см ²
A _{v,z}	Условная площадь среза вдоль оси V	24,759	см ²
α	Угол наклона главных осей инерции	0	град
I _y	Момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельной оси Y	18848,661	см ⁴
I _z	Момент инерции относительно центральной оси Z1 параллельной оси Z	6241,19	см ⁴
I _t	Момент инерции при свободном кручении	71,559	см ⁴
I _w	Секториальный момент инерции	1258473,52	см ⁶
i _y	Радиус инерции относительно оси Y1	13,043	см
i _z	Радиус инерции относительно оси Z1	7,505	см
Y _s	Расстояние между центром тяжести и центром сдвига вдоль оси Y	0	см
Z _s	Расстояние между центром тяжести и центром сдвига вдоль оси Z	0	см
W _{u+}	Максимальный момент сопротивления относительно оси U	1265,011	см ³
W _{u-}	Минимальный момент сопротивления относительно оси U	1265,011	см ³
W _{v+}	Максимальный момент сопротивления относительно оси V	417,471	см ³
W _{v-}	Минимальный момент сопротивления относительно оси V	417,471	см ³
W _{pl,u}	Пластический момент сопротивления относительно оси U	1389,278	см ³
W _{pl,v}	Пластический момент сопротивления относительно оси V	633,644	см ³
I _u	Максимальный момент инерции	18848,661	см ⁴
I _v	Минимальный момент инерции	6241,19	см ⁴
i _u	Максимальный радиус инерции	13,043	см
i _v	Минимальный радиус инерции	7,505	см
a _{u+}	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	3,768	см
a _{u-}	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	3,768	см
a _{v+}	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	11,417	см
a _{v-}	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	11,417	см
Z ₀	Координата центра изгиба по оси Z	14,9	см

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

1.01.10-2-РПЗ.3

Лист

26

	Параметр	Значение	Единица измерения
P	Периметр	174,31	см
M	Масса 1 м	86,978	кг

Длина элемента 1,41 м



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOY - 2



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOZ - 2

Расстояние между точками раскрепления из плоскости 1,41 м

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	Сейсмика	Особая
	T	$T*M$	T	$T*M$	T		
1	-35,75	0	0	1,18	1,15		

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
п. 8.2.1	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,002
п. 8.2.1	Прочность при действии изгибающего момента M_z	0,079
п. 8.2.1	Прочность при действии поперечной силы Q_y	0,01
п. 8.2.1	Прочность при действии поперечной силы Q_z	0,002
п. 9.1.1	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,172
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,11
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)	0,094
пп. 9.2.2, 9.2.10	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,094
пп. 9.2.9, 9.2.10, 9.3.1, 9.3.2	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,135
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,25
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,144
пп. 7.3.2, 7.3.11, 8.5.1-8.5.8, 9.4.2, 9.4.3, 9.4.9	Предельная гибкость стенки из условия местной устойчивости	0,646
пп. 7.3.8, 7.3.11, 8.5.18, 9.4.7, 9.4.9	Предельная гибкость свеса полки (поясного листа) из условия местной устойчивости	0,726

Коэффициент использования **0,726** - Предельная гибкость свеса полки (поясного листа) из условия местной устойчивости

Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата

1.01.10-2-РПЗ.3

Лист

27

Расчет сварных швов опорной пластины стропильной фермы на надколонник

Так как $\beta_f \cdot R_{wf} = 0.7 \cdot 2.19 = 1.53 < \beta_z \cdot R_{wz} = 1.0 \cdot 2.2 = 2.2$,

дальнейший расчет ведем по металлу шва.

$\beta_f=0.7$, $\beta_z=1.0$ – по табл.39 СП 16.13330.2017 для механизированной сварки при $d < 1.4$;

R_{wf} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу шва по табл. Г.2 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wf} = 215 \text{ Н/мм}^2 = 2.19 \text{ т/см}^2;$$

R_{wz} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу границы сплавления по табл. 4 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wz} = 0.45 \cdot R_{un},$$

где R_{un} – нормативное значение временного сопротивления основного металла, для С355 при толщине от 16 до 40 мм $R_{un} = 490 \text{ Н/мм}^2 = 4.99 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП 16.13330.2017;

$$R_{wz} = 0.45 \cdot 4.99 = 2.2 \text{ т/см}^2,$$

Крепление пластины к надколоннику осуществляется при помощи сварки.

Сварной шов работает на сжатие от действия силы N . Условие прочности имеет вид:

$$\tau_{Nf} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

где:

τ_{Nf} – напряжение в металле шва от действия сжимающей силы;

$$\tau_{Nf} = \frac{N_\phi}{\beta_f \cdot (k_{fp} \cdot l_{wp} + k_{fs} \cdot l_{ws})};$$

N_ϕ – опорная реакция от стропильной фермы.

$k_{fp}=0.8$ см – катет шва по полке;

$k_{fs}=0.6$ см – катет шва по стенке;

$l_{wp}=28$ см – расчетная длина швов в сварном соединении по полкам;

$l_{ws}=46$ см – расчетная длина швов в сварном соединении по стенке;

$$\tau_{Nf} = \frac{35.75}{0.7 \cdot (0.8 \cdot 28 + 0.6 \cdot 46)} = 1.02 \text{ т/см}^2$$

Таким образом:

$$\tau_{Nf} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

$$\tau_{Nf} = 1.02 \text{ т/см}^2 < 2.19 \text{ т/см}^2.$$

Прочность сварного шва крепления опорной пластины стропильной фермы на надколонник обеспечена.

