

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

**1.01.08-У2-2-РПЗ.4
Расчёт узлов конструкций покрытия.**

Том 4. Расчет балок.

2023

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Расчет балок Бт-6/3 и Бт-6/6.....	4
1.1. Исходные данные:.....	5
1.2. Расчет торцевых опорных ребер балок Бт-6/3 и Бт-6/3.....	10
1.3. Расчет промежуточных опорных ребер балок Бт-6/3 и Бт-6/3.....	12
2. Выводы.....	15
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:.....	16

Инв. №подл.	Подп. и дата					Взам. инв. №					
						1.01.08-У2-2-РПЗ.4					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 2%», 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 2%». Шифр–1.01.08-У2-2-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.

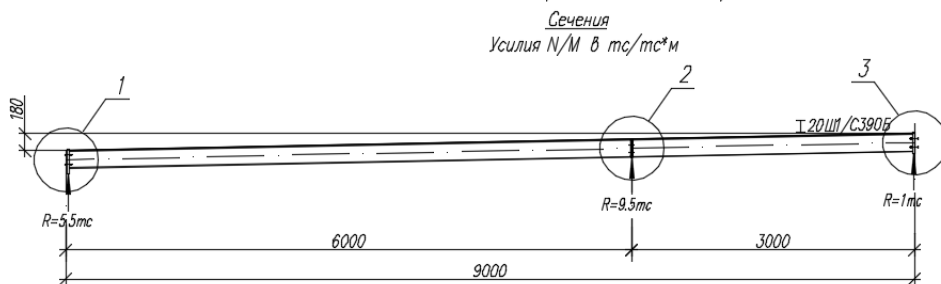
Расчётно-графические работы выполнялись на базе пространственных расчётных моделей, сформированных для характерных расчётных фрагментов. Усилия и опорные реакции в элементах взяты из Альбома, а также расчётных моделей, выполненных в программном комплексе ПК «ЛИРА-САПР».

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).						Лист	
			1.01.08-У2-2-РПЗ.4						3	
Изм.	№уч.	Лист	№докум.	Подп.	Дата					

1. РАСЧЕТ БАЛОК БТ-6/3 И БТ-6/6.

