

**Расчётно—пояснительная записка к Альбому
чертежей: «Конструкции покрытия из замкнутых гнутосварных
профилей с верхним поясом из прокатного двутавра пролетом 18м,
24м. Уклон кровли 10%».**

**1.01.08-У10-1-РПЗ.3
Расчёт узлов конструкций покрытия.**

Том 3. Расчет надколонников.

2023

Изм. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ	3
1. Расчет надколонника Нк1.1.....	4
2. Расчет надколонника НК1.....	14
3. Расчет надколонника НК1а	24
4. Расчет надколонника НК2	32
5. Расчет надколонника НК2а.....	40
6. ВЫВОДЫ.....	48
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:	49

Инв. №подл.		Подп. и дата		Взам. инв. №		1.01.08-У10-1-РПЗ.3						Лист
												2
Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата							

ВВЕДЕНИЕ

Данный документ представляет собой расчётно-пояснительную записку к Альбому чертежей: «Конструкции покрытия из замкнутых гнутосварных профилей с верхним поясом из прокатного двутавра пролетом 18м, 24м. Уклон кровли 10%», содержащую основные результаты расчётно-графических работ по:

- проверке назначенных сечений основным конструкциям покрытия, при двусторонней работе связей покрытия;
- проверке назначенных сечений и толщин элементов в узлах конструкций покрытия, при двусторонней работе связей покрытия;

Расчётно-графические работы выполнены на основании исходных данных представленных Заказчиком и технических нормативных правовых актов действующих на территории РФ.

Основными исходными данными, учтёнными в данной работе, являются:

- Техническое задание, Приложение №1 к договору №16-03/23-Р от 16.03.2023 (далее по тексту – Техническое задание);
- Альбом: «Конструкции покрытия из замкнутых гнутосварных профилей с верхним поясом из прокатного двутавра пролетом 18м, 24м. Уклон кровли 10%». Шифр–1.01.08-У10-1-КМ (далее по тексту Альбом).

Целями настоящей работы являются:

- проверка сконструированных узлов и соединений стропильных ферм, подстропильных ферм, подстропильных балок, торцевых балок, связей и надколонников;
- определение несущей способности узлов и соединений элементов покрытия.

Расчётно-графические работы выполнялись на базе пространственных расчётных моделей, сформированных для характерных расчётных фрагментов. Усилия и опорные реакции в элементах взяты из Альбома, а также расчётных моделей, выполненных в программном комплексе ПК «ЛИРА-САПР».

Дальнейший расчет произведен согласно СП 16.13330.2017 “Стальные конструкции” (далее СП 16), СП 294.1325800.2017 “Конструкции стальные. Правила проектирования.” (далее СП 294).

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	конструкции" (далее СП 16), СП 294.1325800.2017 "Конструкции стальные. Правила проектирования." (далее СП 294).					
						1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист	
							3	
Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата			

1. РАСЧЕТ НАДКОЛОННИКА НК1.1.

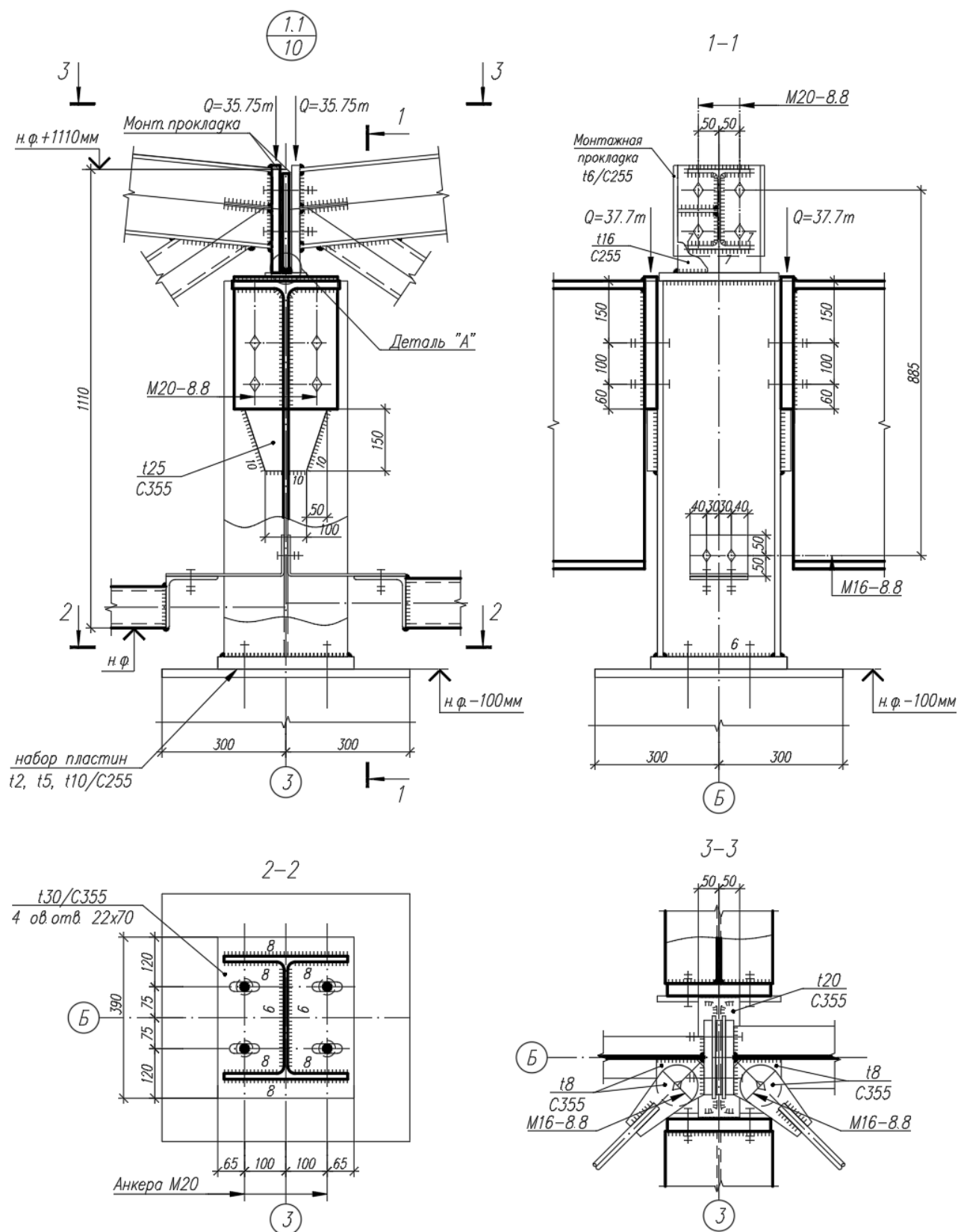


Рис. 1.1 Надколонтник НК1.1.