Проверка прочности стенки двутавра на смятие

Условие прочности в соответствии с п.8.5.17 имеет вид

Изм. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата			

$$\sigma = \frac{Q_{\phi}}{(b_p + 2t_p) \cdot s} \leq R_p \cdot \gamma_c$$

$Q_{\phi} = 35.75$ т – опорная реакция стропильной фермы;

$b_p = 20.0$ см – фактическая ширина опорного ребра стропильной фермы;

$t_p = 2.0$ см – толщина опорной пластины;

$s = 0.9$ см – толщина стенки двутавра надколонника;

$$R_p = R_{un} / \gamma_m$$

где R_{un} – нормативное значение временного сопротивления основного металла, для С355 при толщине от 16 до 40 мм $R_{un} = 490$ Н/мм² = 4.99 т/см² – табл. В.3 СП 16.13330.2017;

$\gamma_m = 1.025$ – коэффициент надежности по материалу по табл.3 СП 16.13330.2017

$$R_p = 4.99 / 1.025 = 4.87 \text{ т/см}^2$$

$$\sigma = \frac{35.75}{(20.0 + 2 \cdot 2) \cdot 0.9} = 1.66 < 4.87 \text{ т/см}^2$$

Прочность стенки на смятие обеспечена.

Расчет сварных швов опорной плиты надколонника

Так как $\beta_f \cdot R_{wf} = 0.7 \cdot 2.19 = 1.53 < \beta_z \cdot R_{wz} = 1.0 \cdot 2.2 = 2.2$,

дальнейший расчет ведем по металлу шва.

$\beta_f = 0.7$, $\beta_z = 1.0$ – по табл.39 СП 16.13330.2017 для механизированной сварки при $d < 1.4$;

R_{wf} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу шва по табл. Г.2 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wf} = 215 \text{ Н/мм}^2 = 2.19 \text{ т/см}^2;$$

R_{wz} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу границы сплавления по табл. 4 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wz} = 0.45 \cdot R_{un},$$

где R_{un} – нормативное значение временного сопротивления основного металла, для С355 при толщине от 16 до 40 мм $R_{un} = 490$ Н/мм² = 4.99 т/см² – табл. В.3 СП 16.13330.2017;

$$R_{wz} = 0.45 \cdot 4.99 = 2.2 \text{ т/см}^2,$$

Крепление плиты к надколоннику осуществляется при помощи сварки.

Сварной шов работает на усилия в надколоннике. Условие прочности имеет вид:

$$\tau_f = \sqrt{(\tau_{Nf} + \tau_{Mf})^2 + (\tau_{Qf})^2} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

где:

τ_{Nf} – напряжение в металле шва от действия продольной силы;

τ_{Qf} – напряжение в металле шва от действия поперечной силы;

τ_{Mf} – напряжение в металле шва от действия момента;

$$\tau_{Nf} = \frac{N_f}{\beta_f \cdot (k_{fp} \cdot l_{wp} + k_{fs} \cdot l_{ws})};$$

Изм. № докл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
			1.01.10-2-РПЗ.3						
Изм.	№ уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата				

$$\tau_{Qf} = \frac{Q_f \cdot S^{отс}}{I_f \cdot 2k_{fs}};$$

$$\tau_{Mf} = \frac{M_f}{W_f};$$

N_f, Q_f, M_f , – силы, действующие на сварной шов, равные усилиям в надколоннике:

$$N_f = -35.75 \text{ т};$$

$$M_f = 1.18 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_f = 1,15 \text{ т};$$

$S^{отс}$ – статический момент отсеченной части расчетного сечения сварного шва ($S^{отс} = 338.3 \text{ см}^3$);

I_f – момент инерции расчетного сечения сварного шва по металлу шва (при $\beta_f = 0.7$, $I_f = 4992.1 \text{ см}^4$);

W_f – момент сопротивления расчетного сечения сварного шва по металлу шва (при $\beta_f = 0.7$, $W_f = 333.9 \text{ см}^3$);

$k_{fp} = 0.8 \text{ см}$ – катет шва по полке;

$k_{fs} = 0.6 \text{ см}$ – катет шва по стенке;

$l_{wp} = 110 \text{ см}$ – расчетная длина швов в сварном соединении по полкам;

$l_{ws} = 46 \text{ см}$ – расчетная длина швов в сварном соединении по стенке;

$$\tau_{Nf} = \frac{35.75}{0.7 \cdot (0.8 \cdot 110 + 0.6 \cdot 46)} = 0.44 \text{ т/см}^2$$

$$\tau_{Qf} = \frac{1.15 \cdot 338.3}{4992.1 \cdot 2 \cdot 0.8} = 0.05 \text{ т/см}^2$$

$$\tau_{Mf} = \frac{1.18}{333.9} = 0.36 \text{ т/см}^2;$$

Таким образом:

$$\tau_f = \sqrt{(\tau_{Nf} + \tau_{Mf})^2 + \tau_{Qf}^2} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

$$\tau_f = \sqrt{(0.44 + 0.36)^2 + 0.05^2} = 0.81 \text{ т/см}^2 < 2.19 \text{ т/см}^2.$$

Прочность сварного шва крепления опорной пластины обеспечена.

Расчет опорной плиты надколонника

Плита работает на изгиб как пластинка, опертая на торец надколонника и нагруженная равномерно-распределенным реактивным давлением железобетонной колонны:

$$q = \frac{N_{оп}}{B_{пл} \cdot L_{пл}};$$

где:

$N_{оп}$ – сжимающая сила, передающаяся от надколонника на опору;

$B_{пл} = 33 \text{ см}$ – ширина опорной плиты;

$L_{пл} = 33 \text{ см}$ – длина опорной плиты;

$$N_{оп} = N + \frac{M}{L_{пл}} = 35.75 + \frac{1,18}{0,33} = 39.33 \text{ т}.$$

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
			Изм.	№уч.	Лист.	№док.		Подп.