Балка торцевая Бт-6/3



Балка торцевая Бт-6/6

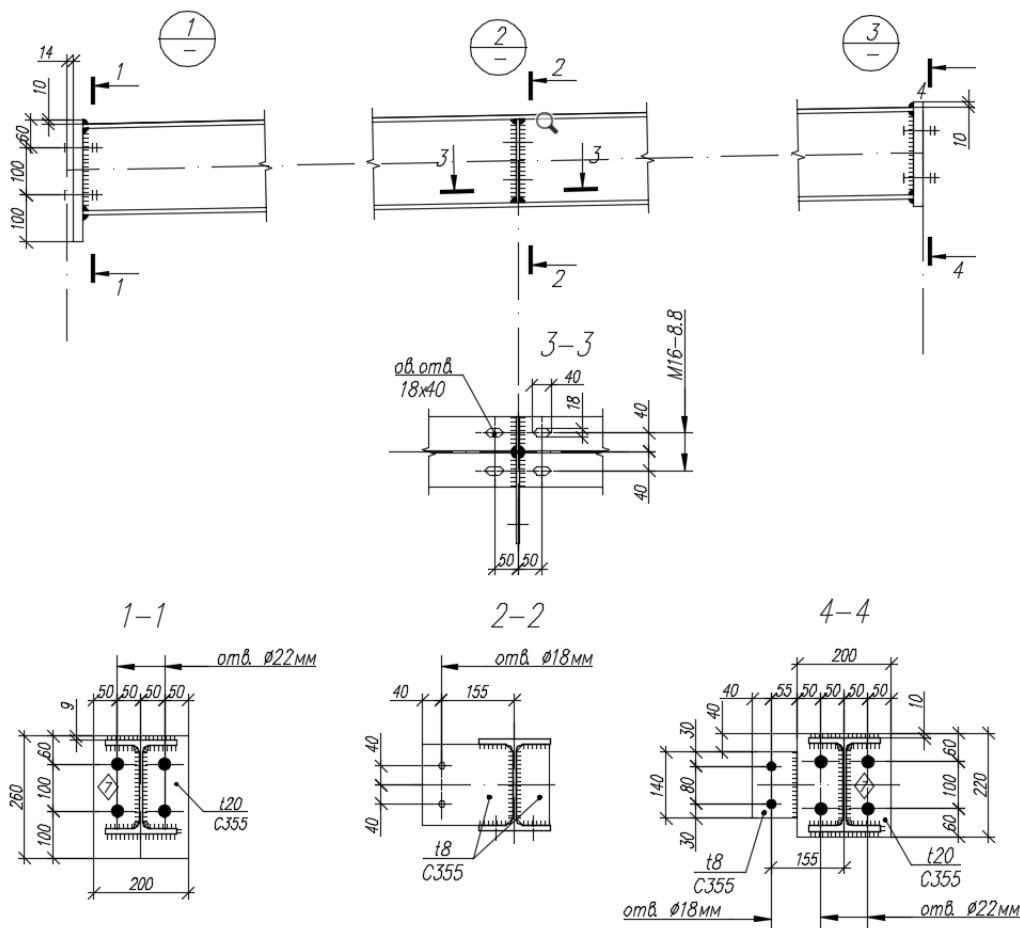
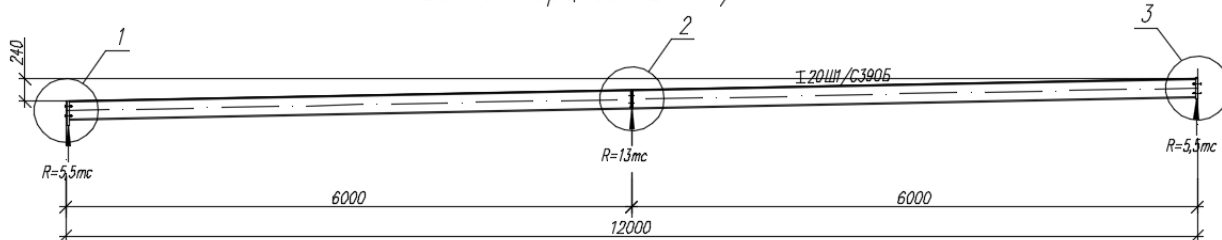


Рис. 1.1 Балки Бт-6/3 и Бт-6/6.

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №				
Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата	1.01.08-У2-2-РПЗ.4
						Лист 4

1.1. Исходные данные:

Балки Бт-6/3 и Бт-6/6:

- сечение – двутавр 20Ш1;
- сталь 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).

Промежуточное опорное ребро:

- 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).

Торцевое опорное ребро:

- 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.

Усилия, возникающие при наихудшем сочетании нагрузок:

РСН1(СП 20.13330.2011/2016_1)

Эпюра N

Единицы измерения - т

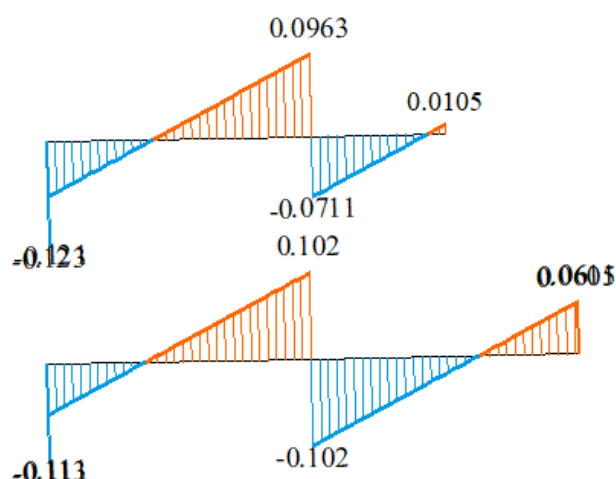


Рис. 1.2 Эпюры продольной силы в балках Бт-6/3 и Бт-6/6 от сочетания нагрузок со снегом с коэффициентом неравномерности 1.0.