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №				
Изм.	№уч.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	Лист
						4

1.01.08-У10-1-РПЗ.3

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 1.01.08-У10-1-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

Взам. инв. №	<div>Сопроотивление сечений</div> <div>Расчет выполнен по СП 16.13330.2017</div>					
	<div>Общие характеристики</div> <div>Сталь: С355</div> <div>Группа конструкций по приложению В СП 16.13330 3</div> <div>Коэффициент надежности по ответственности 1</div>					
Подп. и дата						
Инв. №подл.						
						Лист
						5
Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата	

Коэффициент условий работы 1

Предельная гибкость для сжатых элементов: 180 – 60□

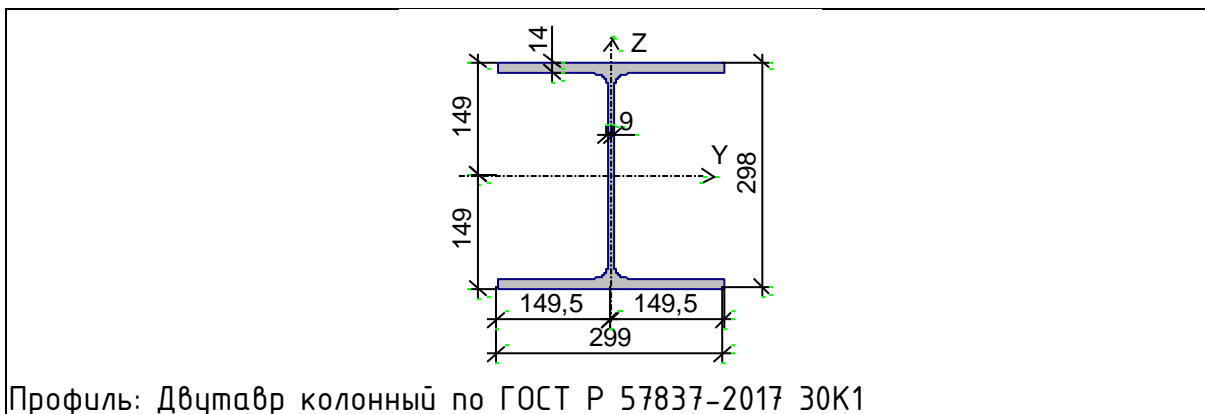
Предельная гибкость для растянутых элементов: 300

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 30K1

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

Взам. инв. №		□□	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	
Подп. и дата		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	
Инв. №подл.								Лист	
		1.01.08-У10-1-РПЗ.3							6
		Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата		

	Параметр	Значение	Единица измерения
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_b	Координата центра изгиба по оси Z	14,9	см
P	Периметр	174,31	см
M	Масса 1 м	86,978	кг

Длина элемента 0,96 м



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOY – 2



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOZ – 2

Расстояние между точками раскрепления из плоскости 0,96 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)	0,416
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)	0,377
пп. 9.2.2, 9.2.10	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при	0,377

Взам. инв. №		<table><tr><td>Проверено по СП</td><td>Проверка</td><td>Коэффициент использования</td></tr><tr><td>п. 8.2.1</td><td>Прочность при действии изгибающего момента M_y</td><td>0,002</td></tr><tr><td>п. 8.2.1</td><td>Прочность при действии изгибающего момента M_z</td><td>0,007</td></tr><tr><td>п. 8.2.1</td><td>Прочность при действии поперечной силы Q_y</td><td>0,001</td></tr><tr><td>п. 8.2.1</td><td>Прочность при действии поперечной силы Q_z</td><td>0,002</td></tr><tr><td>п. 9.1.1</td><td>Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики</td><td>0,381</td></tr><tr><td>пп. 7.1.3, 7.2.2</td><td>Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)</td><td>0,416</td></tr><tr><td>пп. 7.1.3, 7.2.2</td><td>Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)</td><td>0,377</td></tr><tr><td>пп. 9.2.2, 9.2.10</td><td>Устойчивость в плоскости действия момента M_y при</td><td>0,377</td></tr></table>						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)	0,416	пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)	0,377	пп. 9.2.2, 9.2.10	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при	0,377
		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)	0,416																																
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)	0,377																																
пп. 9.2.2, 9.2.10	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при	0,377																																
Подп. и дата																																		
Инв. №подл.		<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2">1.01.08-У10-1-РПЗ.3</td><td rowspan="2">Лист 7</td></tr><tr><td>Изм.</td><td>№уч.</td><td>Лист.</td><td>№док.</td><td>Подп.</td><td>Дата</td></tr></table>												1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист 7	Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата													
								1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист 7																									
Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата																													

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

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

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

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

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

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

Взам. инв. №	b _p = 20.0 см – фактическая ширина опорного столика; s = 2.0 см – толщина зоны опирания ребра подстропильной конструкции на столлик; $R_p = R_{un}/\gamma_m$ где R _{un} – нормативное значение временного сопротивления основного металла, для С355 при толщине от 16 до 40 мм R _{un} = 490 Н/мм ² = 4.99т/см ² – табл. В.3 СП 16.13330.2017; $\gamma_m = 1.025$ – коэффициент надежности по материалу по табл.3 СП 16.13330.2017 $R_p = 4.99/1.025 = 4.87 \text{ т/см}^2$ $\sigma = \frac{37.7}{20.0 \cdot 2.0} = 0.94 < 4.87 \text{ т/см}^2$						
	Подп. и дата						
Инв. №подл.		1.01.08-У10-1-РПЗ.3					
	Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата	Лист
							9

Прочность столика на смятие обеспечена.