4. РАСЧЕТ НАДКОЛОННИКА НК2

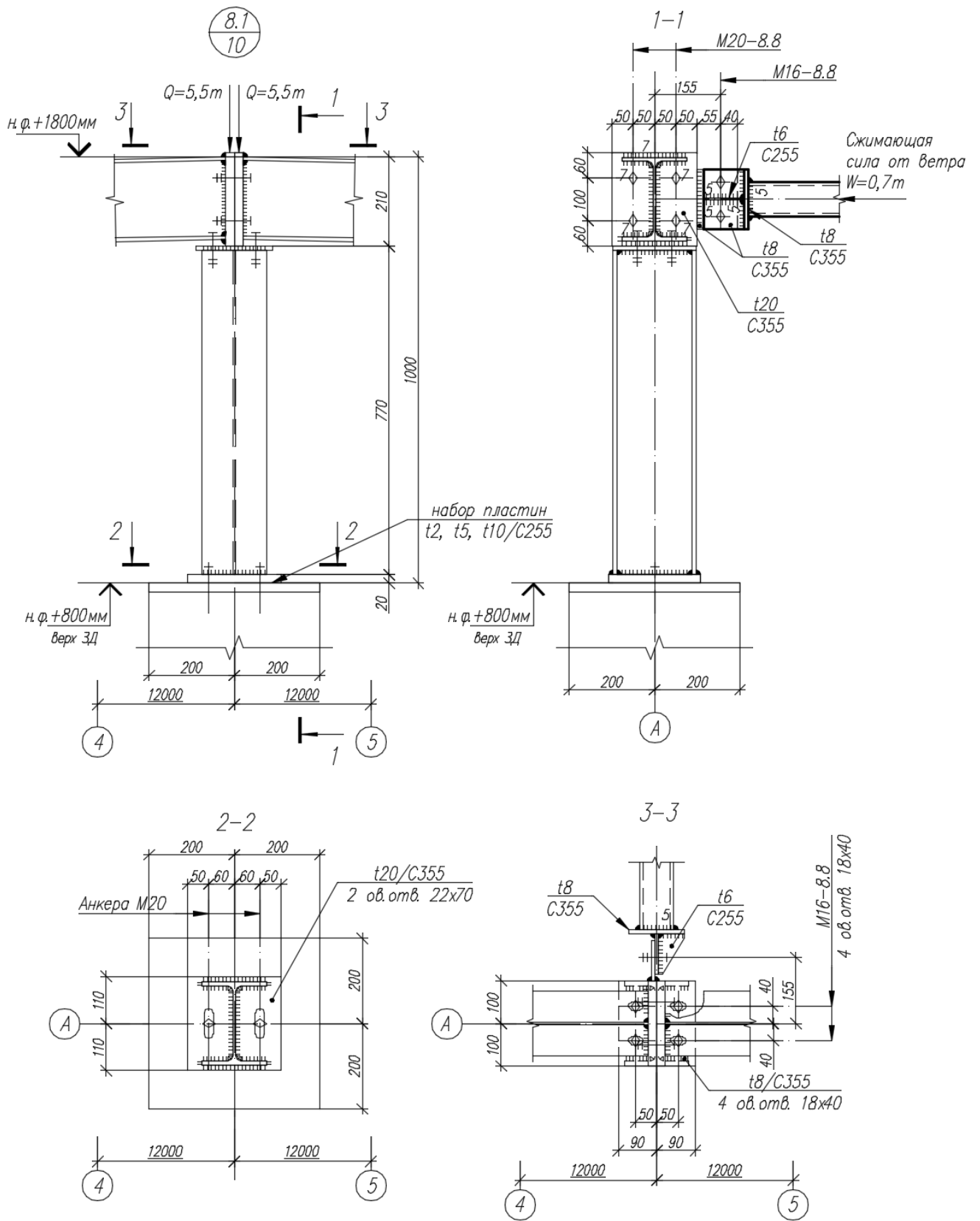


Рис. 4.1 Надколонник НК2.

Инв. №подл.	Взам. инв. №
Изм.	Подп. и дата
№уч.	Имя, Подп. и дата
Лист. № док.	Имя, Подп. и дата
Подп.	Имя, Подп. и дата
Дата	Имя, Подп. и дата

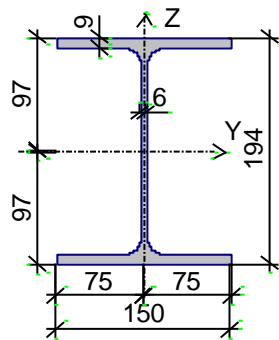
1.01.10-2-РПЗ.3

Лист

32

Неупругая работа сечения не допускается
Работа сечения с неустойчивой стенкой не допускается

Сечение



Профиль: Двутавр балочный широкополочный по ГОСТ Р 57837-2017 20Ш1

Геометрические характеристики

	Параметр	Значение	Единица измерения
A	Площадь поперечного сечения	39,01	см ²
A _{v,y}	Условная площадь среза вдоль оси U	18,784	см ²
A _{v,z}	Условная площадь среза вдоль оси V	10,72	см ²
α	Угол наклона главных осей инерции	0	град
I _y	Момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельной оси Y	2689,74	см ⁴
I _z	Момент инерции относительно центральной оси Z1 параллельной оси Z	507,16	см ⁴
I _t	Момент инерции при свободном кручении	11,015	см ⁴
I _w	Секториальный момент инерции	43393,876	см ⁶
i _y	Радиус инерции относительно оси Y1	8,304	см
i _z	Радиус инерции относительно оси Z1	3,606	см
Y _s	Расстояние между центром тяжести и центром сдвига вдоль оси Y	0	см
Z _s	Расстояние между центром тяжести и центром сдвига вдоль оси Z	0	см
W _{u+}	Максимальный момент сопротивления относительно оси U	277,293	см ³
W _{u-}	Минимальный момент сопротивления относительно оси U	277,293	см ³
W _{v+}	Максимальный момент сопротивления относительно оси V	67,621	см ³
W _{v-}	Минимальный момент сопротивления относительно оси V	67,621	см ³
W _{pl,u}	Пластический момент сопротивления относительно оси U	308,559	см ³
W _{pl,v}	Пластический момент сопротивления относительно оси V	103,69	см ³
I _u	Максимальный момент инерции	2689,74	см ⁴
I _v	Минимальный момент инерции	507,16	см ⁴
i _u	Максимальный радиус инерции	8,304	см
i _v	Минимальный радиус инерции	3,606	см
a _{u+}	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	1,733	см
a _{u-}	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	1,733	см