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата	1.01.08-У2-2-РПЗ.4	Лист 5

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

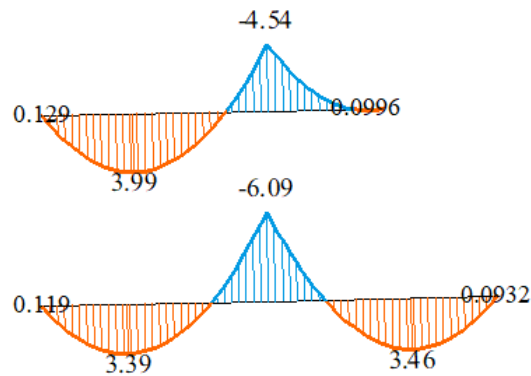
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

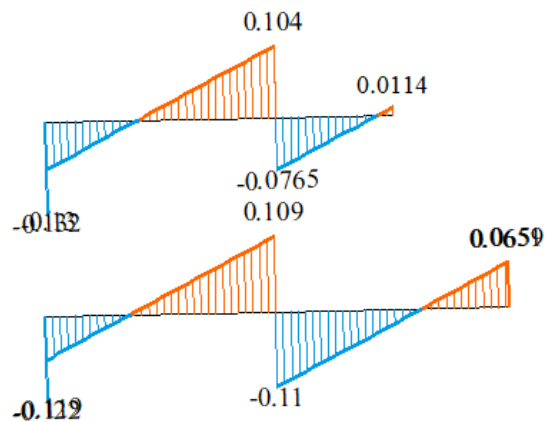
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата

РСН1(СП 20.13330.2011/2016_1)
Эпюра Му
Единицы измерения - т*м



РСН2(СП 20.13330.2011/2016_1)
Этюра N
Единицы измерения - т



Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

РСН2(СП 20.13330.2011/2016_1)
Эпюра Qz
Единицы измерения - т

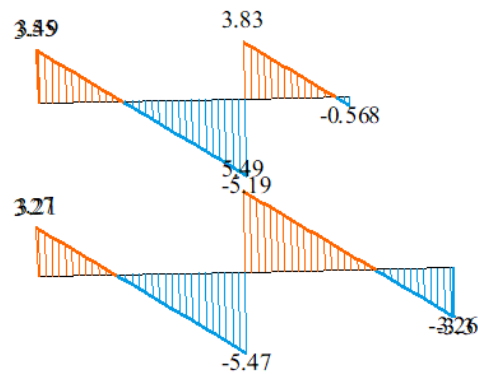


Рис. 1.6 Эпюры поперечной силы в балках Бм-6/3 и Бм-6/6 от сочетания нагрузок со снегом с коэффициентом неравномерности 1.1.

РСН2(СП 20.13330.2011/2016_1)
Эпюра Mu
Единицы измерения - т*м

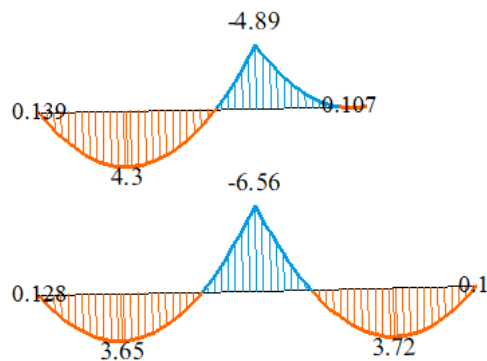


Рис. 1.7 Эпюры моментов в балках Бм-6/3 и Бм-6/6 от сочетания нагрузок со снегом с коэффициентом неравномерности 1.0.