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

Взам. инв. №	$\tau_{Nf} = \frac{\tau_{Nf}}{0.7 \cdot (0.8 \cdot 28 + 0.6 \cdot 46)} = 2.04 \text{ т/см}^2$					
	Таким образом:					
Подп. и дата	$\tau_{Nf} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$					
	$\tau_{Nf} = 2.04 \text{ т/см}^2 < 2.19 \text{ т/см}^2.$					
Инв. №подл.	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						
						Лист
1.01.08-У10-1-РПЗ.3						
						10
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата	

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

$Q_{\phi} = 71.5$ т – опорная реакция стропильных ферм;

$b_p = 20.0$ см – фактическая ширина опорных ребер стропильных ферм;

$t_p = 2.0$ 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 0,5 до 16 мм $R_{un} = 490$ Н/мм² = 4.99 т/см² – 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 $R_{un} = 490$ 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;

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	для С355 при толщине от 16 до 40 мм $R_{un} = 490 \text{ Н/мм}^2 = 4.99 \text{ м/см}^2$ – табл. В.3 СП 16.13330.2017;						
			$R_{wz}=0.45 \cdot 4.99 = 2.2 \text{ м/см}^2$, 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;						
			1.01.08-У10-1-РПЗ.3						Лист
									11
Изм.	№уч.	Лист	№докум.	Подп.	Дата				

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

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

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

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

$N_f = -146.9$ т;

$M_f = 0$ т · м;

$Q_f = 0$ т;

$S^{отс}$ – статический момент отсеченной части расчетного сечения сварного шва ($S^{отс} = 766.7$ см³);

I_f – момент инерции расчетного сечения сварного шва по металлу шва (при $\beta_f = 0.7$, $I_f = 23248.7$ см⁴);

W_f – момент сопротивления расчетного сечения сварного шва по металлу шва (при $\beta_f = 0.7$, $W_f = 1560.3$ см³)

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

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

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

$l_{ws} = 46$ 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;

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

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

$$N_{оп} = N = 146.9 \text{ т.}$$

Таким образом:

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	нагруженная равномерно-распределенным реактивным давлением железобетонной колонны:					
			$q = \frac{N_{оп}}{B_{пл} \cdot L_{пл}};$					
			где:					
			<p>$N_{оп}$ – сжимающая сила, передающаяся от надколонника на опору; $B_{пл} = 33\text{см}$ – ширина опорной плиты; $L_{пл} = 39\text{см}$ – длина опорной плиты; $N_{оп} = N = 146.9 \text{ т.}$</p> <p>Таким образом:</p>					
						1.01.08-У10-1-РПЗ.3		Лист
								12
Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата			

2. РАСЧЕТ НАДКОЛОННИКА НК1

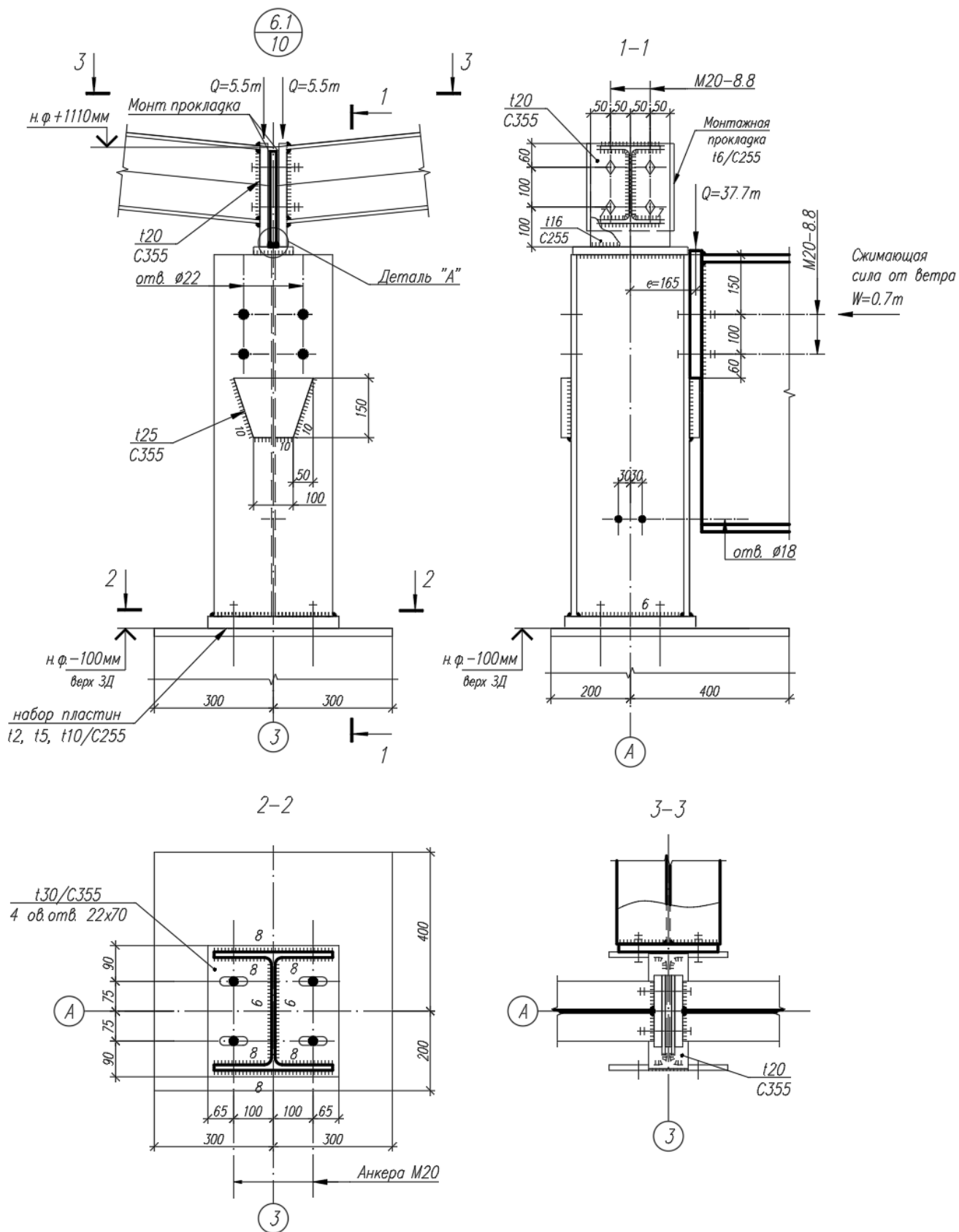


Рис. 2.1 Надколонник Нк1.

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

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 балок Бм6/6 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 1.01.08-У10-1-КМ):

- Опорная реакция от балок Бм6/6: $Q_6 = 5.5 + 5.5 = 11 \text{ т}$;
- Опорная реакция от подстропильных конструкций: $Q_{\Pi} = 37.7 \text{ т}$;
- Ветровая нагрузка $W = 0.7 \text{ т}$.

Усилия, возникающие при наихудшем сочетании нагрузок:

- $N = -(Q_6 + Q_{\Pi}) = -(11 + 37.7) = -48.7 \text{ т}$;
- $M_y = M_W + Q_{\Pi} \cdot e = 0.32 + 37.7 \cdot 0.165 = 6.54 \text{ т} \cdot \text{м}$;
- $Q_x = Q_W = 1.15 \text{ т}$;
- $M_x = 0 \text{ т} \cdot \text{м}$;
- $Q_y = 0 \text{ т}$.