Изм.	№уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

1.01.10-2-РПЗ.3

Лист

34

	Параметр	Значение	Единица измерения
a_{v+}	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	7,108	см
a_{v-}	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	7,108	см
Z_b	Координата центра изгиба по оси Z	9,7	см
P	Периметр	95,368	см
M	Масса 1 м	30,623	кг

Длина элемента 0,79 м



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOY - 2



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOZ - 2

Расстояние между точками раскрепления из плоскости 0,79 м

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	Сейсмика	Особая
	T	T*M	T	T*M	T		
1	-11	0,2	0,7	0	0		

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
п. 8.2.1	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,019
п. 8.2.1	Прочность при действии изгибающего момента M_z	0,038
п. 8.2.1	Прочность при действии поперечной силы Q_y	0,002
п. 8.2.1	Прочность при действии поперечной силы Q_z	0,029
п. 9.1.1	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,13
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,095
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)	0,075
пп. 9.2.2, 9.2.10	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,089
пп. 9.2.9, 9.2.10, 9.3.1, 9.3.2	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,108
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,292
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,127
пп. 7.3.2, 7.3.11, 8.5.1-8.5.8, 9.4.2, 9.4.3, 9.4.9	Предельная гибкость стенки из условия местной устойчивости	0,767
пп. 7.3.8, 7.3.11, 8.5.18, 9.4.7, 9.4.9	Предельная гибкость свеса полки (поясного листа) из условия местной устойчивости	0,519

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. №подл.	

Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата	1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
							35

Коэффициент использования по всему пакету комбинаций **0,767** – Предельная гибкость стенки из условия местной устойчивости.

Отчет сформирован 2023.05.30 13:14:15 (UTC+03:00) программой Кристалл (64-бит), версия: 21.1.9.9 от 16.04.2021

Расчет сварных швов опорной пластины балок Бтб/6 на надколонник

Так как $\beta_f \cdot R_{wf} = 0.7 \cdot 2.19 = 1.53 < \beta_z \cdot R_{wz} = 1.0 \cdot 2.2 = 2.2$,
дальнейший расчет ведем по металлу шва.

$\beta_f=0.7$, $\beta_z=1.0$ – по табл.39 СП 16.13330.2017 для механизированной сварки при $d < 1.4$;
 R_{wf} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу шва по табл. Г.2 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wf} = 215 \text{ Н/мм}^2 = 2.19 \text{ т/см}^2;$$

R_{wz} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу границы сплавления по табл. 4 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wz} = 0.45 \cdot R_{un},$$

где R_{un} – нормативное значение временного сопротивления основного металла, для С355 при толщине от 2 до 16 мм $R_{un} = 490 \text{ Н/мм}^2 = 4.99 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП 16.13330.2017;

$$R_{wz} = 0.45 \cdot 4.99 = 2.2 \text{ т/см}^2,$$

Крепление пластины к надколоннику осуществляется при помощи сварки.

Сварной шов работает на сжатие от действия силы N . Условие прочности имеет вид:

$$\tau_{Nf} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

где:

τ_{Nf} – напряжение в металле шва от действия сжимающей силы;

$$\tau_{Nf} = \frac{N_\phi}{\beta_f \cdot (k_{fp} \cdot l_{wp} + k_{fs} \cdot l_{ws})};$$

N_ϕ – опорная реакция от балок Бтб/6;

$k_{fp} = 0.8$ см – катет шва по полке;

$k_{fs} = 0.6$ см – катет шва по стенке;

$l_{wp} = 24$ см – расчетная длина швов в сварном соединении по полкам;

$l_{ws} = 30$ см – расчетная длина швов в сварном соединении по стенке;

$$\tau_{Nf} = \frac{11}{0.7 \cdot (0.8 \cdot 24 + 0.6 \cdot 30)} = 0.42 \text{ т/см}^2$$

Таким образом:

$$\tau_{Nf} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

$$\tau_{Nf} = 0.42 \text{ т/см}^2 < 2.19 \text{ т/см}^2.$$

Прочность сварного шва крепления опорной пластины балок Бтб/6 на надколонник обеспечена.

Изм. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата	1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
							36

Проверка прочности стенки двутавра на смятие

Условие прочности в соответствии с п.8.5.17 имеет вид

$$\sigma = \frac{Q_B}{b \cdot s} \leq R_p \cdot \gamma_c$$

$Q_B = 11$ т – опорная реакция балок Бтб/б;

$b = 17.6$ см – фактическая ширина части опорного ребра балок Бтб/б;

приходящаяся на стенку двутавра;

$s = 0.6$ см – толщина стенки двутавра надколонника;

$$R_p = R_{un} / \gamma_m$$

где R_{un} – нормативное значение временного сопротивления основного металла, для С355 при толщине от 16 до 40 мм $R_{un} = 490$ Н/мм² = 4.99 т/см² – табл. В.3 СП 16.13330.2017;

$\gamma_m = 1.025$ – коэффициент надежности по материалу по табл.3 СП 16.13330.2017

$$R_p = 4.99 / 1.025 = 4.87 \text{ т/см}^2$$

$$\sigma = \frac{11}{17.6 \cdot 0.6} = 1.04 < 4.87 \text{ т/см}^2$$

Прочность стенки на смятие обеспечена.