Проверка сечений балок Бм-6/3 и Бм-6/6
Расчет выполнен по СП 16.13330.2017

Общие характеристики

Сталь: С390

Группа конструкций по приложению В СП 16.13330 З

Количество закреплений сжатого пояса в пролете	Вид нагрузки в пролете	Эпюра M	Пояс, к которому приложена нагрузка
Два и более, делящие пролет на равные части	Любая		Любой

Лист

1.01.08-У2-2-РПЗ.4

7

Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата

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

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент условий работы 1

Предельная гибкость для сжатых элементов: 180 – 60□

Предельная гибкость для растянутых элементов: 350

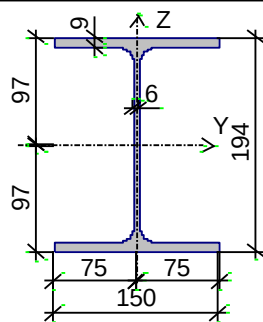
Дополнительные коэффициенты условий работы

Коэффициент понижающий расчетное сопротивление	1
--	---

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
□□	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	43393,88	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

Взам. инв. №	Подп. и дата	Ине. №подл.	Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата	1.01.08-У2-2-РПЗ.4	Лист 8
--------------	--------------	-------------	------	------	-------	-------	-------	------	--------------------	-----------

	Параметр	Значение	Единица измерения
W_{y-}	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
P	Периметр	95,368	см
M	Масса 1 м	30,623	кг

Длина элемента 6 м



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOY – 0,7



Коэффициент расчетной длины в плоскости XOZ – 0,7

Расстояние между точками раскрепления из плоскости 0,31 м

	N	M_y	Q_z	M_z	Q_y	Сейсмика	Особая
	T	T*м	T	T*м	T		
1	-0,12	-6,56	5,47	0	0		

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
п. 8.2.1	Прочность при действии изгибающего момента M_y	0,611
п. 8.2.1	Прочность при действии поперечной силы Q_z	0,227
п. 9.1.1	Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,612
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)	0,003
пп. 7.1.3, 7.2.2	Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)	0,001
п. 8.4.1	Устойчивость плоской формы изгиба	0,611
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOY	0,777
п. 10.4.1	Предельная гибкость в плоскости XOZ	0,482

Име. Неподр.	Подп. и дата	Взам. инв. №	1.01.08-У2-2-РПЗ.4						Лист
									9
Изм.	№уч.	Лист	№докум.	Подп.	Дата				

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
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	0,307
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	0,44

Коэффициент использования по всему пакету комбинаций **0,777** – Предельная гибкость в плоскости XOY

Отчет сформирован 2023.06.01 12:20:21 (UTC+03:00) программой Кристалл (64-бит), версия: 21.1.9.9 от 16.04.2021

1.2. Расчет торцевых опорных ребер балок Бм-6/3 и Бм-6/3

– проверка опорного ребра на прочность:

Принимаем опорное ребро из стали С355 $R_y = 3.466 \text{ т/см}^2$ $t = 2,0 \text{ см}$ шириной $b=20.0 \text{ см}$.

В соответствии с СП16 п.8.5.9 толщина опорного ребра должна быть не менее:

$$t_r \geq 2 \cdot b_r \cdot \sqrt{R_y/E}$$

$b_r = 20.0\text{ см}$ – ширина выступающей части

$$t_r = 2.0\text{cm} \geq 2 \cdot 20.0 \cdot \sqrt{3.466 / 2100}$$

$$t_r = 2.0\text{cm} \geq 1.65\text{cm}$$

В соответствии с п 8.5.17 СП16 напряжения в опорных сечениях при действии опорной реакции не должны превышать расчетного сопротивления стали:

- смятию R_p - при длине выступающей части опорного ребра $a \leq 1,5 \cdot t$;
- сжатию R_v - при длине выступающей части опорного ребра $a > 1,5 \cdot t$.

$$a = 5.7\text{cm} > 1,5 \cdot 2.0 = 3.0\text{cm}$$

Условие прочности имеет вид:

$$\frac{Q}{b_r \cdot t_r} \leq R_y \cdot \gamma_c$$

$$\frac{Q}{b_r \cdot t_r} = \frac{5.5}{20.0 \cdot 2.0} = 0.14 \text{ T/cm}^2$$

$$0.14 \text{ T/cm}^2 \leq 3.466 \text{ T/cm}^2$$

Прочность опорного ребра обеспечена.

- проверка опорного ребра на устойчивость в плоскости, перпендикулярной стенке:

В соответствии с п 8.5.17 СП16 расчет на устойчивость при центральном сжатии участка стенки над опорой будет иметь вид:

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. №подл.

Изм.

№ич.

Лист.

№док.

Подп.