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

Взам. инв. №		<div><div><div>$M_x = 0,1 \text{ М,}$ - $Q_y = 0 \text{ т.}$</div></div><div>Соппротивление сечений Расчет выполнен по СП 16.13330.2017</div></div>							
Подп. и дата		<div>Общие характеристики</div> <div>Сталь: С355</div> <div>Группа конструкций по приложению В СП 16.13330 З</div> <div>Коэффициент надежности по ответственности 1</div> <div>Коэффициент условий работы 1</div>							
Инв. №подл.								1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист
									15
		Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата		

Предельная гибкость для растянутых элементов: 300

Коэффициент понижающий расчетное сопротивление

1

Робота сечення з неустойчивою стінкою не допускається

Профиль: Двутавр колонный по ГОСТ Р 57837-2017 30K1

	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

						1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист
							16
Изм.	№уч.	Лист	№доку.	Подп.	Дата		

	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 0,96 м



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOY – 2



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOZ – 2

Расстояние между точками раскрепления из плоскости 0,96 м

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	Сейсмика	Особая
	T	T*м	T	T*м	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	0,268
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,138
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)	0,125
пп. 9.2.2, 9.2.10	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,236

Взам. инв. №		Проверено по СП		Проверка		Коэффициент использования	
		п. 8.2.1	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,145			
Подп. и дата		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	0,268			
		пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,138			
		пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)	0,125			
		пп. 9.2.2, 9.2.10	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,236			
Инв. №подл.		1.01.08–У10–1–РПЗ.3					Лист
							17
Изм.	№уч.	Лист.	№доку.	Подп.	Дата		

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	0,166
пп. 9.2.4, 9.2.5, 9.2.8, 9.2.10	Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,253
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,171
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,098
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	0,362
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	0,847

Коэффициент использования по всему пакету комбинаций **0,847** – Предельная гибкость свеса полки (поясного листа) из условия местной устойчивости

Отчет сформирован 2023.05.24 15:24:18 (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	1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист 18

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

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

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

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

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

Взам. инв. №	<p>$s = 2.0 \text{ см}$ – толщина зоны опирания ребра подстропильной конструкции на столИК;</p> <p>$R_p = R_{un}/\gamma_m$</p> <p>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;</p> <p>$\gamma_m = 1.025$ – коэффициент надежности по материалу по табл.3 СП 16.13330.2017</p> <p>$R_p = 4.99/1.025 = 4.87 \text{ т/см}^2$</p> <p>$\sigma = \frac{37.7}{20.0 \cdot 2.0} = 0.94 < 4.87 \text{ т/см}^2$</p>					
Подп. и дата						
Инв. №подл.						
						1.01.08-У10-1-РПЗ.3
Изм.	№уч.	Лист	№доп.	Подп.	Дата	Лист
						19

Прочность столика на смятие обеспечена.

Расчет сварных швов опорной пластины балок Бм6/6 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 Бм6/6.

$k_{fp}=0.8$ 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 Бм6/6 на надколонник обеспечена.

Проверка прочности стенки двутавра на смятие

Условие прочности в соответствии с п.8.5.17 имеет вид

Взам. инв. №	$t_{ws}=46 \text{ см}$ – расчетная длина шовов в сварном соединении по стенке;									
	$\tau_{Nf} = \frac{11}{0.7 \cdot (0.8 \cdot 28 + 0.6 \cdot 46)} = 0.31 \text{ т/см}^2$									
Подп. и дата	Таким образом:									
	$\tau_{Nf} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$ $\tau_{Nf} = 0.31 \text{ т/см}^2 < 2.19 \text{ т/см}^2.$									
Инв. Неподп.	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										
						1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист			
							20			
Изм.						№ уч.	Лист.	№ док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист.	№доку.	Подп.	Дата
------	------	-------	--------	-------	------

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

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

$$N_f = -48,7 \text{ T};$$

$$M_f = 6,54 \text{ T} \cdot \text{M};$$

$$Q_f = 1,15 \text{ T};$$

$S^{отс}$ – 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 $\beta_f = 0.7$, $W_f = 1560.3 \text{ см}^3$)

 $k_{fp}=0.8$ см – катет шва по полке; $k_{fs}=0.6$ см – катет шва по стенке;

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

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

$$\tau_{\text{Nf}} = \frac{48.7}{0.7 \cdot (0.8 \cdot 110 + 0.6 \cdot 46)} = 0.61 \text{ T/cm}^2$$

$$\tau_{Qf} = \frac{1.15 \cdot 766.7}{23248.7 \cdot 2 \cdot 0.6} = 0.03 \text{ T/cm}^2$$

$$\tau_{\text{Mf}} = \frac{6.54}{1560.3} = 0.42 \text{ T/cm}^2;$$

Таким образом:

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

$$\tau_f = \sqrt{(0.61 + 0.42)^2 + 0.03^2} = 1.03 \text{ T/cm}^2 < 2.19 \text{ T/cm}^2.$$

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:

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

zde:

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

$$B_{пл} = 33\text{см} - \text{ширина опорной плиты};$$
$$L_{пл} = 33\text{см} - \text{длина опорной плиты};$$

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

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

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;

$$N_{оп} = N + \frac{M}{L_{пл}} = 48.7 + \frac{6,54}{0,33} = 68,52 \text{ т.}$$

							Лист
						1.01.08-У10-1-РПЗ.3	22
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата		

Таким образом:

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

Опорные плиты
Расчет выполнен по СП 16.13330.2017

Общие характеристики

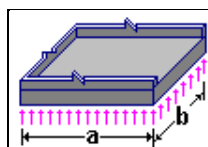
Сталь: С355

Группа конструкций по приложению В СП 16.13330 3

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент условий работы 1,2

Расчёт на изгиб части плиты, опертой по трем сторонам:

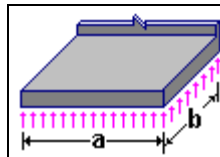


$a = 0,161 \text{ м}$
 $b = 0,27 \text{ м}$
Толщина плиты = 3 см
Нагрузка 629 Т/м²

Результаты расчета

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

Расчёт на изгиб части плиты, работающей как консоль:



$a = 0,33 \text{ м}$
 $b = 0,016 \text{ м}$
Толщина плиты = 3 см
Нагрузка 629 Т/м²

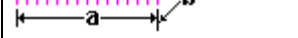
Результаты расчета

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.