Расчет сварных швов опорной плиты надколонника

Так как $\beta_f \cdot R_{wf} = 0.7 \cdot 2.19 = 1.53 < \beta_z \cdot R_{wz} = 1.0 \cdot 2.2 = 2.2$,

дальнейший расчет ведем по металлу шва.

$\beta_f = 0.7$, $\beta_z = 1.0$ – по табл.39 СП 16.13330.2017 для механизированной сварки при $d < 1.4$;

R_{wf} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу шва по табл. Г.2 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wf} = 215 \text{ Н/мм}^2 = 2.19 \text{ т/см}^2;$$

R_{wz} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу границы сплавления по табл. 4 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wz} = 0.45 \cdot R_{un}$$

где R_{un} – нормативное значение временного сопротивления основного металла, для С355 при толщине от 16 до 40 мм $R_{un} = 490$ Н/мм² = 4.99 т/см² – табл. В.3 СП 16.13330.2017;

$$R_{wz} = 0.45 \cdot 4.99 = 2.2 \text{ т/см}^2,$$

Крепление плиты к надколоннику осуществляется при помощи сварки.

Сварной шов работает на усилия в надколоннике. Условие прочности имеет вид:

$$\tau_f = \sqrt{(\tau_{Nf} + \tau_{Mf})^2 + (\tau_{Qf})^2} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

где:

τ_{Nf} – напряжение в металле шва от действия продольной силы;

τ_{Qf} – напряжение в металле шва от действия поперечной силы;

τ_{Mf} – напряжение в металле шва от действия момента;

Изм. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
			Изм.	№уч.	Лист.	№док.		Подп.

$$\tau_{Nf} = \frac{N_f}{\beta_f \cdot (k_{fp} \cdot l_{wp} + k_{fs} \cdot l_{ws})};$$

$$\tau_{Qf} = \frac{Q_f \cdot S^{отс}}{I_f \cdot 2k_{fs}};$$

$$\tau_{Mf} = \frac{M_f}{W_f};$$

N_f, Q_f, M_f , – силы, действующие на сварной шов, равные усилиям в надколоннике:

$$N_f = -11 \text{ т};$$

$$M_f = 0.2 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_f = 0,7 \text{ т};$$

$S^{отс}$ – статический момент отсеченной части расчетного сечения сварного шва ($S^{отс} = 256.4 \text{ см}^3$);

I_f – момент инерции расчетного сечения сварного шва по металлу шва (при $\beta_f = 0.7$, $I_f = 5075.9 \text{ см}^4$);

W_f – момент сопротивления расчетного сечения сварного шва по металлу шва (при $\beta_f = 0.7$, $W_f = 523.3 \text{ см}^3$);

$k_{fp} = 0.8 \text{ см}$ – катет шва по полке;

$k_{fs} = 0.6 \text{ см}$ – катет шва по стенке;

$l_{wp} = 54.6 \text{ см}$ – расчетная длина швов в сварном соединении по полкам;

$l_{ws} = 31.6 \text{ см}$ – расчетная длина швов в сварном соединении по стенке;

$$\tau_{Nf} = \frac{11}{0.7 \cdot (0.8 \cdot 54.6 + 0.6 \cdot 31.6)} = 0.25 \text{ т/см}^2$$

$$\tau_{Qf} = \frac{0.7 \cdot 256.4}{5075.9 \cdot 2 \cdot 0.6} = 0.03 \text{ т/см}^2$$

$$\tau_{Mf} = \frac{0.2}{523.3} = 0.04 \text{ т/см}^2;$$

Таким образом:

$$\tau_f = \sqrt{(\tau_{Nf} + \tau_{Mf})^2 + \tau_{Qf}^2} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

$$\tau_f = \sqrt{(0.25 + 0.04)^2 + 0.03^2} = 0,29 \text{ т/см}^2 < 2.19 \text{ т/см}^2.$$

Прочность сварного шва крепления опорной пластины обеспечена.

Расчет опорной плиты надколонника

Плита работает на изгиб как пластинка, опертая на торец надколонника и нагруженная равномерно-распределенным реактивным давлением железобетонной колонны:

$$q = \frac{N_{оп}}{B_{пл} \cdot L_{пл}};$$

где:

$N_{оп}$ – сжимающая сила, передающаяся от надколонника на опору;

$B_{пл} = 22 \text{ см}$ – ширина опорной плиты;

$L_{пл} = 22 \text{ см}$ – длина опорной плиты;

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					Лист
			1.01.10-2-РПЗ.3				
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата		

$$N_{оп} = N + \frac{M}{L_{пл}} = 11 + \frac{0.2}{0.22} = 11,91 \text{ т.}$$

Таким образом:

$$q = \frac{11,91}{0,22 \cdot 0,22} = 246 \text{ т/м}^2.$$

Опорные плиты
Расчет выполнен по СП 16.13330.2017

Общие характеристики

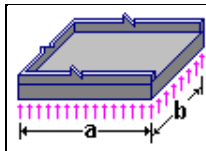
Сталь: С355

Группа конструкций по приложению В СП 16.13330 3

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент условий работы 1,2

Расчёт на изгиб части плиты, опертой по трем сторонам:

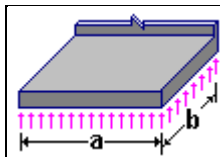


a = 0,107 м
b = 0,176 м
Толщина плиты = 2 см
Нагрузка 246 Т/м²

Результаты расчета

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	по прочности плиты на изгиб	0,209

Расчёт на изгиб части плиты, работающей как консоль:



a = 0,22 м
b = 0,013 м
Толщина плиты = 2 см
Нагрузка 246 Т/м²

Результаты расчета

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	по прочности плиты на изгиб	0,007

Коэффициент использования **0,209** – по прочности плиты на изгиб.