Дата

1.01.08-У2-2-РПЗ.4

Лист

10

$$\frac{Q}{b_r \cdot t_r} \leq R_y \cdot \gamma_c$$
$$\frac{Q}{b_r \cdot t_r} = \frac{5.5}{20.0 \cdot 2.0} = 0.14 \text{ т/см}^2$$
$$0.14 \text{ т/см}^2 \leq 3.466 \text{ т/см}^2$$

Прочность опорного ребра обеспечена.

- проверка опорного ребра на устойчивость в плоскости, перпендикулярной стенке:

В соответствии с п 8.5.17 СП16 расчет на устойчивость при центральном сжатии участка стенки над опорой будет иметь вид:

$$\frac{Q}{\varphi \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c$$

где:

$Q = 5.5$ т – опорная реакция, действующая на участок стенки балки и ребро;

φ – коэффициент устойчивости при центральном сжатии;

A – площадь сечения ребра и участка стенки;

$$A = b_r \cdot t_r + t_w \cdot 0.65 t_w \sqrt{E/R_y}$$

t_w – толщина стенки двутавра;

$$A = 20 \cdot 2 + 0.6 \cdot 0.65 \cdot 0.6 \sqrt{2100/3.87} = 45.5 \text{ см}^2$$

$I_x = 1333.43 \text{ см}^4$ – момент инерции расчетного сечения;

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{1333.43}{45.5}} = 5.41 \text{ см}^4 \text{ – радиус инерции расчетного сечения;}$$

$$\lambda_x = \frac{h_w}{i_x} = \frac{17.6}{5.41} = 3.2 \text{ – гибкость расчетного сечения;}$$

$$\bar{\lambda}_x = \lambda_x \sqrt{R_y/E} = 3.2 \cdot \sqrt{3.566/2100} = 0.13 \text{ – условная гибкость расчетного сечения;}$$

$$\bar{\lambda}_x = 0.13 \leq 0.4 \Rightarrow \varphi = 1$$

$$\frac{5.5}{1 \cdot 45.5} = 0.12 \leq 3.566$$

Устойчивость опорного ребра обеспечена.

- проверка сварных швов опорного ребра:

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 ребра к балке осуществляется при помощи сварки.

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

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

Инв. №подл.	сплавления по табл. 4 СП 16.13330.2017 для проволоки Св-08Г 2С $R_{wz}=0.45 \cdot R_{un},$ 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 ребра к балке осуществляется при помощи сварки. Сварной шов работает на срез от действия силы Q. Условие прочности имеет вид: $\tau_f = \sqrt{(\tau_{Nf} + \tau_{Mf})^2 + (\tau_{Qf})^2} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c;$						Лист
							11
Взам. инв. №	Подп. и дата						
Изм.	№уч.	Лист	№доп.	Подп.	Дата	1.01.08-У2-2-РПЗ.4	

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, $\tau_{Mf} = 0$;

$$\tau_{Qf} = \frac{3Q}{2\beta_f k_f l_w};$$

Q – опорная реакция.

$k_f = 0.6$ см – катет шва;

$l_w = 80$ см – расчетная длина швов в сварном соединении.

Таким образом:

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

$$\tau_{Qf} = \frac{3 \cdot 5,5}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 80} = 0,24 \text{ т/см}^2 < 2,19 \text{ т/см}^2.$$

Прочность сварного шва крепления торцевого опорного ребра обеспечена.

1.3. Расчет промежуточных опорных ребер балок Бм-6/3 и Бм-6/3

– проверка промежуточных ребер на прочность:

Принимаем ребра из стали С355 $R_y = 3.566 \text{ т/см}^2$ $t = 0,8$ см шириной $b = 5,7$ см.

В соответствии с СП16 п.8.5.9 толщина опорного ребра должна быть не менее:

$$t_r \geq 2 \cdot b_r \cdot \sqrt{R_y/E}$$

$b_r = 5,7$ см – ширина одного ребра

$$t_r = 0,8 \text{ см} \geq 2 \cdot 5,7 \cdot \sqrt{3,566/2100}$$

$$t_r = 0,8 \text{ см} \geq 0,47 \text{ см}$$

В соответствии с п 8.5.17 СП16 напряжения в опорных сечениях при действии опорной реакции не должны превышать расчетного сопротивления стали R_p .