Взам. инв. №			Нагрузка 629 Т/м²			
	Результаты расчета					
Подп. и дата	Проверено по СП		Проверка		Коэффициент использования	
			по прочности плиты на изгиб		0,015	
Инв. №подл.	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.					
						Лист
						23
	Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

3. РАСЧЕТ НАДКОЛОННИКА НК1А

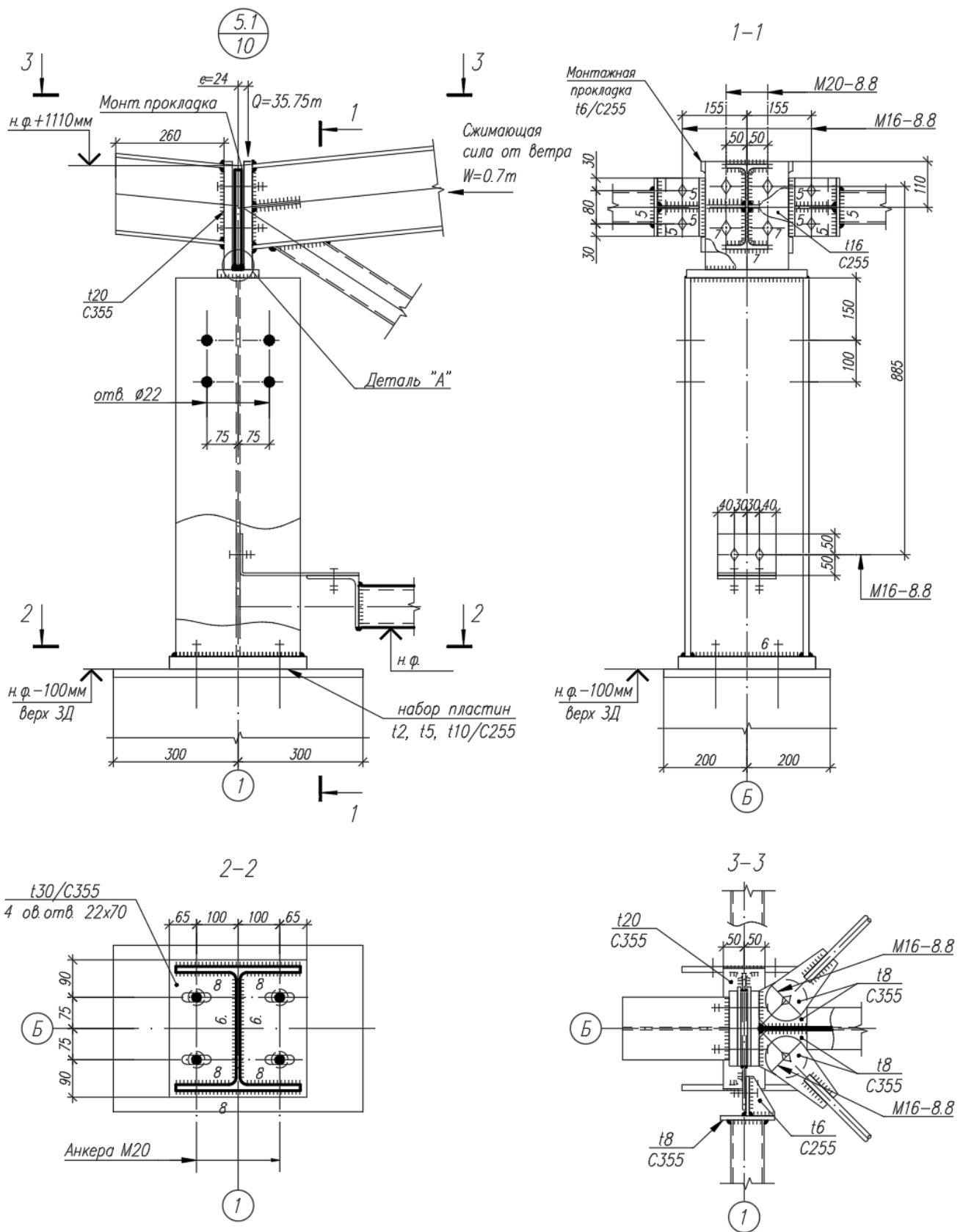


Рис. 3.1 Надколонник Нк1а.

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	№уч.	Лист.	№доп.	Подп.	Дата

1.01.08-У10-1-РПЗ.3

Лист

24

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 1.01.08-У10-1-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
------------------------------------------------	---

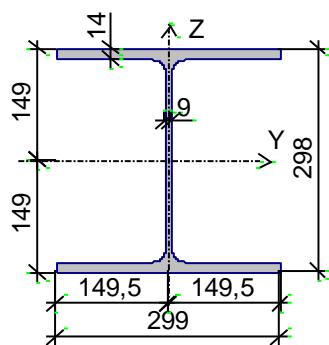
1.01.08-У10-1-РПЗ.3

Лист

25

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

Сечение



Профиль: Двутавр колонный по ГОСТ Р 57837-2017 30K1

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

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №						1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист
									26
			Изм.	№уч.	Лист.	№доку.	Подп.		Дата

	Параметр	Значение	Единица измерения
Z _б	Координата центра изгиба по оси Z	14,9	см
P	Периметр	174,31	см
M	Масса 1 м	86,978	кг

Длина элемента 0,96 м



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOY – 2



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOZ – 2

Расстояние между точками раскрепления из плоскости 0,96 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)	0,101
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	0,122
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,171
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,098
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	0,731
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	0,803

Коэффициент использования **0,803** – Предельная гибкость свеса полки (поясного листа) из условия местной устойчивости.

Отчет сформирован 2023.05.30 10:54:32 (UTC+03:00) программой Кристалл (64-бит), версия: 21.1.9.9 от 16.04.2021

Взам. инв. №		пп. 9.2.2, 9.2.10	Устойчивость с плоскостью жесткой опорами 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				0,122		
		п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOY				0,171		
		п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOZ				0,098		
		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				0,731		
Подп. и дата		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				0,803		
		<i>Коэффициент использования 0,803 – Предельная гибкость свеса полки (поясного листа) из условия местной устойчивости.</i>							
Инв. Неопод.		<i>Отчет сформирован 2023.05.30 10:54:32 (UTC+03:00) программой Кристалл (64-бит), версия: 21.1.9.9 от 16.04.2021</i>							
								1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист 27
		Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата		

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

Взам. инв. №	$\tau_{Nf} = \frac{33.75}{0.7 \cdot (0.8 \cdot 28 + 0.6 \cdot 46)} = 1.02 \text{ т/см}^2$					
	Таким образом:					
Подп. и дата	$\tau_{Nf} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$					
	$\tau_{Nf} = 1.02 \text{ т/см}^2 < 2.19 \text{ т/см}^2.$					
Инв. №подл.	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						
						Лист
1.01.08-У10-1-РПЗ.3						
Изм.	№уч.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	28