Отчет сформирован 2023.05.26 12:31:27 (UTC+03:00) программой Кристалл (64-бит), версия: 21.19.9 от 16.04.2021

Прочность опорной плиты обеспечена.

Взам.инв.№
Подп. и дата
Инв.№подл.

						1.01.10-2-РПЗ.3	Лист 39
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата		

Исходные данные:

Надколонник:

- сечение – двутавр 20Ш1;
- сталь надколонника С390 $R_y=380/9.81/1000*100=3.87 \text{ т/см}^2$ – табл. В.5 СП 16.13330.2017 (при толщине проката от 0,5 до 10мм).

Опорная пластина балок Бт6/6 на надколонник:

- сечение – $t=8$;
- сталь – С355 $R_y=350/9.81/1000*100=3.566 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП 16.13330.2017 (при толщине проката от 2 до 16мм).

Опорная плита:

- сечение – $t=20$;
- сталь – С355 $R_y=340/9.81/1000*100=3.466 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП 16.13330.2017 (при толщине проката от 16 до 40мм).

Болты:

- болты крепления – М16 класса прочности 8.8, класса точности В.

Опорные реакции, приняты по ведомости элементов (чертежи шифр 1.01.10-2-КМ):

- Опорная реакция от балки Бт6/3: $Q_B = 18 \text{ т}$;
- Ветровая нагрузка $W = 0.7 \text{ т}$.

Усилия, возникающие при наихудшем сочетании нагрузок:

- $N = -Q_B = -13 \text{ т}$;
- $M_y = M_W = 0.2 \text{ т} \cdot \text{м}$;
- $Q_x = Q_W = 0.7 \text{ т}$;
- $M_x = Q_B \cdot e = 13 \cdot 0.09 = 1.17 \text{ т} \cdot \text{м}$;
- $Q_y = 0 \text{ т}$.

Сопротивление сечений

Расчет выполнен по СП 16.13330.2017 с изменениями №1,2

Общие характеристики

Сталь: С390

Группа конструкций по приложению В СП 16.13330 3

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент условий работы 1

Предельная гибкость для сжатых элементов: 180 – 60а

Предельная гибкость для растянутых элементов: 300

Дополнительные коэффициенты условий работы

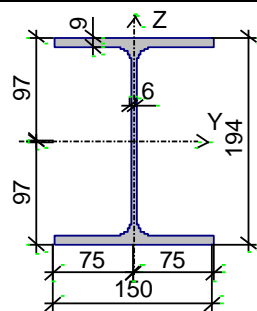
Коэффициент понижающий расчетное сопротивление

1

Взам. инв. №						
	Подп. и дата					
Инв. №подл.						
	Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата
1.01.10-2-РПЗ.3						Лист
						41

Неупругая работа сечения не допускается
Работа сечения с неустойчивой стенкой не допускается

Сечение



Профиль: Двутавр балочный широкополочный по ГОСТ Р 57837-2017 20Ш1

Геометрические характеристики

	Параметр	Значение	Единица измерения
A	Площадь поперечного сечения	39,01	см ²
A _{v,y}	Условная площадь среза вдоль оси U	18,784	см ²
A _{v,z}	Условная площадь среза вдоль оси V	10,72	см ²
αα	Угол наклона главных осей инерции	0	град
I _y	Момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельной оси Y	2689,74	см ⁴
I _z	Момент инерции относительно центральной оси Z1 параллельной оси Z	507,16	см ⁴
I _t	Момент инерции при свободном кручении	11,015	см ⁴
I _w	Секториальный момент инерции	43393,876	см ⁶
i _y	Радиус инерции относительно оси Y1	8,304	см
i _z	Радиус инерции относительно оси Z1	3,606	см
Y _s	Расстояние между центром тяжести и центром сдвига вдоль оси Y	0	см
Z _s	Расстояние между центром тяжести и центром сдвига вдоль оси Z	0	см
W _{u+}	Максимальный момент сопротивления относительно оси U	277,293	см ³
W _{u-}	Минимальный момент сопротивления относительно оси U	277,293	см ³
W _{v+}	Максимальный момент сопротивления относительно оси V	67,621	см ³
W _{v-}	Минимальный момент сопротивления относительно оси V	67,621	см ³
W _{pl,u}	Пластический момент сопротивления относительно оси U	308,559	см ³
W _{pl,v}	Пластический момент сопротивления относительно оси V	103,69	см ³
I _u	Максимальный момент инерции	2689,74	см ⁴
I _v	Минимальный момент инерции	507,16	см ⁴
i _u	Максимальный радиус инерции	8,304	см
i _v	Минимальный радиус инерции	3,606	см
a _{u+}	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	1,733	см
a _{u-}	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	1,733	см
a _{v+}	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	7,108	см
a _{v-}	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	7,108	см
Z _b	Координата центра изгиба по оси Z	9,7	см