Условие прочности на смятие имеет вид:

$$\frac{Q}{2b_r \cdot t_r} \leq R_p \cdot \gamma_c$$

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

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;

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

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

$$\frac{Q}{2b_r \cdot t_r} = \frac{13}{2 \cdot 5,7 \cdot 0,8} = 1,42 \text{ т/см}^2 < 4,87 \text{ т/см}^2$$

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	$\frac{Q}{2b_r \cdot t_r} \leq R_p \cdot \gamma_c$ $R_p = R_{un}/\gamma_m$ 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; $\gamma_m = 1.025$ – коэффициент надежности по материалу по табл.3 СП 16.13330.2017 $R_p = 4.99/1.025 = 4.87 \text{ т/см}^2$ $\frac{Q}{2b_r \cdot t_r} = \frac{13}{2 \cdot 5.7 \cdot 0.8} = 1.42 \text{ т/см}^2 < 4,87 \text{ т/см}^2$					
Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата	1.01.08-У2-2-РПЗ.4		Лист
								12

Прочность промежуточных опорных ребер на смятие обеспечена.

- проверка промежуточных ребер на устойчивость в плоскости, перпендикулярной стенке:

В соответствии с п 8.5.17 СП16 расчет на устойчивость при центральном сжатии участка стенки над опорой будет иметь вид:

$$\frac{Q}{\varphi \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c$$

где:

$Q = 13$ т – опорная реакция, действующая на участок стенки балки и ребро;

φ – коэффициент устойчивости при центральном сжатии;

A – площадь сечения ребра и участка стенки;

$$A = 2 \cdot b_r \cdot t_r + 2 \cdot t_w \cdot 0.65 t_w \sqrt{E/R_y}$$

t_w – толщина стенки двутавра;

$$A = 2 \cdot 5.7 \cdot 0.8 + 2 \cdot 0.6 \cdot 0.65 \cdot 0.6 \sqrt{\frac{2100}{3.87}} = 20.02 \text{ см}^2$$

$I_x = 99.1 \text{ см}^4$ – момент инерции расчетного сечения;

$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{99.1}{20.02}} = 2.23 \text{ см}$ – радиус инерции расчетного сечения;

$\lambda_x = \frac{h_w}{i_x} = \frac{17.6}{2.23} = 7.9$ – гибкость расчетного сечения;

$\bar{\lambda}_x = \lambda_x \sqrt{R_y/E} = 7.9 \cdot \sqrt{3.566/2100} = 0.325$ – условная гибкость расчетного сечения;

$$\bar{\lambda}_x = 0.325 \leq 0.4 \Rightarrow \varphi = 1$$

$$\frac{13}{1 \cdot 20.02} = 0.65 \leq 3.566$$

Устойчивость промежуточных опорных ребер обеспечена.

- проверка сварных швов промежуточных опорных ребер:

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

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

Име.Неподл.	Подп. и дата	Взам.инв.№				
Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата	1.01.08-У2-2-РПЗ.4
						Лист
						13

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 ребра к балке 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, $\tau_{Mf} = 0$;

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

Q – опорная реакция.

$k_f = 0.6$ см – катет шва;

$l_w = 56$ см – расчетная длина швов в сварном соединении.

Таким образом:

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

$$\tau_{Qf} = \frac{3 \cdot 13}{2 \cdot 0.7 \cdot 0.6 \cdot 56} = 0.83 \text{ т/см}^2 < 2.19 \text{ т/см}^2.$$

Прочность сварного шва крепления промежуточных опорных ребер обеспечена.

Инв. №подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №						
Изм.	№уч.	Лист	№док.	Подп.	Дата			Лист
						1.01.08-У2-2-РПЗ.4		14

2. 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 торцевых балок 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-У2-2-РПЗ.4	Лист
								15
Изм.	№изм.	Лист	№докум.	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-У2-2-РПЗ.4	Лист	
										16	
Изм.	№уч.	Лист.	№док.	Подп.	Дата						