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

$Q_{\phi} = 35.75$ 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;

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

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	1.01.08-У10-1-РПЗ.3						Лист
			29						
Изм.	№уч.	Лист	№докум.	Подп.	Дата				

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

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

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

$$N_f = -35.75 \text{ т};$$

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

$$Q_f = 1.15 \text{ т};$$

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

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.	Расчет опорной плиты надколонника						Лист
	Плита работает на изгиб как пластинка, опертая на торец надколонника и нагруженная равномерно-распределенным реактивным давлением железобетонной колонны:						
Подп. и дата	$q = \frac{N_{оп}}{B_{пл} \cdot L_{пл}};$						30
	где:						
Взам. инв. №	N _{оп} – сжимающая сила, передающаяся от надколонника на опору;						
	B _{пл} = 33см – ширина опорной плиты;						
	L _{пл} = 33см – длина опорной плиты;						
	$N_{оп} = N + \frac{M}{L_{пл}} = 35.75 + \frac{1,18}{0,33} = 39.33 \text{ т.}$						
1.01.08-У10-1-РПЗ.3							
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата		

$$q = \frac{39.33}{0.33 \cdot 0.33} = 362 \text{ T/M}^2.$$

Общие характеристики

A 3D perspective diagram of a rectangular plate of length a and width b . The plate is subjected to a uniform upward distributed load q , represented by a series of vertical pink arrows. The left edge of the plate is fixed to a wall, and the right edge is supported by a roller.

4. РАСЧЕТ НАДКОЛОННИКА НК2

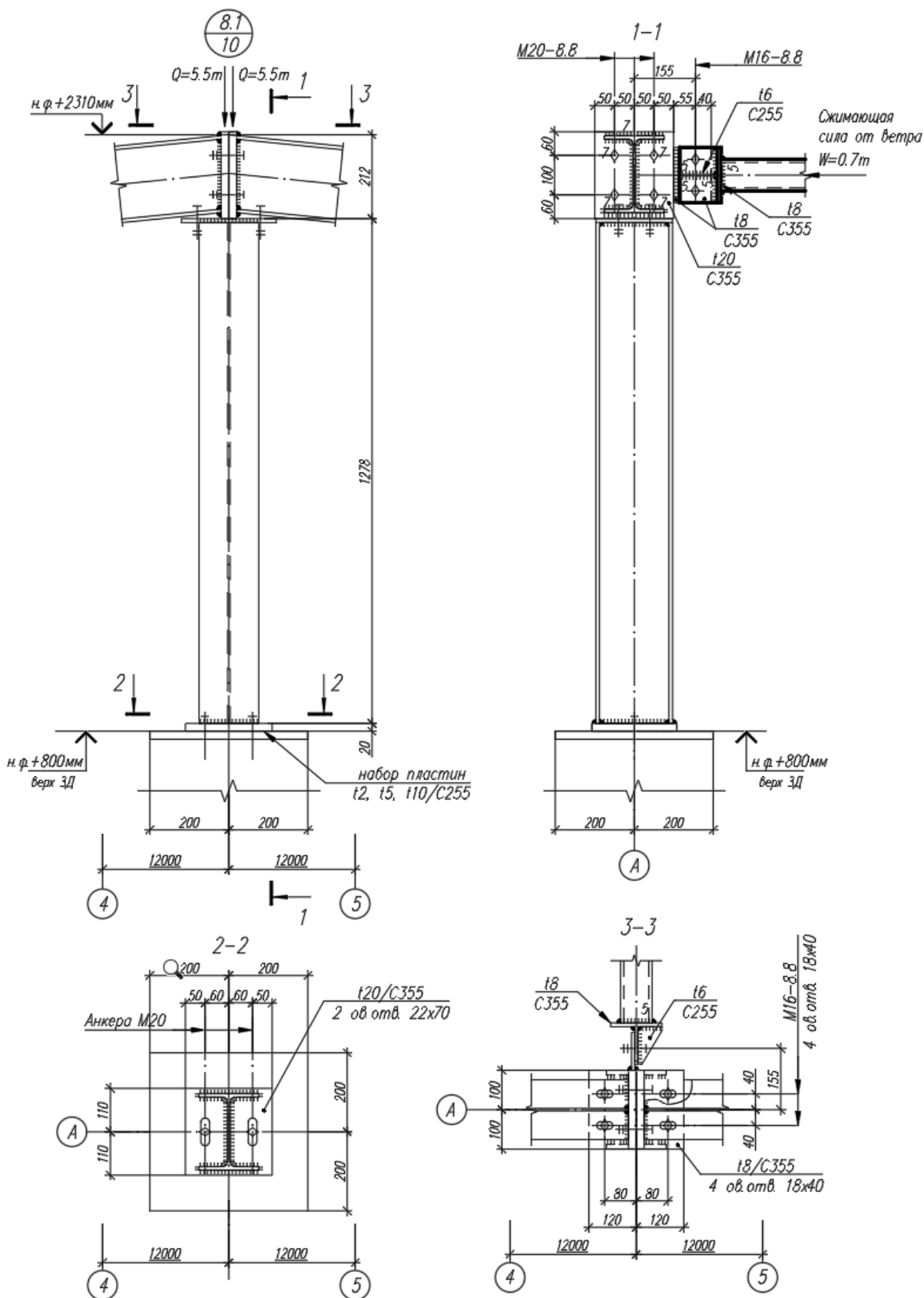


Рис. 4.1 Надколонник Нк2.

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

Рис. 4.1 Надколонник Нк2.

Изм.	№уч.	Лист	№докум.	Подп.	Дата

1.01.08-У10-1-РПЗ.3

Лист	32
------	----

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 Бм6/6 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 1.01.08-У10-1-КМ):

- опорная реакция от балок Бм6/6: $Q_5 = 5.5 + 5.5 = 11 \text{ т}$;
- ветровая нагрузка $W = 0.7 \text{ т}$.

Усилия, возникающие при наихудшем сочетании нагрузок:

- $N = -Q_5 = -11 \text{ т}$;
- $M_y = M_W = 0.2 \text{ т} \cdot \text{м}$;
- $Q_x = Q_W = 0.7 \text{ т}$;
- $M_x = 0 \text{ т} \cdot \text{м}$;
- $Q_y = 0 \text{ т}$.

Сопротивление сечений
Расчет выполнен по СП 16.13330.2017

Общие характеристики

Сталь: 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

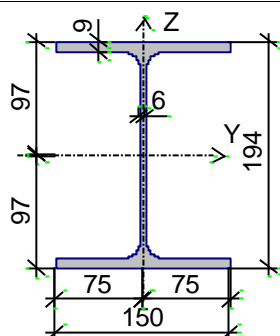
1.01.08-У10-1-РПЗ.3

Лист

33

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

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. №подл.