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

1.01.10-2-РПЗ.3

Лист

42

	Параметр	Значение	Единица измерения
P	Периметр	95,368	см
M	Масса 1 м	30,623	кг

Длина элемента 0,685 м



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOY - 2



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOZ - 2

Расстояние между точками раскрепления из плоскости 0,685 м

	N	M _y	Q _z	M _z	Q _y	Сейсмика	Особая
	T	T*м	T	T*м	T		
1	-13	0,2	0,7	1,17	0		

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
п. 8.2.1	Прочность при действии изгибающего момента M _y	0,019
п. 8.2.1	Прочность при действии изгибающего момента M _z	0,618
п. 8.2.1	Прочность при действии поперечной силы Q _y	0,002
п. 8.2.1	Прочность при действии поперечной силы Q _z	0,029
п. 9.1.1	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,756
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,148
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)	0,122
пп. 9.2.2, 9.2.10	Устойчивость в плоскости действия момента M _y при внецентренном сжатии	0,135
пп. 9.2.9, 9.2.10, 9.3.1, 9.3.2	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,537
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,253
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,11
пп. 7.3.2, 7.3.11, 8.5.1-8.5.8, 9.4.2, 9.4.3, 9.4.9	Предельная гибкость стенки из условия местной устойчивости	0,781
пп. 7.3.8, 7.3.11, 8.5.18, 9.4.7, 9.4.9	Предельная гибкость свеса полки (поясного листа) из условия местной устойчивости	0,541

Коэффициент использования по всему пакету комбинаций **0,781** - Предельная гибкость стенки из условия местной устойчивости

Изм. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата	1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
							43

Расчет сварных швов опорной пластины балки Бтб/З на надколонник

Так как $\beta_f \cdot R_{wf} = 0.7 \cdot 2.19 = 1.53 < \beta_z \cdot R_{wz} = 1.0 \cdot 2.2 = 2.2$,

дальнейший расчет ведем по металлу шва.

$\beta_f=0.7$, $\beta_z=1.0$ – по табл.39 СП 16.13330.2017 для механизированной сварки при $d < 1.4$;

R_{wf} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу шва по табл. Г.2 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wf} = 215 \text{ Н/мм}^2 = 2.19 \text{ т/см}^2;$$

R_{wz} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу границы сплавления по табл. 4 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wz} = 0.45 \cdot R_{un},$$

где R_{un} – нормативное значение временного сопротивления основного металла, для С355 при толщине от 2 до 16 мм $R_{un} = 490 \text{ Н/мм}^2 = 4.99 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП 16.13330.2017;

$$R_{wz} = 0.45 \cdot 4.99 = 2.2 \text{ т/см}^2,$$

Крепление пластины к надколоннику осуществляется при помощи сварки.

Сварной шов работает на сжатие от действия силы N. Условие прочности имеет вид:

$$\tau_{Nf} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

где:

τ_{Nf} – напряжение в металле шва от действия сжимающей силы;

$$\tau_{Nf} = \frac{N_\phi}{\beta_f \cdot (k_{fp} \cdot l_{wp} + k_{fs} \cdot l_{ws})};$$

N_ϕ – опорная реакция от балки Бтб/З.

$k_{fp}=0.8$ см – катет шва по полке;

$k_{fs}=0.6$ см – катет шва по стенке;

$l_{wp}=24$ см – расчетная длина швов в сварном соединении по полкам;

$l_{ws}=30$ см – расчетная длина швов в сварном соединении по стенке;

$$\tau_{Nf} = \frac{13}{0.7 \cdot (0.8 \cdot 24 + 0.6 \cdot 30)} = 0.5 \text{ т/см}^2$$

Таким образом:

$$\tau_{Nf} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

$$\tau_{Nf} = 0.5 \text{ т/см}^2 < 2.19 \text{ т/см}^2.$$

Прочность сварного шва крепления опорной пластины балок Бтб/З на надколонник обеспечена.

Расчет сварных швов опорной плиты надколонника

Так как $\beta_f \cdot R_{wf} = 0.7 \cdot 2.19 = 1.53 < \beta_z \cdot R_{wz} = 1.0 \cdot 2.2 = 2.2$,

дальнейший расчет ведем по металлу шва.

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
								44
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата			

$\beta_f=0.7, \beta_z=1.0$ – по табл.39 СП 16.13330.2017 для механизированной сварки при $d<1.4$;
 R_{wf} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу шва по табл. Г.2 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wf}=215 \text{ Н/мм}^2=2.19 \text{ т/см}^2;$$

R_{wz} – расчетное сопротивление металла шва срезу по металлу границы сплавления по табл. 4 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г2С

$$R_{wz}=0.45 \cdot R_{un},$$

где R_{un} – нормативное значение временного сопротивления основного металла, для С355 при толщине от 16 до 40 мм $R_{un} = 490 \text{ Н/мм}^2 = 4.99 \text{ т/см}^2$ – табл. В.3 СП 16.13330.2017;

$$R_{wz}=0.45 \cdot 4.99 = 2.2 \text{ т/см}^2,$$

Крепление плиты к надколоннику осуществляется при помощи сварки.

Сварной шов работает на усилия в надколоннике. Условие прочности имеет вид:

$$\tau_f = \sqrt{(\tau_{Nf} + \tau_{Mf})^2 + (\tau_{Qf})^2} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

где:

τ_{Nf} – напряжение в металле шва от действия продольной силы;

τ_{Qf} – напряжение в металле шва от действия поперечной силы;

τ_{Mf} – напряжение в металле шва от действия момента;

$$\tau_{Nf} = \frac{N_f}{\beta_f \cdot (k_{fp} \cdot l_{wp} + k_{fs} \cdot l_{ws})};$$

$$\tau_{Qf} = \frac{Q_f \cdot S^{отс}}{I_f \cdot 2k_{fs}};$$

$$\tau_{Mf} = \frac{M_{fx}}{W_{fx}} + \frac{M_{fy}}{W_{fy}};$$

N_f, Q_f, M_{fx}, M_{fy} – силы, действующие на сварной шов, равные усилиям в надколоннике:

$$N_f = -13 \text{ т};$$

$$M_{fx} = 0.2 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$M_{fy} = 1.17 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_f = 0,7 \text{ т};$$