1.01.08-У10-1-РПЗ.3

Лист

34

Изм. №уч. Лист. №док. Подп. Дата

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

Длина элемента 1,3 м



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOY – 2



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOZ – 2

Расстояние между точками раскрепления из плоскости 1,3 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)	0,134
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)	0,08
пп. 9.2.2, 9.2.10	Устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0,096
пп. 9.2.9, 9.2.10, 9.3.1, 9.3.2	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,145
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,481
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,209
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	0,547
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	0,34

Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата	1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист
							35

Взам.инв.№

Подп. и дата

Инев.Неподл.

Коэффициент использования по всему пакету комбинаций **0,547** – 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 Бм6/6 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 Бм6/6;

$k_{fp}=0.8$ 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 Бм6/6 на надколонник обеспечена.

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	<p>$k_{fs}=0.6$ см – катет шва по стенке;</p> <p>$l_{wp}=24$ см – расчетная длина швов в сварном соединении по полкам;</p> <p>$l_{ws}=30$ см – расчетная длина швов в сварном соединении по стенке;</p> $\tau_{Nf} = \frac{11}{0.7 \cdot (0.8 \cdot 24 + 0.6 \cdot 30)} = 0.42 \text{ Т/см}^2$ <p>Таким образом:</p> $\tau_{Nf} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$ $\tau_{Nf} = 0.42 \text{ Т/см}^2 < 2.19 \text{ Т/см}^2.$ <p>Прочность сварного шва крепления опорной пластины балок Бмб/6 на надколонник обеспечена.</p>						Лист		
			1.01.08-У10-1-РПЗ.3							36	
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата						

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 Бм6/6;

$b = 17.6$ см – фактическая ширина части опорного ребра балок Бм6/6;

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;

Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. №подл.							
Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата	1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист 37

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

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

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

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. №	<div>1.01.08-У10-1-РПЗ.3</div>						Лист
									38
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата				

$$N_{\text{оп}} = N + \frac{M}{L_{\text{пл}}} = 11 + \frac{0.2}{0.22} = 11.91 \text{ т.}$$

Таким образом:

$$q = \frac{11.91}{0.22 \cdot 0.22} = 246 \text{ T/M}^2.$$

Опорные плиты

Расчет выполнен по СП 16.13330.2017

Общие характеристики

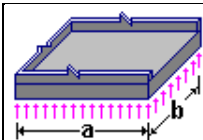
Сталь: C355

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:

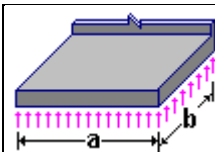


$a = 0,107 \text{ м}$
 $b = 0,176 \text{ м}$
 Толщина плиты = 2 см
 Нагрузка 246 Т/м^2

Результаты расчета

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

Расчёт на изгиб части плиты, работающей как консоль:



$a = 0,22 \text{ м}$ $b = 0,013 \text{ м}$ Толщина плиты = 2 см Нагрузка 246 Т/м ²

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: 21.1.9.9 от 16.04.2021

Прочность опорной плиты обеспечена.

						1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист
							39
Изм.	№уч.	Лист	№доку.	Подп.	Дата		

5. РАСЧЕТ НАДКОЛОННИКА НК2А

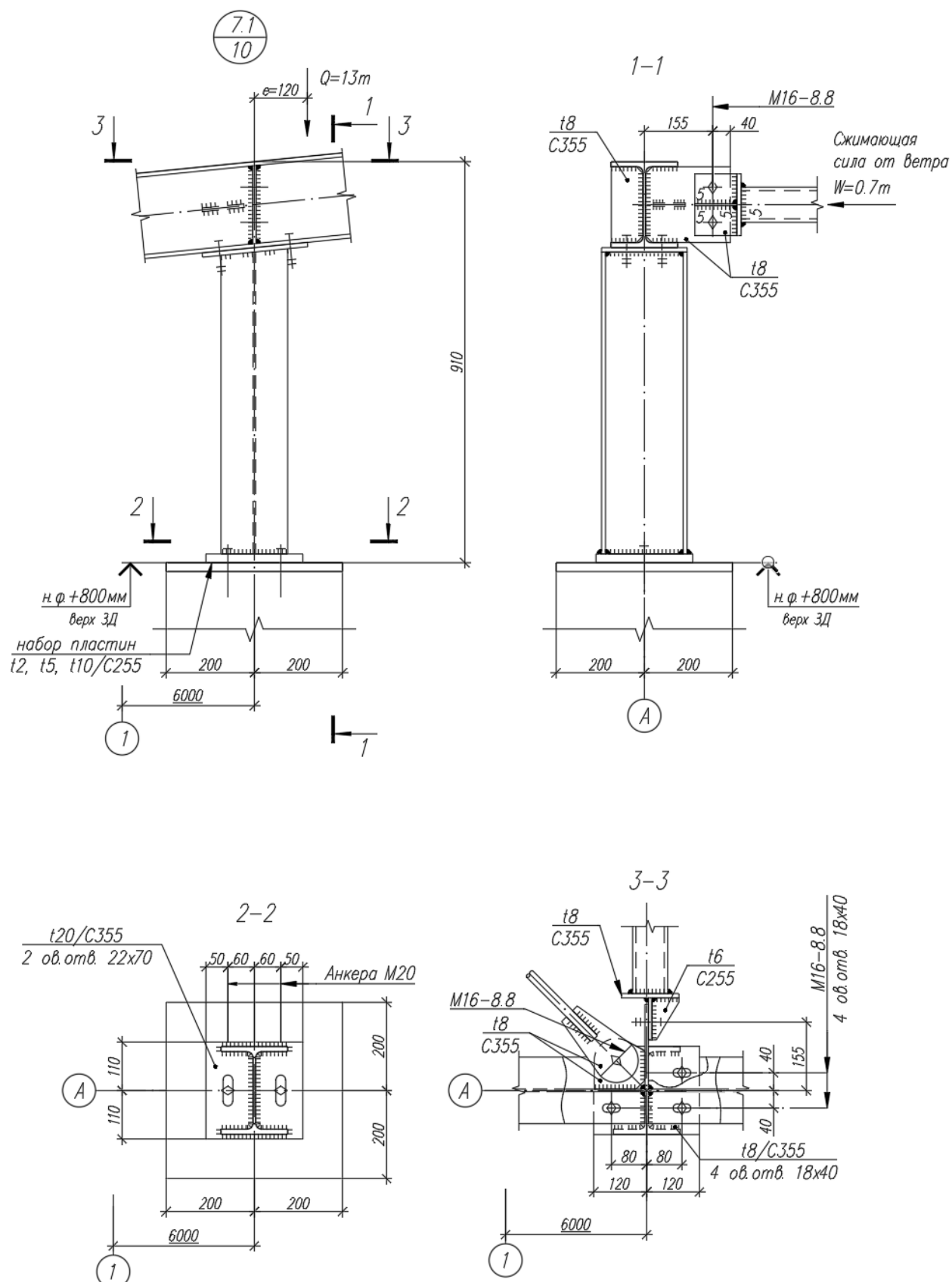


Рис. 5.1 Надколонник Нк2а.