$S^{отс}$ – статический момент отсеченной части расчетного сечения сварного шва ($S^{отс} = 256,4 \text{ см}^3$);

I_f – момент инерции расчетного сечения сварного шва по металлу шва (при $\beta_f = 0.7, I_f = 5075.9 \text{ см}^4$);

W_{fx} – момент сопротивления расчетного сечения сварного шва по металлу шва (при $\beta_f = 0.7, W_{fx} = 523.3 \text{ см}^3$);

W_{fy} – момент сопротивления расчетного сечения сварного шва по металлу шва (при $\beta_f = 0.7, W_{fy} = 71.4 \text{ см}^3$);

$k_{fp}=0.8 \text{ см}$ – катет шва по полке;

$k_{fs}=0.6 \text{ см}$ – катет шва по стенке;

$l_{wp}=54.6 \text{ см}$ – расчетная длина швов в сварном соединении по полкам;

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
								45
Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата			

$l_{ws}=31.6$ см – расчетная длина швов в сварном соединении по стенке;

$$\tau_{Nf} = \frac{13}{0.7 \cdot (0.8 \cdot 54.6 + 0.6 \cdot 31.6)} = 0.3 \text{ т/см}^2$$

$$\tau_{Qf} = \frac{0.7 \cdot 256.4}{5075.9 \cdot 2 \cdot 0.6} = 0.03 \text{ т/см}^2$$

$$\tau_{Mf} = \frac{0.2}{523.3} + \frac{1.17}{71.4} = 1.68 \text{ т/см}^2;$$

Таким образом:

$$\tau_f = \sqrt{(\tau_{Nf} + \tau_{Mf})^2 + \tau_{Qf}^2} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$$

$$\tau_f = \sqrt{(0.3 + 1.68)^2 + 0.03^2} = 1.97$$

$$1.97 \text{ т/см}^2 < 2.19 \text{ т/см}^2.$$

Прочность сварного шва крепления опорной пластины обеспечена.

Расчет опорной плиты надколонника

Плита работает на изгиб как пластинка, опертая на торец надколонника и нагруженная равномерно-распределенным реактивным давлением железобетонной колонны:

$$q = \frac{N_{оп}}{B_{пл} \cdot L_{пл}};$$

где:

$N_{оп}$ – сжимающая сила, передающаяся от надколонника на опору;

$B_{пл} = 33$ см – ширина опорной плиты;

$L_{пл} = 33$ см – длина опорной плиты;

$$N_{оп} = N + \frac{M}{L_{пл}} = 13 + \frac{\sqrt{0.2^2 + 1.17^2}}{0.22} = 18,39 \text{ т.}$$

Таким образом:

$$q = \frac{18,39}{0,22 \cdot 0,22} = 380 \text{ т/м}^2.$$

Опорные плиты

Расчет выполнен по СП 16.13330.2017 с изменениями №1,2

Общие характеристики

Сталь: С355

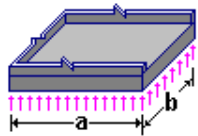
Группа конструкций по приложению В СП 16.13330 3

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент условий работы 1,2

Расчёт на изгиб части плиты, опертой по трем сторонам:

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	1.01.10-2-РПЗ.3						Лист
									46
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата				

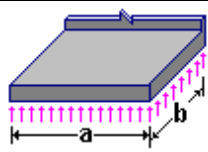


$a = 0,107 \text{ м}$
 $b = 0,176 \text{ м}$
 Толщина плиты = 2 см
 Нагрузка 380 Т/м^2

Результаты расчета

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	по прочности плиты на изгиб	0,323

Расчёт на изгиб части плиты, работающей как консоль:



$a = 0,22 \text{ м}$
 $b = 0,013 \text{ м}$
 Толщина плиты = 2 см
 Нагрузка 380 Т/м^2

Результаты расчета

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	по прочности плиты на изгиб	0,012

Коэффициент использования **0,323** – по прочности плиты на изгиб.

Отчет сформирован 2023.05.31 10:47:21 (UTC+03:00) программой Кристалл (64-бит), версия: 21.1.9.9 от 16.04.2021

Прочность опорной плиты обеспечена.

Иньв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата	1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
							47

6. ВЫВОДЫ

Анализ результатов расчёта для рассмотренных узлов и соединений, а также сопоставление их с исходными данными для рассматриваемых фрагментов позволяет сделать следующие выводы:

1) Проверка узлов и соединений для конструкций надколонников показала, что назначенные сечения являются достаточными для восприятия всех видов нагрузок и воздействий, предусмотренных Альбомом. В корректировке параметров сечений элементов, принятых в Альбоме, по результатам расчёта узлов и соединений нет необходимости.

2) Несущая способность запроектированных в Альбоме узлов и соединений является достаточной для восприятия всех видов нагрузок и воздействий, предусмотренных Альбомом, и удовлетворяет всем требованиям по прочности и устойчивости. В корректировке принятых в Альбоме параметров узлов и соединений нет необходимости.

3) Принятые в Альбоме решения по узлам и соединениям конструкций покрытия обеспечивают возможность и доступность изготовления и провоза, а также проведения сборки и монтажа конструкций.

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
			1.01.10-2-РПЗ.3						
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата				

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

[1] ГОСТ 27751-2014 «Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения», Москва: Стандартинформ, 2015.

[2] СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями №1,2)», Москва: Минстрой России, 2016.

[3] СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-0-81*», Москва: Минстрой России, 2017.

[4] СП 294.1325800.2017 «Конструкции стальные. Правила проектирования», Москва: Минстрой России, 2017.

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					1.01.10-2-РПЗ.3	Лист
			Изм.	№уч.	Лист.	№док.		Подп.