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

1.01.08-У10-1-РПЗ.3

Лист

40

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 1.01.08-У10-1-КМ):

- Опорная реакция от балки Бт6/3: $Q_5 = 13 \text{ т}$;
- Ветровая нагрузка $W = 0.7 \text{ т}$.

Усилия, возникающие при наихудшем сочетании нагрузок:

- $N = -Q_5 = -13 \text{ т}$;
- $M_y = M_W = 0.2 \text{ т} \cdot \text{м}$;
- $Q_x = Q_W = 0.7 \text{ т}$;
- $M_x = Q_5 \cdot e = 13 \cdot 0.12 = 1.56 \text{ т} \cdot \text{м}$;
- $Q_y = 0 \text{ т}$.

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

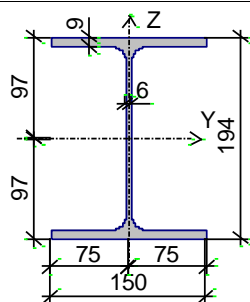
1.01.08-У10-1-РПЗ.3

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
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
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

Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата	1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист
							42

	Параметр	Значение	Единица измерения
Z _б	Координата центра изгиба по оси Z	9,7	см
P	Периметр	95,368	см
M	Масса 1 м	30,623	кг

Длина элемента 0,71 м



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOY – 2



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOZ – 2

Расстояние между точками раскрепления из плоскости 0,71 м

	N	M _y	Q _z	M _z	Q _y	Сейсмика	Особая
	T	T*M	T	T*M	T		
1	-13	0,2	0,7	1,56	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	0,596
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	0,7
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,108
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)	0,088
пп. 9.2.2, 9.2.10	Устойчивость в плоскости действия момента M _y при внецентренном сжатии	0,101
пп. 9.2.9, 9.2.10, 9.3.1, 9.3.2	Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,5
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,263
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,114
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	0,778
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	0,537

Коэффициент использования по всему пакету комбинаций **0,778** – Предельная гибкость стенки из условия местной устойчивости.

Отчет сформирован 2023.05.30 16:23:41 (UTC+03:00) программой Кристалл (64-бит), версия: 21.1.9.9 от 16.04.2021

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата	1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист
							43

Взам.инв.№

Подп. и дата

Изм. №подл.

Расчет сварных швов опорной пластины балки Бм6/3 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 Бм6/3.

$k_{fp}=0.8$ 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 Бм6/3 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.

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

Взам. инв. №	Таким образом: $\tau_{Nf} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$ $\tau_{Nf} = 0.5 \text{ Т/см}^2 < 2.19 \text{ Т/см}^2.$ <p>Прочность сварного шва крепления опорной пластины балок Бмб/З на надколонник обеспечена.</p> <p>Расчет сварных швов опорной плиты надколонника</p> <p>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 $d<1.4$;</p>					
Подп. и дата						
Инв. №подл.						
						1.01.08-У10-1-РПЗ.3
	Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата

Лист
44

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:

$$N_f = -13 \text{ т};$$

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

$$M_{fy} = 1.56 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$Q_f = 0,7 \text{ т};$$

$S^{отс}$ – 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 $\beta_f = 0.7$, $W_{fy} = 89.59 \text{ см}^3$)

$k_{fp}=0.8 \text{ см}$ – 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;

Взам. инв. №		($S^{отс} = 256,4 \text{ см}^3$); 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 $\beta_f = 0.7$, $W_{fy} = 89.59 \text{ см}^3$) $k_{fp} = 0.8 \text{ см}$ – 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;									
		Подп. и дата		Инв. №подл.						1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист
45											

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

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

$$\tau_{Mf} = \frac{0.2}{523.3} + \frac{1.56}{89.59} = 1.78 \text{ т/см}^2;$$

Таким образом:

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

$$\tau_f = \sqrt{(0.3 + 1.78)^2 + 0.03^2} = 2.08$$

$$2.08 \text{ т/см}^2 < 2.19 \text{ т/см}^2.$$

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;

$$N_{оп} = N + \frac{M}{L_{пл}} = 13 + \frac{\sqrt{0.2^2 + 1.56^2}}{0.22} = 20,15 \text{ т.}$$

Таким образом:

$$q = \frac{20,15}{0,22 \cdot 0,22} = 417 \text{ т/м}^2.$$

Опорные плиты

Расчет выполнен по СП 16.13330.2017 с изменениями №1,2

Общие характеристики

Сталь: С355

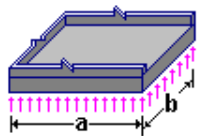
Группа конструкций по приложению В СП 16.13330 3

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент условий работы 1,2

Расчёт на изгиб части плиты, опертой по трем сторонам:

Расчет выполнен по СП 16.13330.2017 с изменениями №1,2								
Взам. инв. №	Общие характеристики							
Подп. и дата	Сталь: С355							
	Группа конструкций по приложению В СП 16.13330 3							
	Коэффициент надежности по ответственности 1							
	Коэффициент условий работы 1,2							
Инв. №подл.	Расчёт на изгиб части плиты, опертой по трем сторонам:							
							1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист
								46
	Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата		

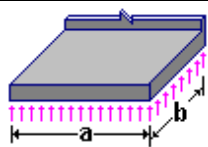


$a = 0,107 \text{ м}$
 $b = 0,176 \text{ м}$
 Толщина плиты = 2 см
 Нагрузка 417 Т/м^2

Результаты расчета

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	по прочности плиты на изгиб	0,354

Расчёт на изгиб части плиты, работающей как консоль:



$a = 0,22 \text{ м}$
 $b = 0,013 \text{ м}$
 Толщина плиты = 2 см
 Нагрузка 417 Т/м^2

Результаты расчета

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
	по прочности плиты на изгиб	0,013

Коэффициент использования **0,354** – 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.

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата	1.01.08-У10-1-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. №						
						1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист	
							48	
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. №						
						1.01.08-У10-1-РПЗ.3	Лист	
							49	
Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата			