

1 Исходные данные

Расчёт выполняется в рамках проектирования объекта "Учебный проект".
Расчёт строительных выполнен в соответствии с:
- СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия";
- СП 16.13330.2017 "Стальные конструкции";
Климатические условия:
расчетная температура наружного воздуха наиболее холодных суток обеспеченностью 0,98 минус 44,00.
Нормативное значение веса снегового покрова для г. Тюмени - 1.6 кПа (по таблице К.1)

2 Конструктивные решения

Ограждающая конструкция кровли выполняется из кровельной Сэндвич-панели с минераловатным наполнителем плотностью 100 кг/м³, обшитого стальным листом t=0.7 мм.
Крепление сэндвич-панели к прогону кровли выполняется посредством самонарезающих винтов диаметром 5.5 мм с шагом 400 мм.
Угол наклона кровли составляет 2 градуса. Прогон выполняется из прокатного швеллера с параллельными гранями полок по ГОСТ 8240-97.
Прогон опирается на металлическую ферму. Шаг прогонов 3 м, шаг ферм 6 м. В покрытии предусмотрена система горизонтальных связей и распорок.
Ферма принимается по серии 1.263.2-4 Выпуск 3 Марка фермы ГФУ 18.1,2-1.8. Конструкция фермы - из спаренных уголков, стержни фермы соединяются в узлах на фасонках, примыкание стержней друг к другу шарнирное.

3 Расчёт конструкции в ПК ЛИРА САПР

3.1 Описание расчётной модели

В расчётах используется версия ЛИРА САПР 2021. Общий вид модели фермы см.рисунок

Собственный вес

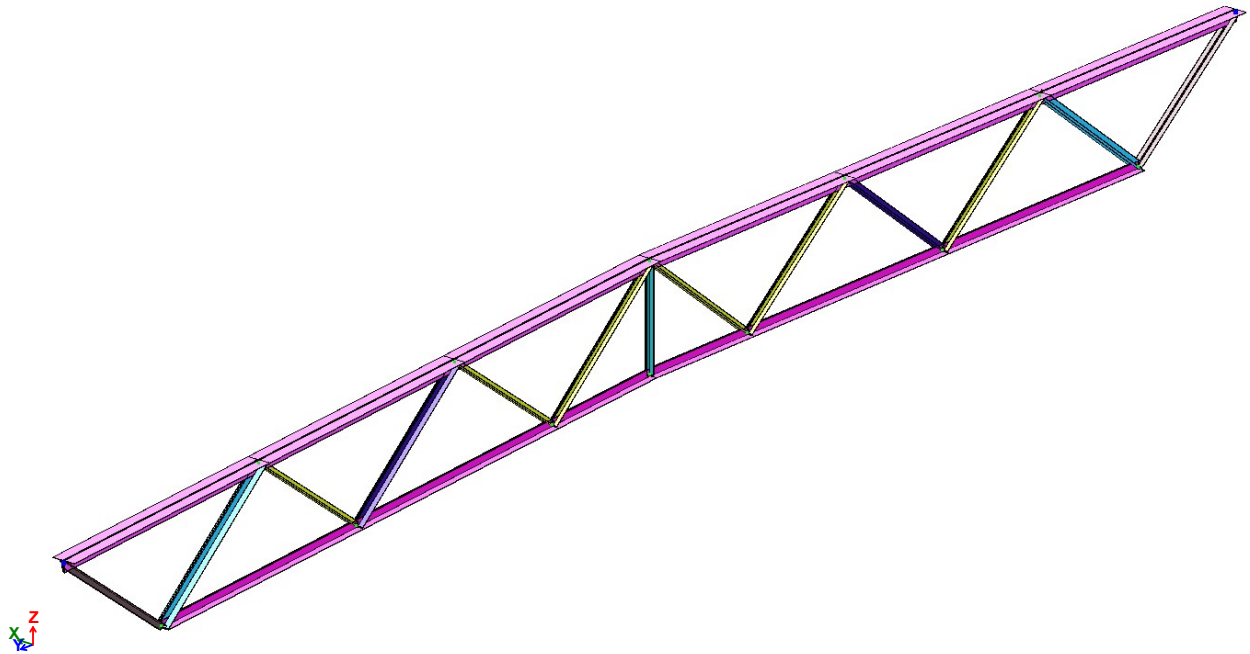


Рис. 3.1 Общий вид расчётной модели

Построение модели фермы выполняется при помощи стержневых элементов тип КЭ10. Принятые жёсткости представлены ниже:

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

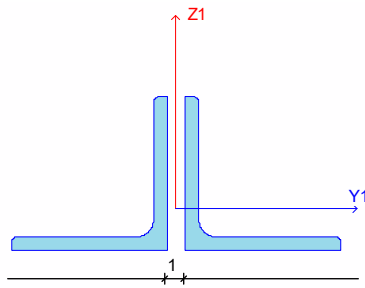
Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата

Шифр-ТР

Лист

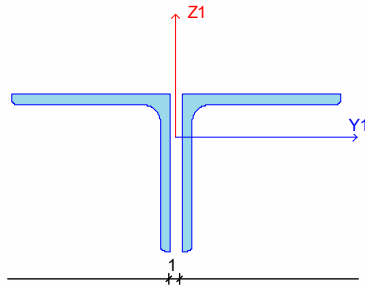
3

3.1.1 Жесткости



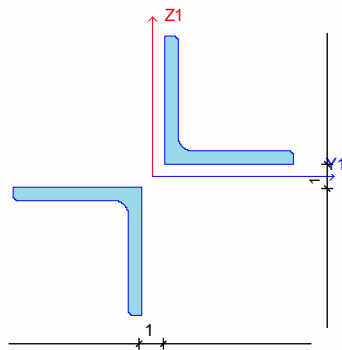
Размеры профиля для справки, см	
Уголок	
Профиль	80 x 80 x 7
H	8
Tw	0.7
R	0.9
r	0.3

Рис. 3.2 Жесткость 3 «3. Два уголка 80 x 80 x 7»



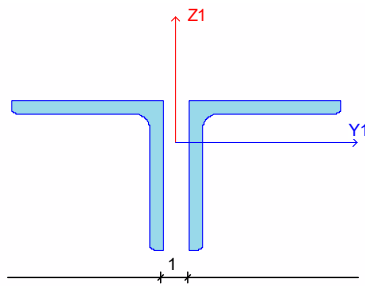
Размеры профиля для справки, см	
Уголок	
Профиль	125 x 125 x 8
H	12.5
Tw	0.8
R	1.4
r	0.46

Рис. 3.3 Жесткость 4 «4. Два уголка 125 x 125 x 8»



Размеры профиля для справки, см	
Уголок	
Профиль	50 x 50 x 5
H	5
Tw	0.5
R	0.55
r	0.18

Рис. 3.4 Жесткость 5 «5. Крестовые уголки 50 x 50 x 5»



Размеры профиля для справки, см	
Уголок	
Профиль	56 x 56 x 5
H	5.6
Tw	0.5
R	0.6
r	0.2

Рис. 3.5 Жесткость 6 «6. Два уголка 56 x 56 x 5»

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

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата

Шифр-ТР

Лист

4

Нижняя обшивка профлист: $1 \cdot 0.0007 \cdot 7850 = 5.5$ кг/м;
 Нормативный вес квадратного метра сэндвич панели:
 $7 + 21.4 + 5.5 = 33.9$ кг/м²;
 Расчётный вес квадратного метра сэндвич панели:
 $1.05 \cdot 7 + 21.4 \cdot 1.3 + 1.05 \cdot 5.5 = 40.95$ кг/м²;
 Расчётная нагрузка на узлы фермы от сэндвич-панели (шаг ферм 6 м, шаг прогонов 3 м):
 рядовой прогон $0.041 \cdot 6 \cdot 3 = 0.738$ т;

Нормативная нагрузка от веса прогонов принята 0.01 тс/м², расчётная нагрузка от веса прогонов
 $0.01 \cdot 1.3 = 0.013$ тс/м²;
 Расчётная нагрузка на узлы фермы от веса прогонов (шаг ферм 6 м, шаг прогонов 3 м):
 рядовой прогон $0.013 \cdot 6 \cdot 3 = 0.234$ т;

Снеговая нагрузка (г. Тюмень)

$S_0 = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g$ – нормативное значение снеговой нагрузки

c_e – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов, принимаемый в соответствии с 10.5-10.9, СП 20.133330.2016;

п.10.7 с учётом Изм 3 к СП 20.133330.2016: Для пологих (с уклонами до 10 градусов или с $f/l \leq 0.05$, где f – стрела подъёма покрытия, l – пролёт покрытия, м) покрытий однопролётных и многопролётных зданий без фонарей, проектируемых на местности типов А или В (см.11.1.6) и имеющих характерный размер в плане l_c не более 100 м (см. схемы Б1, Б.2, Б.5 и Б.6 приложения Б), а также для покрытий высотных зданий допускается учитывать коэффициент сноса снега, принимаемый по формуле (10.2), но не менее 0.5 и не более 1:

$$c_e = (k_v - 0.4 \cdot \sqrt{k}) \cdot (0.8 + 0.002 \cdot l_c)$$

где k_v – коэффициент, зависящий от средней скорости ветра в зимний период и среднемесячной температуры воздуха в январе, принимаемый по таблице 10.2;

k – коэффициент, зависящий от высоты над уровнем планировочной отметки земли, принимаемый по таблице 11.2 для типов местности А или В (см.11.1.6);

$l_c = 2 \cdot b - b^2 / l_{\max}$ – характерный размер покрытия, принимаемый не более 100 м;

здесь b – наименьший размер покрытия в плане;

l_{\max} – наибольший размер покрытия в плане;

Таблица 10.2 – Коэффициент k_v

Среднемесячная температура воздуха в январе T , °С (по таблице 5.1 СП 131.13330.2018)	Средняя скорость ветра v , м/с, за период со средней суточной температурой воздуха ≤ 8 °С (по таблице 3.1 СП 131.13330.2018) для типов местности					
	$3 < v \leq 4$		$4 < v \leq 6$		$v > 6$	
	А	В	А	В	А	В
$-15 \leq T < -5$	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3
$-25 \leq T < -15$	1,4	1,4	1,3	1,4	1,2	1,3
$T < -25$	1,3	1,4	1,2	1,3	1,2	1,2

Примечания

1 Среднемесячная температура воздуха в январе и средняя скорость ветра принимаются для ближайшего населенного пункта к месту строительства.

2 Тип местности может отличаться при различных направлениях снегопереноса. В случае если местность типа А распространяется на расстояние менее 300 м от объекта, а далее расположены здания или сооружения, лесной массив или иные препятствия, характерные для местности типа В, данное направление следует относить к местности типа В.

Для г. Тюмени $T = -16.2$ С°, $v = 2,7$ м/с. Принимаем $k_v = 1.4$ для типа местности В.
 Определение коэффициента k по таблице 11.2 для типа местности В

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

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата	<i>Шифр-ТР</i>	Лист
							6

Таблица 11.2

Высота $z_e, \text{ м}$	Коэффициент k для типов местности		
	A	B	C
≤ 5	0,75	0,5	0,4
10	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0
80	1,85	1,45	1,15
100	2,0	1,6	1,25
150	2,25	1,9	1,55
200	2,45	2,1	1,8
250	2,65	2,3	2,0
300	2,75	2,5	2,2

Принимаем $z_e=8 \text{ м}$

Значение k определяем линейной интерполяцией:

		α_n
$z_{e, n-1}$	5	0.5
$z_{e, n}$	8	0.59
$z_{e, n+1}$	10	0.65

$l_c = 2 \cdot b - b^2 / l_{\max} = 2 \cdot 18 - 18^2 / 18 = 18 \text{ м};$

подставляем значения в формулу (10.2)

$$c_e = (k_v - 0,4 \cdot \sqrt{k}) \cdot (0,8 + 0,002 \cdot l_c) = (1,4 - 0,4 \cdot \sqrt{0,59}) \cdot (0,8 + 0,002 \cdot 18) = 0,913542486191$$

Коэффициент $c_t=1$.

Определение коэффициента μ .

Принимаем $\mu=1$, по п. Б.1 для двускатного покрытия с углом наклона 5 градусов, Вариант 1.

Определение нормативной снеговой нагрузки по формуле (10.1):

$S_0 = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g = 0,914 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,6 = 1,462 \text{ кПа} = 0,15 \text{ т/м}^2$

Расчётная снеговая нагрузка на 1 м²:

$S = S_0 \cdot Y_f = 0,15 \cdot 1,4 = 0,21 \text{ т/м}^2;$

Расчётная нагрузка на узлы фермы от веса прогонов (шаг ферм 6 м, шаг прогонов 3 м):

рядовой прогон $0,21 \cdot 6 \cdot 3 = 3,78 \text{ т};$

Для расчёта по первому и второму предельным состояниям составлена таблица РСН:

Таблица 3.3.1 Коэффициенты для РСН (02)

N загруз.	Вид / РСН	1	2
1	Постоянное (P)	1	0.77
2	Постоянное (P)	1	0.77
3	Кратк. доминир.1 (Pt1)	1	0.357

Схемы приложения нагрузок представлены ниже:

Собственный вес

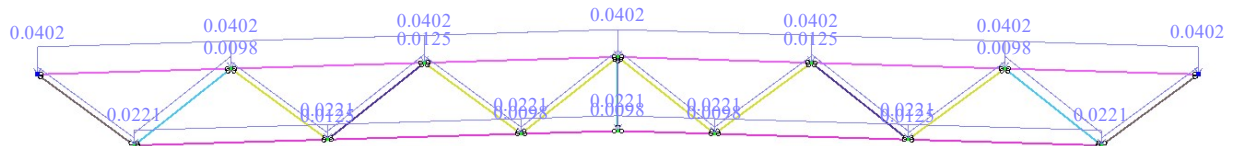


Рис. 3.9 Собственный вес

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата
------	-------	------	---	-------	------

Шифр-ТР

Лист

7

Постоянные нагрузки на покрытие

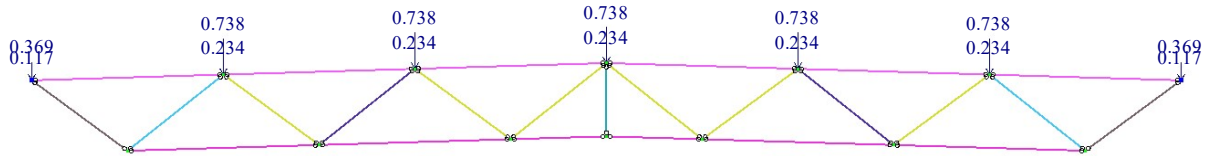


Рис. 3.10 Постоянные нагрузки на покрытие

Снег

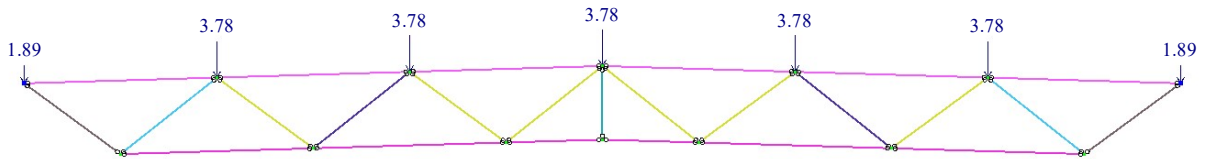


Рис. 3.11 Снег

3.4 Исходные данные для расчёта стальных конструкций

Проверка прочности стальных конструкций выполняется по СП 16.13330.2017. Схема элементов фермы приведена на рисунке:

ГФУ 18

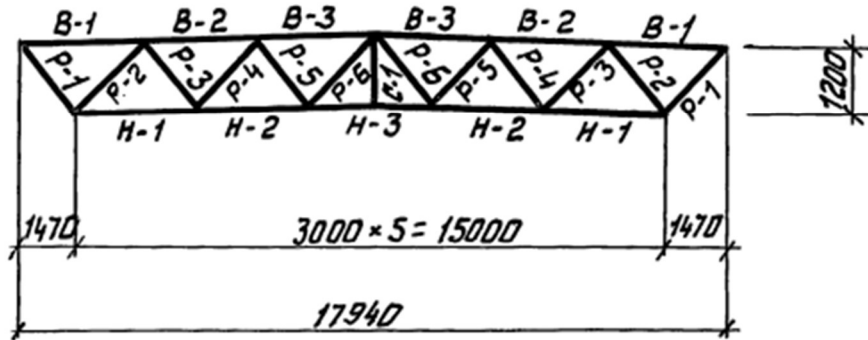


Схема элементов фермы

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата

Шифр-ТР

Лист

8

Марки стали и дополнительные характеристики элементов фермы приведены в таблице.

Таблица 3.4.1 Характеристики для расчёта стальных конструкций

Наименование конструкции	Марка стали	Дополнительные характеристики	Обоснование	
Стропильная ферма				
Верхний пояс (В1, В2, В3)	Группа стальных конструкций 2 Принятая марка стали С345	Тип Элемента – ферменный	Расчёт на осевые усилия (N)	
		Коэффициенты условий работы и надёжности: Ус устойчивости = 0.8 Ус прочности = 1	Таблица 1 СП 16.13330.2017 поз.4 Сжатые основные элементы (кроме опорных) решётки составного таврового сечения из двух уголков в сварных фермах покрытий и перекрытий при расчёте на устойчивость указанных элементов с гибкостью больше 60, Ус=0.8	
		Предельная гибкость на сжатие:	Таблица 32 СП 16.13330.2017 П.1 Пояса, опорные раскосы и стойки, передающие опорные реакции: а) плоских ферм, структурных конструкций и пространственных конструкций из труб или парных уголков высотой до 50 м: 180-60а	
		Предельная гибкость на растяжение	Таблица 33 СП 16.13330.2017 П.1 Пояса и опорные раскосы плоских ферм (включая тормозные фермы) и структурных конструкций при воздействии статических нагрузок - 400	
		Коэффициенты к расчётным длинам:		
		Kz=1	Таблица 24 СП 16.13330.2017 1 а) пояс фермы I1 В данном случае I1 принимается равным расстоянию узлами примыкания горизонтальных связей	
		Ky=1	Таблица 24 СП 16.13330.2017 2 а) пояс фермы I В данном случае I принимается равным расстоянию между раскосами фермы	
Нижний пояс (Н1, Н2, Н3)	Группа стальных конструкций 2 Принятая марка стали С345	Тип Элемента – ферменный	Расчёт на осевые усилия (N)	
		Коэффициенты условий работы и надёжности: Ус устойчивости = 1 Ус прочности = 1	Таблица 1 СП 16.13330.2017 примечание 5 В случаях, не оговорённых в настоящей таблице, в формулах следует принимать Ус=1	
		Предельная гибкость на сжатие:	Таблица 32 СП 16.13330.2017 П.1 Пояса, опорные раскосы и стойки, передающие опорные реакции: а) плоских ферм, структурных конструкций и пространственных конструкций из труб или парных уголков высотой до 50 м: 180-60а	
		Предельная гибкость на растяжение	Таблица 33 СП 16.13330.2017 П.1 Пояса и опорные раскосы плоских ферм (включая тормозные фермы) и структурных конструкций при воздействии статических нагрузок - 400	
		Коэффициенты к расчётным длинам:		
		Kz=2.5	Таблица 24 СП 16.13330.2017 1 а) пояс фермы I1 В данном случае I1 принимается равным расстоянию узлами примыкания горизонтальных связей	
		Ky=1	Таблица 24 СП 16.13330.2017 2 а) пояс фермы I	

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

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата	<i>Шифр-ТР</i>	Лист
							9

			В данном случае I принимается равным расстоянию между раскосами фермы
Опорный раскос (P1)	Группа стальных конструкций 2 Принятая марка стали С345	Тип Элемента – ферменный	Расчёт на осевые усилия (N)
		Коэффициенты условий работы и надёжности: Ус устойчивости = 1 Ус прочности = 1	Таблица 1 СП 16.13330.2017 примечание 5 В случаях, не оговорённых в настоящей таблице, в формулах следует принимать Ус=1
		Предельная гибкость на сжатие:	Таблица 32 СП 16.13330.2017 П.1 Пояса, опорные раскосы и стойки, передающие опорные реакции: а) плоских ферм, структурных конструкций и пространственных конструкций из труб или парных уголков высотой до 50 м: 180-60а
		Предельная гибкость на растяжение	Таблица 33 СП 16.13330.2017 П.1 Пояса и опорные раскосы плоских ферм (включая тормозные фермы) и структурных конструкций при воздействии статических нагрузок - 400
		Коэффициенты к расчётным длинам:	
		Kz=1 (из плоскости фермы)	Таблица 24 СП 16.13330.2017 1 а) опорный раскос I1 В данном случае I1 = 1*I
		Ky=1 (в плоскости фермы)	Таблица 24 СП 16.13330.2017 2 а) опорный раскос I В данном случае I принимается равным конструктивной длине элемента
Раскосы (P2, P4, P6)	Группа стальных конструкций 2 Принятая марка стали С345	Тип Элемента – ферменный	Расчёт на осевые усилия (N)
		Коэффициенты условий работы и надёжности: Ус устойчивости = 0.8 Ус прочности = 1	Таблица 1 СП 16.13330.2017 поз.4 Сжатые основные элементы (кроме опорных) решётки составного таврового сечения из двух уголков в сварных фермах покрытий и перекрытий при расчёте на устойчивость указанных элементов с гибкостью больше 60, Ус=0.8
		Предельная гибкость на сжатие:	Таблица 32 СП 16.13330.2017 П.2 Элементы, кроме указанных в позиции 1 и 7: а) плоских ферм, сварных пространственных и структурных конструкций из одиночных уголков, пространственных и структурных конструкций из труб и парных уголков: 210-60а
		Предельная гибкость на растяжение	Таблица 33 СП 16.13330.2017 П.2 Элементы ферм и структурных конструкций, кроме указанных в позиции 1 - 400
		Коэффициенты к расчётным длинам:	
		Kz=1 (из плоскости фермы)	Таблица 24 СП 16.13330.2017 2 а) прочий элемент решётки I1 В данном случае I1 принимается равным расстоянию между узлами фермы
Ky=0.8 (в плоскости фермы)	Таблица 24 СП 16.13330.2017 1 а) прочий элемент решётки I В данном случае I принимается равным расстоянию между узлами фермы		
Раскос (P3, P5)		Тип Элемента – ферменный	Расчёт на осевые усилия (N)

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

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата	Шифр-ТР	Лист
							10

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

	Группа стальных конструкций 2 Принятая марка стали С345	Коэффициенты условий работы и надёжности: Ус устойчивости = 1 Ус прочности = 1	Таблица 1 СП 16.13330.2017 примечание 5 В случаях, не оговорённых в настоящей таблице, в формулах следует принимать Ус=1	
		Предельная гибкость на сжатие:	Таблица 32 СП 16.13330.2017 П.2 Элементы, кроме указанных в позиции 1 и 7: а) плоских ферм, сварных пространственных и структурных конструкций из одиночных уголков, пространственных и структурных конструкций из труб и парных уголков: 210-60а	
		Предельная гибкость на растяжение	Таблица 33 СП 16.13330.2017 П.2 Элементы ферм и структурных конструкций, кроме указанных в позиции 1 - 400	
		Коэффициенты к расчётным длинам:		
		Kz=1 (из плоскости фермы)	Таблица 24 СП 16.13330.2017 2 а) прочий элемент решётки I1 В данном случае I1 принимается равным расстоянию между узлами фермы	
		Ky=0.8 (в плоскости фермы)	Таблица 24 СП 16.13330.2017 1 а) прочий элемент решётки I В данном случае I принимается равным расстоянию между узлами фермы	
	Стойка (С1)	Группа стальных конструкций 2 Принятая марка стали С345	Тип Элемента – ферменный	Расчёт на осевые усилия (N)
			Коэффициенты условий работы и надёжности: Ус устойчивости = 1 Ус прочности = 1	Таблица 1 СП 16.13330.2017 примечание 5 В случаях, не оговорённых в настоящей таблице, в формулах следует принимать Ус=1
			Предельная гибкость на сжатие:	Таблица 32 СП 16.13330.2017 П.2 Элементы, кроме указанных в позиции 1 и 7: а) плоских ферм, сварных пространственных и структурных конструкций из одиночных уголков, пространственных и структурных конструкций из труб и парных уголков: 210-60а
			Предельная гибкость на растяжение	Таблица 33 СП 16.13330.2017 П.2 Элементы ферм и структурных конструкций, кроме указанных в позиции 1 - 400
Коэффициенты к расчётным длинам:				
	Kz=1 (из плоскости фермы)		Таблица 24 СП 16.13330.2017 2 а) прочий элемент решётки I1 В данном случае I1 принимается равным расстоянию между узлами фермы	
	Ky=0.8 (в плоскости фермы)	Таблица 24 СП 16.13330.2017 1 а) прочий элемент решётки I В данном случае I принимается равным расстоянию между узлами фермы		
Система связей				
	Распорка в уровне нижних поясов ферм Сечение – крестовые уголки	Группа стальных конструкций 4 Принятая марка стали С245	Тип Элемента – ферменный	Расчёт на осевые усилия (N)
			Коэффициенты условий работы и надёжности: Ус устойчивости = 1 Ус прочности = 1	Таблица 1 СП 16.13330.2017 примечание 5 В случаях, не оговорённых в настоящей таблице, в формулах следует принимать Ус=1
<i>Шифр-ТР</i>				Лист
Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.
				Дата
				11

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

		Lef _y =3	Длина в плоскости принимается равной расстоянию между узлами примыкания раскосов
<p>Крестовые связи в уровне верхнего пояса Сечение – одиночный уголок</p> <p>10.1.4 Радиусы инерции i сечений элементов из одиночных уголков при определении гибкости следует принимать: при расчётной длине элемента не менее $0.85 \cdot l$ (где l – расстояние между центрами ближайших узлов) – минимальными ($i=i_{\min}$); в остальных случаях – относительно оси уголка, перпендикулярной или параллельной плоскости фермы ($i=i_x$ или $i=i_y$), в зависимости t направления продольного изгиба.</p>	<p>Группа стальных конструкций 4 Принятая марка стали С245</p>	Тип Элемента – ферменный	Расчёт на осевые усилия (N)
		Коэффициенты условий работы и надёжности: γ_c устойчивости = 1 γ_c прочности = 1	Таблица 1 СП 16.13330.2017 примечание 5 В случаях, не оговорённых в настоящей таблице, в формулах следует принимать $\gamma_c=1$
		Предельная гибкость на сжатие:	Предполагается, что элемент воспринимает только растягивающие усилия, поэтому предельная гибкость на сжатие принимается равной предельной гибкости на растяжение 400
		Предельная гибкость на растяжение	Таблица 33 СП 16.13330.2017 П.5 Прочие элементы связей при статической нагрузке 400
		Коэффициенты к расчётным длинам:	
		$K_z=0.5$	Расчётная длина в плоскости принимается равной половине геометрической длины связи
		$K_y=1$	Расчётная длина из плоскости принята $l_{ef_1}=l_1$ по п.10.1.3 таблица 25 Поддерживающий элемент прерывается и перекрывается фасонкой, рассматриваемый элемент не прерывается.
<p>Прогон Сечение - швеллер</p>	<p>Группа стальных конструкций 3 Принятая марка стали С245</p>	Тип Элемента – балка	Расчёт на изгибные усилия (M_y, M_z, Q_y, Q_z, M_w)
		Коэффициенты условий работы и надёжности: γ_c устойчивости = 1 γ_c прочности = 1	Таблица 1 СП 16.13330.2017 примечание 5 В случаях, не оговорённых в настоящей таблице, в формулах следует принимать $\gamma_c=1$
		Данные для расчёта на прогиб: Не задаются	Изгиб прогона происходит в двух плоскостях. Прогиб посчитан вручную.
		Данные для расчёта на общую устойчивость	
		$L_{ef,b}=0.4$ м	Принято равным расстоянию между точками крепления сэндвич-панели к верхнему поясу прогона. Тип раскрепления сжатого пояса: два и более раскрепления делят пролёт на равные части
<p>Схемы элементов фермы с назначенными материалами и мозаики принятых характеристик для расчёта стальных конструкций представлены в приложении 2.</p>			
Изм.	Кол.у	Лист	№
			Подп. Дата
			Лист
			13

Шифр-ТР

Приложение 1

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата	Индв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Согласовано											

Шифр-ТР

Приложение 2

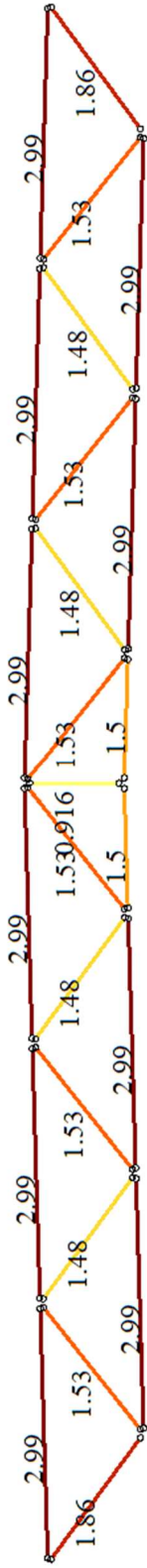
Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата	Индв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Согласовано		

Шифр-ТР

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Согласовано	
Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.
				Дата



Вариант конструирования: Вариант 1: СП 63.13330.2012/2018, СП 15.13330.2012
 Расчет по РСН: Импорт из САПФИР: СП 20.13330.2016 (РФ) (по умолчанию) (СП 16.13330.2017)
 Единицы измерения - м



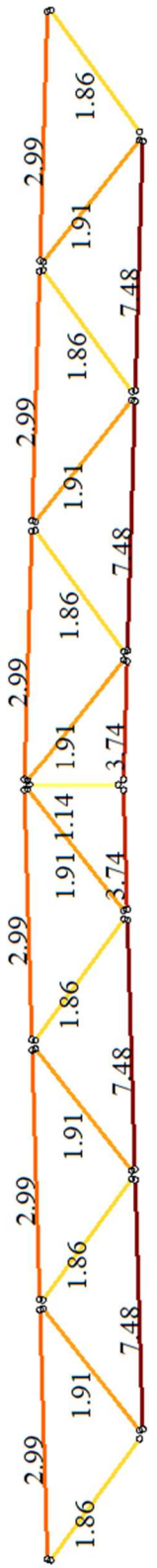
Мозаика расчетных длин относительно Y1

Рис. 6.1 Мозаика расчетных длин относительно Y1

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Согласовано		
Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата



Вариант конструирования: Вариант 1: СП 63.13330.2012/2018, СП 15.13330.2012
 Расчет по РСН: Импорт из САПФИР: СП 20.13330.2016 (РФ) (по умолчанию) (СП 16.13330.2017)
 Единицы измерения - м



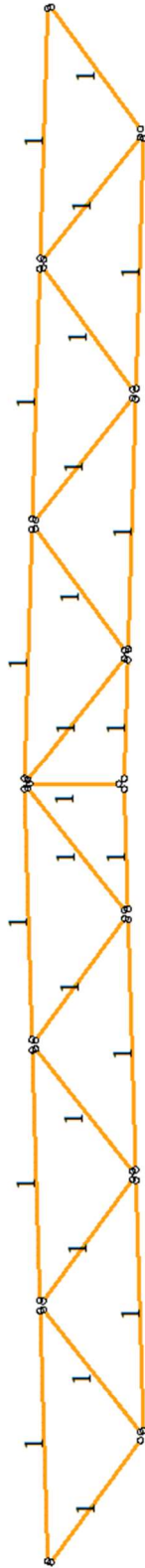
Мозаика расчетных длин относительно Z1

Рис. 6.2 Мозаика расчетных длин относительно Z1

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Согласовано		
Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата



Вариант конструирования: Вариант 1: СП 63.13330.2012/2018, СП 15.13330.2012
 Расчет по РСН:Импорт из САПФИР: СП 20.13330.2016 (РФ) (по умолчанию) (СП 16.13330.2017)



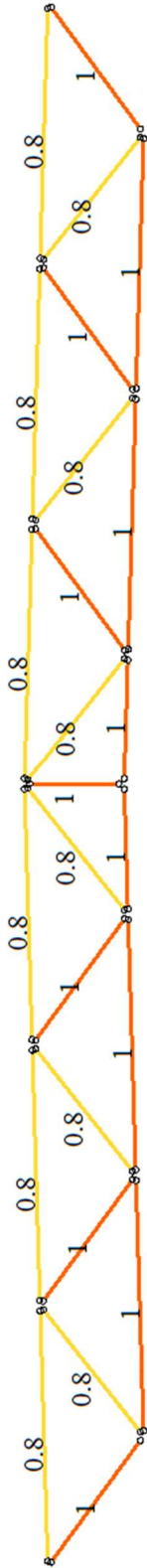
Мозаика коэффициентов условий работы на прочность

Рис. 6.3 Мозаика коэффициентов условий работы на прочность

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Согласовано		
Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата



Вариант конструирования: Вариант 1: СП 63.13330.2012/2018, СП 15.13330.2012
 Расчет по РСН:Импорт из САПФИР: СП 20.13330.2016 (РФ) (по умолчанию) (СП 16.13330.2017)



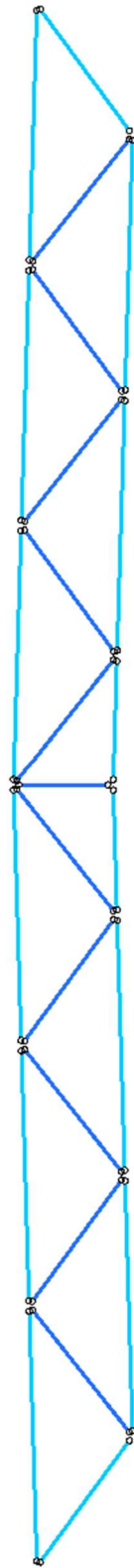
Мозаика коэффициентов условий работы на устойчивость

Рис. 6.4 Мозаика коэффициентов условий работы на устойчивость

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Согласовано		
Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата



Вариант конструирования: Вариант 1: СП 63.13330.2012/2018, СП 15.13330.2012
 Расчет по РСН: Импорт из САПФИР: СП 20.13330.2016 (РФ) (по умолчанию) (СП 16.13330.2017)




 Предельная гибкость на сжатие

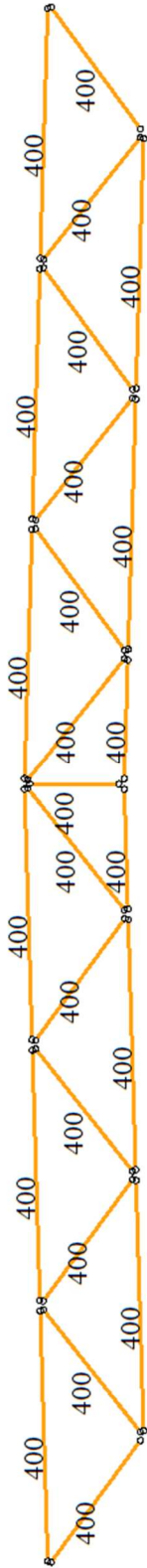
Рис. 6.5 Предельная гибкость на сжатие

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Согласовано		
Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата



400

Вариант конструирования: Вариант 1: СП 63.13330.2012/2018, СП 15.13330.2012
 Расчет по РСН: Импорт из САПФИР: СП 20.13330.2016 (РФ) (по умолчанию) (СП 16.13330.2017)



Предельная гибкость на растяжение

Рис. 6.6 Предельная гибкость на растяжение

Приложение 3

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

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата

Шифр-ТР

Результаты определения внутренних усилий в стержнях фермы

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Согласовано		
Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата

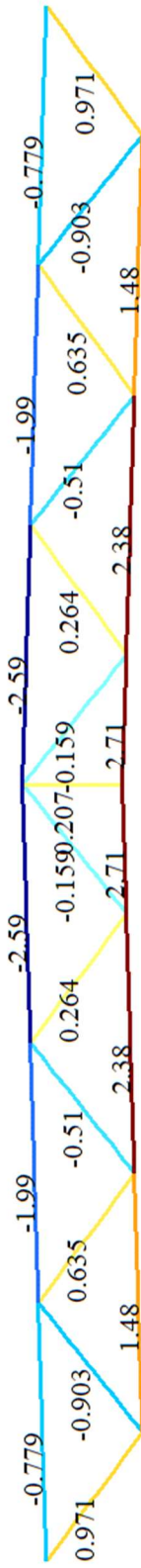
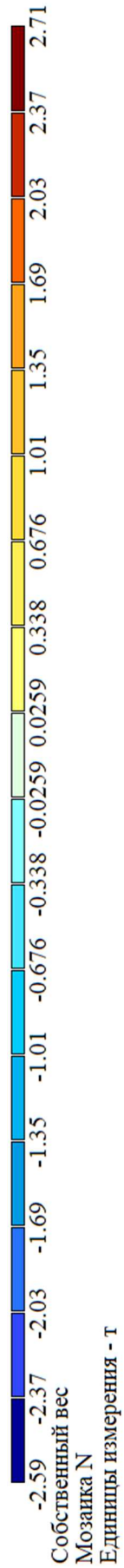


Рис. 7.1 Мозаика N Собственный вес

Шифр-ТР

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

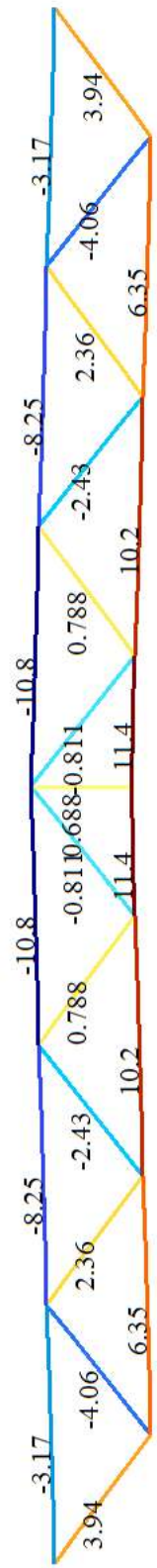


Рис. 7.2 Мозаика N Постоянные нагрузки на покрытие

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата

Шифр-ТР

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Согласовано		
Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата

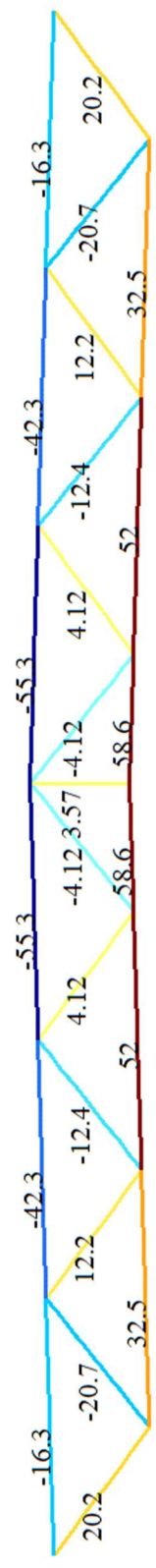
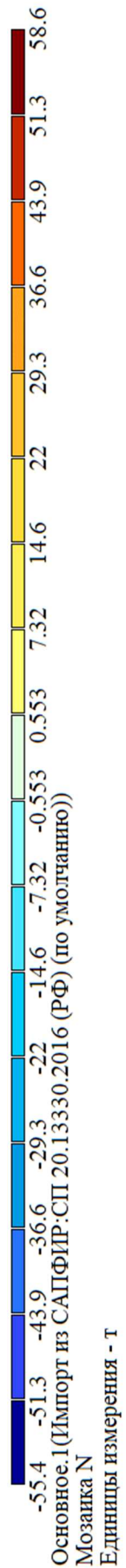


Рис. 7.4 Мозаика N Основное сочетание нагрузок

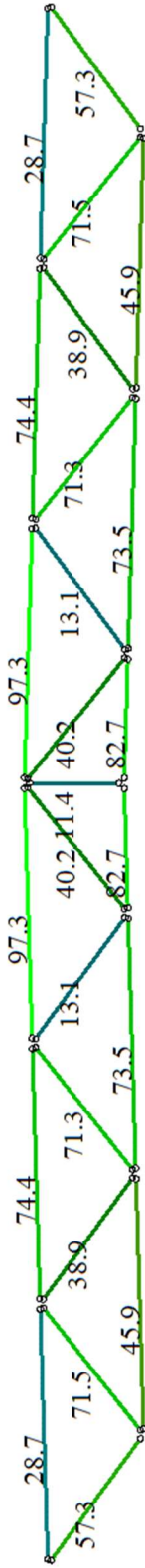
Результаты проверки поперечных сечений элементов

Шифр-ТР

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Согласовано	
Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.
				Дата



Вариант конструирования: Вариант 1: СП 63.13330.2012/2018, СП 15.13330.2012
 Расчет по РСН: Импорт из САУФИР: СП 20.13330.2016 (РФ) (по умолчанию) (СП 16.13330.2017)



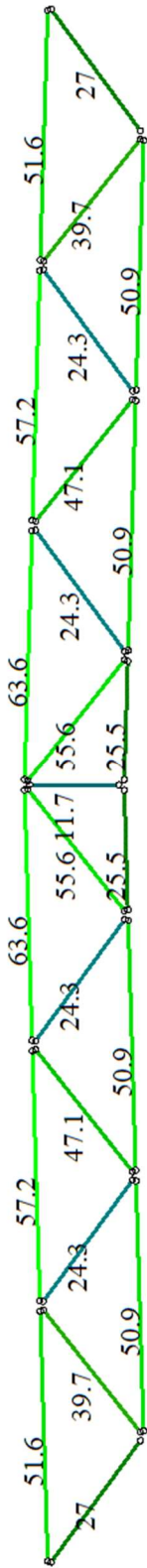
Мозаика результатов проверки назначенных сечений по 1 предельному состоянию

Рис. 7.5 Мозаика результатов проверки назначенных сечений по 1 предельному состоянию

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Согласовано		
Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата



Вариант конструирования: Вариант 1: СП 63.13330.2012/2018, СП 15.13330.2012
 Расчет по РСН: Импорт из САПФИР: СП 20.13330.2016 (РФ) (по умолчанию) (СП 16.13330.2017)



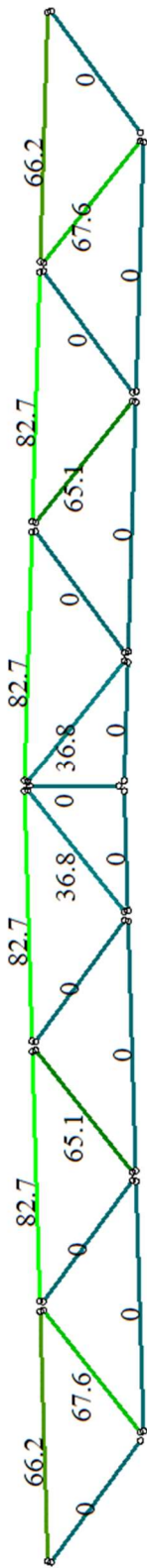
Мозаика результатов проверки назначенных сечений по 2 предельному состоянию

Рис. 7.6 Мозаика результатов проверки назначенных сечений по 2 предельному состоянию

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Согласовано		
Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата



Вариант конструирования: Вариант 1: СП 63.13330.2012/2018, СП 15.13330.2012
 Расчет по РСН:Импорт из САПФИР: СП 20.13330.2016 (РФ) (по умолчанию) (СП 16.13330.2017)



Мозаика результатов проверки назначенных сечений по местной устойчивости

Рис. 7.7 Мозаика результатов проверки назначенных сечений по местной устойчивости

Приложение 4

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата	Индв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Согласовано					

Шифр-ТР

Сбор нагрузок

Определение веса сэндвич-панели

Нормативный вес материалов сэндвич-панели

Наполнитель: $100 \text{ кг/м}^3 \cdot 0.214 \text{ м}^2 = 21.4 \text{ кг/м}$;

Верхняя обшивка профлист: $1.273 \cdot 0.0007 \cdot 7850 = 7 \text{ кг/м}$;

Нижняя обшивка профлист: $1 \cdot 0.0007 \cdot 7850 = 5.5 \text{ кг/м}$;

Нормативный вес квадратного метра сэндвич панели:

$7 + 21.4 + 5.5 = 33.9 \text{ кг/м}^2$;

Расчётный вес квадратного метра сэндвич панели:

$1.05 \cdot 7 + 21.4 \cdot 1.3 + 1.05 \cdot 5.5 = 40.95 \text{ кг/м}^2$;

Коэффициент надёжности по нагрузке для веса кровли:

$40.95 / 33.9 = 1.208$;

Расчётная нагрузка на 1 м.п. грузовой площади шириной 3 м: $40.95 \cdot 3 = 122.85 \text{ кг/м}$;

Расчётная снеговая нагрузка на прогон: $1.4 \cdot 160 \cdot 1.1 \cdot 3 = 739.2 \text{ кг/м}$;

С.в.

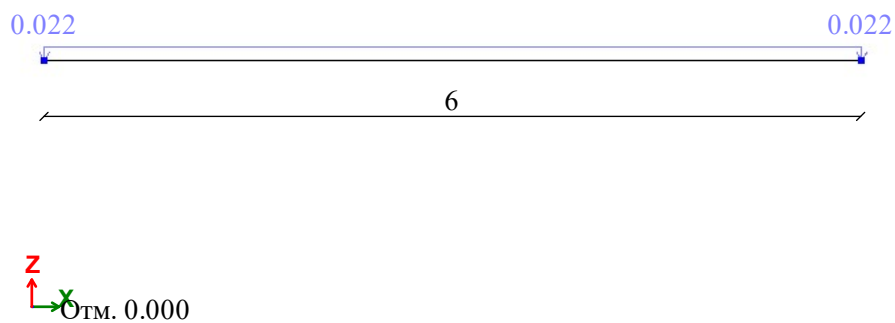


Рис. 3 Собственный вес

Вес кровли

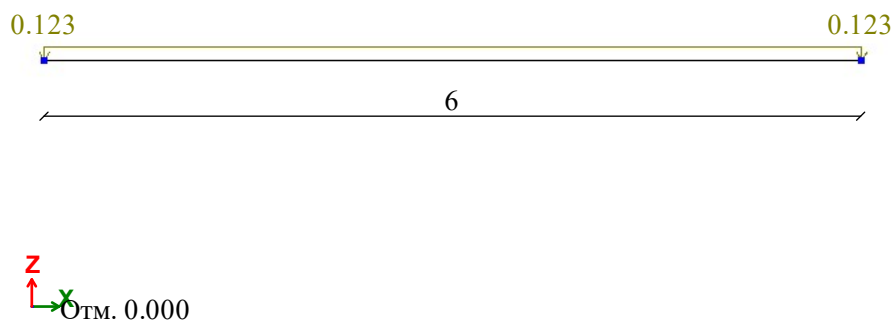


Рис. 4 Вес кровли

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

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата

Шифр-ТР

Лист

38

Снег

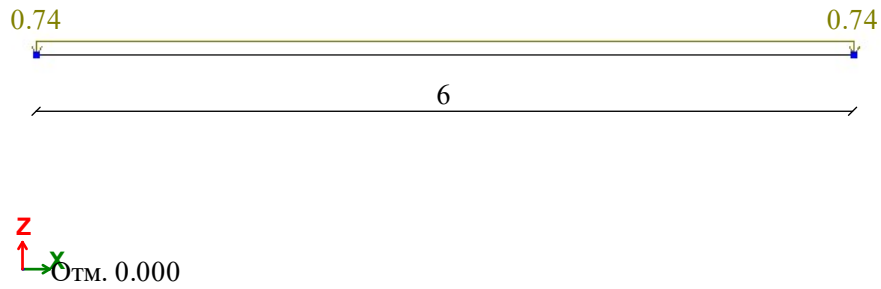


Рис. 5 Снег

Исходные данные для расчёта стальных конструкций

Проверка прочности стальных конструкций выполняется по СП 16.13330.2017.
 Марка стали приведена в таблице.

Таблица 3 Характеристики для расчёта стальных конструкций

- Вариант 1: СП 16.13330.2017
 ВП - Нагрузка к верхнему поясу
 нп - Нагрузка к нижнему поясу
 вп - Нагрузка к меньшему верхнему поясу
 НП - Нагрузка к большему нижнему поясу
 соср. в 1/4 - Сосредоточенная нагрузка в 1/4 пролета
 соср. в 1/2 - Сосредоточенная нагрузка в 1/2 пролета
 соср. на конце - Сосредоточенная нагрузка на конце консоли
 соср. - Сосредоточенная нагрузка
 равном. - Равномерно-распределенная нагрузка

Таблица 3 Характеристики для расчёта стальных конструкций. Материал

Номер	Комментарий	Набор параметров	Компонент	Сталь	Таблица сталей
1	прогон	Точное соответствие	Сечение	S245	Стали по СП 16.13330.2017, листовой, широкополосный универсальный, сортовой прокат и трубы <sp_16_13330_2017_listsorttrub.steels.srt>

Таблица 3.3 Характеристики для расчёта стальных конструкций. Дополнительные характеристики

Номер	Комментарий	Тип	Усуст	Успрочн	Усособ	Уп*	Le f, b, м	Клас с	Yf y	Yf z	Чистый изгиб	Ребра	Уст. балки	Нагрузки на балку
1	прогон	Балка	0.9	0.90	1.1	1.00	0.40	1	1.60	1.60	Нет	Нет	Балка с одной осью симметрии, без закреплений	ВП, равном.

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Вариант конструирования: Вариант 1
 Мозаика назначенных материалов СТАЛЬ
 СП 16.13330.2017
 Материалы
 1: прогон;
 Дополнительные характеристики
 1: прогон;
 Ограничения



Рис. 6 Мозаика назначенных материалов СТАЛЬ

Шаг раскрепления верхнего пояса для расчёта на общую устойчивость принят равным расстоянию между точками крепления сэндвич-панели к прогону.

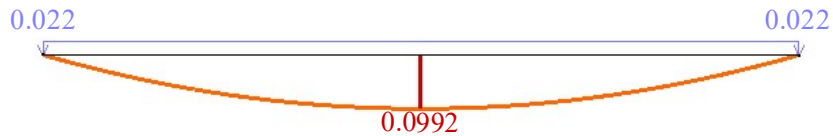
Основные результаты расчёта

Статическим расчётом определены внутренние усилия в конструкции.
 Конструктивным расчётом подобрано поперечное сечение прогона.

Результаты статического расчёта

Внутренние усилия в прогоне от отдельных нагрузок

С.в.
 Эпюра M_y
 Единицы измерения - т*м



С.в.
 Эпюра M_y
 Единицы измерения - т*м
 Максимальное значение 0.0991646

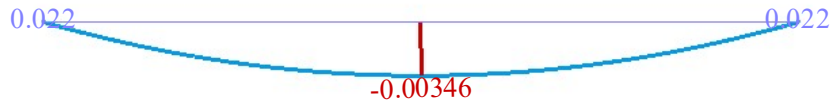
Рис. 7 Собственный вес Эпюра M_y

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

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата

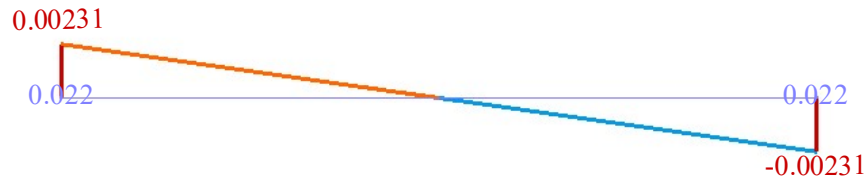
Шифр-ТР

С.в.
Эпюра Mz
Единицы измерения - т*м



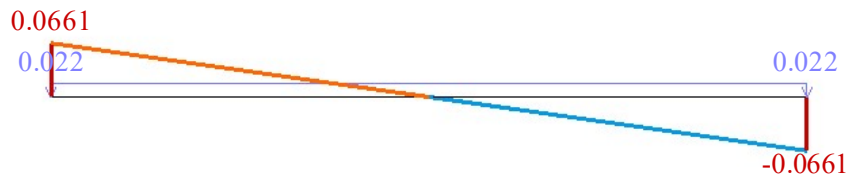
Y
X
Отм. 0.000
Минимальное значение -0.0034629;
Рис. 8 Собственный вес Эпюра Mz

С.в.
Эпюра Qu
Единицы измерения - т



Y
X
Отм. 0.000
Минимальное значение -0.0023086; Максимальное значение 0.0023086
Рис. 9 Собственный вес Эпюра Qu

С.в.
Эпюра Qz
Единицы измерения - т



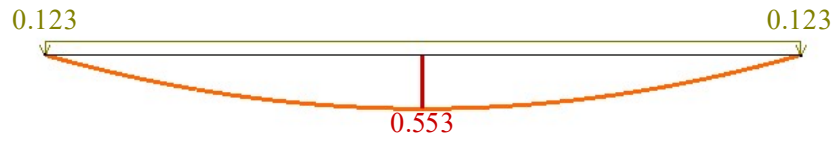
Z
X
Отм. 0.000
Минимальное значение -0.0661097; Максимальное значение 0.0661097
Рис. 10 Собственный вес Эпюра Qz

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

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата

Шифр-ТР

Вес кровли
Эпюра M_y
Единицы измерения - $\text{т}^*\text{м}$




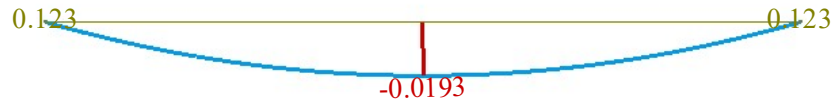

 Отм. 0.000
 Максимальное значение 0.553163

Рис. 11 Вес кровли Эпюра M_y

Вес кровли
Эпюра M_z
Единицы измерения - $\text{т}^*\text{м}$




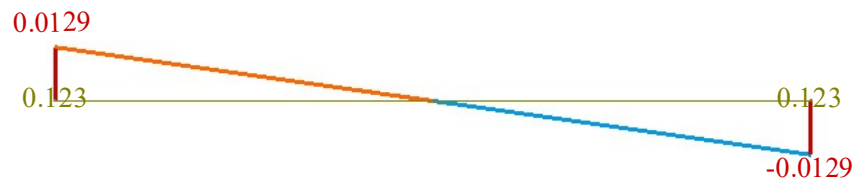

 Отм. 0.000
 Минимальное значение -0.0193169;

Рис. 12 Вес кровли Эпюра M_z

Вес кровли
Эпюра Q_y
Единицы измерения - т





 Отм. 0.000
 Минимальное значение -0.0128779; Максимальное значение 0.0128779

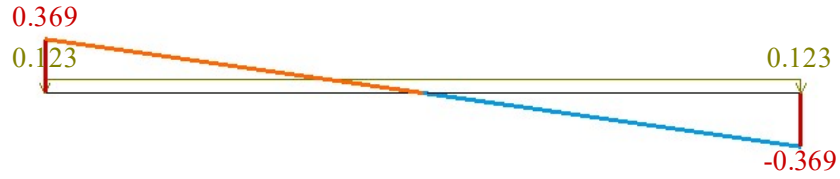
Рис. 13 Вес кровли Эпюра Q_y

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

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата

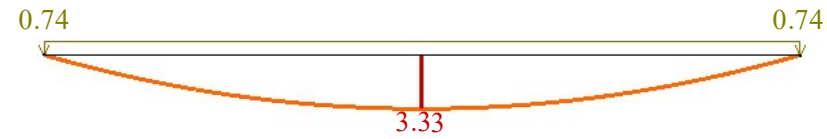
Шифр-ТР

Вес кровли
Эпюра Qz
Единицы измерения - т



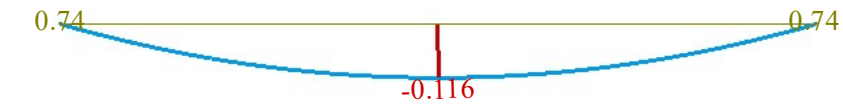
Отм. 0.000
Минимальное значение -0.368775; Максимальное значение 0.368775
Рис. 14 Вес кровли Эпюра Qz

Снег
Эпюра Mu
Единицы измерения - т*м



Отм. 0.000
Максимальное значение 3.32797
Рис. 15 Снег Эпюра Mu

Снег
Эпюра Mz
Единицы измерения - т*м



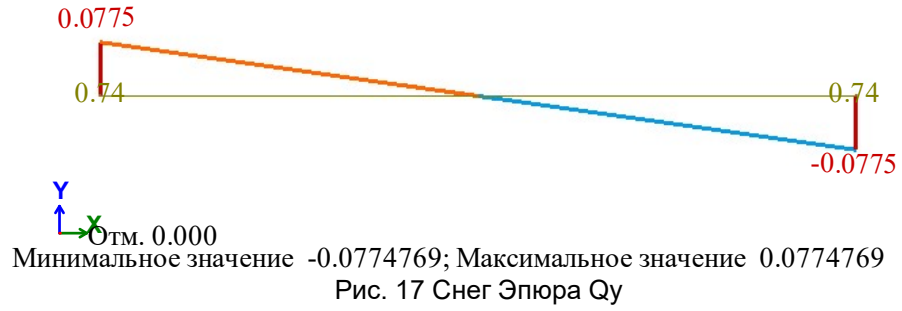
Отм. 0.000
Минимальное значение -0.116215;
Рис. 16 Снег Эпюра Mz

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

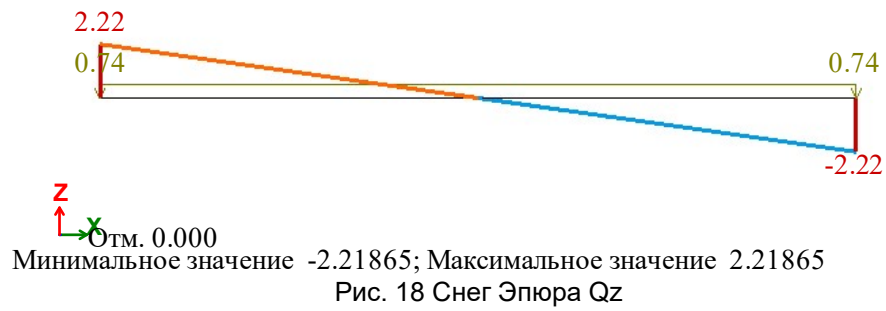
Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата

Шифр-ТР

Снег
Эпюра Qy
Единицы измерения - т

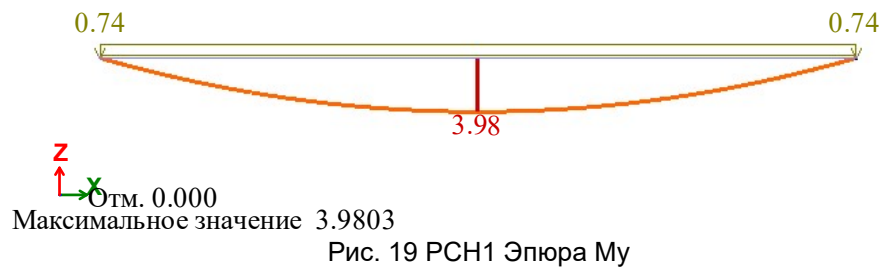


Снег
Эпюра Qz
Единицы измерения - т

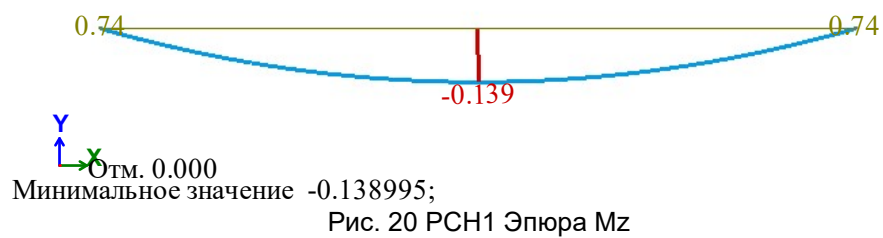


Внутренние усилия от сочетаний нагрузок

Расчётное сочетание(СП 20.13330.2011/2016_1)
Эпюра My
Единицы измерения - т*м



Расчётное сочетание(СП 20.13330.2011/2016_1)
Эпюра Mz
Единицы измерения - т*м



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

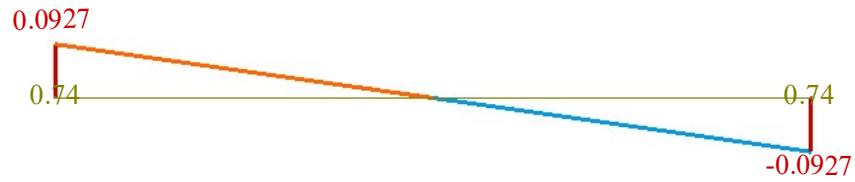
Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата

Шифр-ТР

Расчётное сочетание(СП 20.13330.2011/2016_1)

Эпюра Qy

Единицы измерения - т

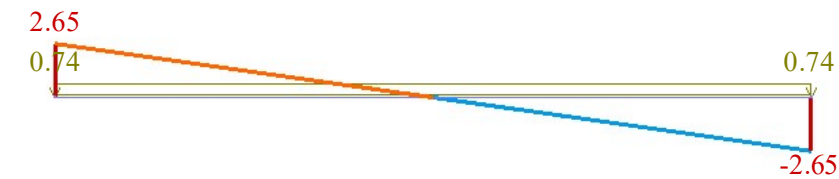


О_{тм.} 0.000
 Минимальное значение -0.0926634; Максимальное значение 0.0926634
 Рис. 21 РСН1 Эпюра Qy

Расчётное сочетание(СП 20.13330.2011/2016_1)

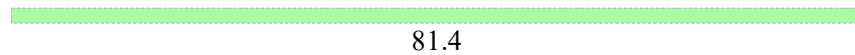
Эпюра Qz

Единицы измерения - т

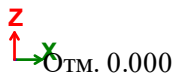


О_{тм.} 0.000
 Минимальное значение -2.65353; Максимальное значение 2.65353
 Рис. 22 РСН1 Эпюра Qz

Расчёт прогона по СП 16.13330.2017



Вариант конструирования: Вариант 1
 Расчет по РСУ:СП_1 (СП 16.13330.2017)



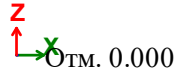
Мозаика результатов проверки назначенных сечений по 1 предельному состояю
 Рис. 23 Мозаика результатов проверки назначенных сечений по 1 предельному состояниюю

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

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата

Шифр-ТР

Вариант конструирования: Вариант 1
 Расчет по РСУ: СП_1 (СП 16.13330.2017)



Мозаика результатов проверки назначенных сечений по местной устойчивости
 Рис. 24 Мозаика результатов проверки назначенных сечений по местной устойчивости

Таблица 4 Стальные элементы. Проверка. [Вариант 1] (01)

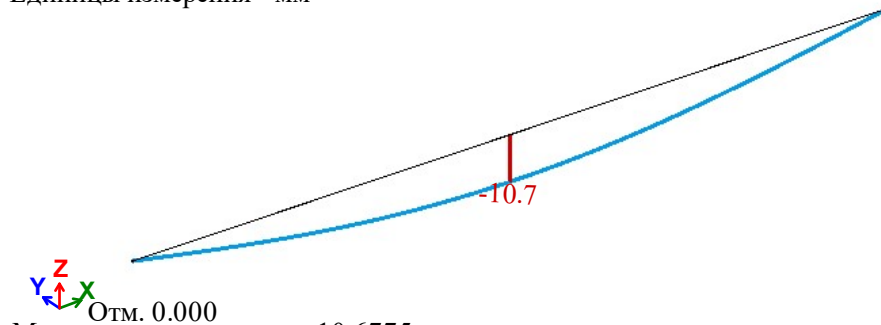
Таблица 4 Стальные элементы. Проверка. [Вариант 1] (01). Балки

ГР	Элемент	Сечение	Группа	Шаг	Фб min	нор %	тау %	с1 %	УБ %	Прг %	УС %	УП %	1ПС %	2ПС %	М.У %	Длина
1 - Основная схема: Сечение: 1.1.1. Швеллер 24П Профиль: 24П/ ГОСТ 8240-97 Сортамент: Швеллеры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок (П) (ГОСТ 8240-97) Сталь: С245/ ГОСТ 27772-2015/ ГОСТ 27772-2015 Сортамент: Стали по СП 16.13330.2017, листовой, широкополосный универсальный, сортовой прокат и трубы																
1	1	1		0.0 0	1.0 0	0	16	14	0	71	38	0	16	71	38	6.00
1	1	2		0.0 0	1.0 0	61	8	44	0	71	38	39	61	71	39	6.00
1	1	3		0.0 0	1.0 0	81	0	58	0	71	38	46	81	71	46	6.00
1	1	4		0.0 0	1.0 0	61	8	44	0	71	38	39	61	71	39	6.00
1	1	5		0.0 0	1.0 0	0	16	14	0	71	38	0	16	71	38	6.00

Проверка по второму предельному состоянию

Ввиду того, что прогон находится в состоянии косоугольного изгиба, проверку по прогибу выполняем вручную, для этого создадим в таблице РСН сочетание постоянных и временных длительных нагрузок.
 Прогиб прогона от РСН2:
 $f = (f_z^2 + f_y^2)^{0.5} = (10.7^2 + 4.38^2)^{0.5} = 11.56$ мм
 Не превышает максимально допустимого значения по приложению Д СП 20.13330.2016 $6000/120 = 20$ мм

Нормативное сочетание (СП 20.13330.2011/2016_1)
 Эпюра перемещений Z1
 Единицы измерения - мм



Минимальное значение -10.6775;
 Рис. 25 Эпюра перемещений Z1

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

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата	Шифр-ТР	Лист
							46

Нормативное сочетание(СП 20.13330.2011/2016_1)
 Эпюра перемещений Y1
 Единицы измерения - мм

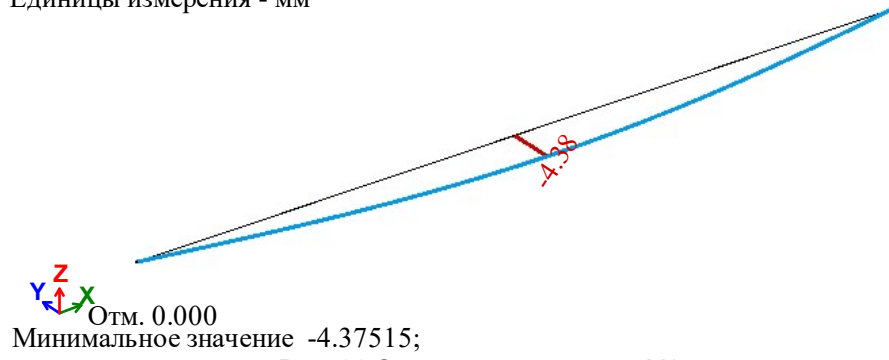


Рис. 26 Эпюра перемещений Y1

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Согласовано			
Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата	

Шифр-ТР

Результаты проверки поперечного сечения горизонтальных связей

Эпюра N, Тс

Эпюра My, Тс*м

Эпюра Qz, Тс

Эпюра Mz, Тс*м

Эпюра Qy Тс



Max=-3
Min=-3

Max=0
Min=0

Max=0
Min=0

Max=0
Min=0

Max=0
Min=0

Результаты проверки (СП 16.13330.2017)

Сечение	1. Крестовые уголки 80 x 80 x 6; стыковка 1 см (У1...
Профиль	80 x 80 x 6; ГОСТ 8509-93
Сталь	C245; ГОСТ 27772-2015; Стали по СП 16.13330.2017, фасонный п...
Сортамент	Уголки стальные горячекатаные равнополочные (ГОСТ 8509-93)

проценты использования по ППС

по норм.	уст.отн.У1	уст.отн.У2	Г1 мин.	уст.стенки	уст.полок
6.5	37.4	21.3	0.17	0.0	43.5

проценты использов.по 2ПС

сводные %использов.

гибк. отн.У1	гибк. отн.У2	ППС	2ПС	местн.устойч.	шаг ребер/ планок
96.6	72.9	37.4	96.6	43.5	нет

Проверка	Определяющие усилия									Критерий
	№	КЭ	сеч.	N, т	My, т*м	Qz, т	Mz, т*м	Qy, т	Состав	
по норм.	1	1	1	-3.000	0.000	0.000	0.000	0.000	—	—
уст.отн.У1	1	1	1	-3.000	0.000	0.000	0.000	0.000	—	—
уст.отн.У2	1	1	1	-3.000	0.000	0.000	0.000	0.000	—	—
уст.стенки	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
уст.полок	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
гибк. отн.У1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
гибк. отн.У2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Рис. 8.1 Проверка поперечного сечения горизонтальных связей по нижнему поясу фермы

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата
------	-------	------	---	-------	------

Шифр-ТР

Лист

48

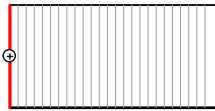
Эпора N, Tc

Эпора My, Tc*м

Эпора Qz, Tc

Эпора Mz, Tc*м

Эпора Qy Tc



Max=5
Min=5

Max=0
Min=0

Max=0
Min=0

Max=0
Min=0

Max=0
Min=0

Результаты проверки (СП 16.13330.2017)

Сечение	1. Уголок параллельно полкам 70 x 70 x 5
Профиль	70 x 70 x 5; ГОСТ 8509-93
Сталь	S245; ГОСТ 27772-2015; Стали по СП 16.13330.2017, фасонный п...
Сортамент	Уголки стальные горячекатаные равнополочные (ГОСТ 8509-93)

проценты использования по ППС

по норм.	уст.отн.YI	уст.отн.ZI	Fi мин.	уст.стенки	уст.полк
29.8	0.0	0.0	0.07	0.0	0.0

проценты использов.по 2ПС

сводные %/использ.ов.

гибк. отн.YI	гибк. отн.ZI	ППС	2ПС	местн.устойч.	шаг ребер/ планок
77.6	38.8	29.8	77.6	0.0	нет

Проверка	Определяющие усилия									
	№	КЭ	сеч.	N, т	My, т*м	Qz, т	Mz, т*м	Qy, т	Состав	Критерий
по норм.	1	1	1	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000	—	—
уст.отн.YI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
уст.отн.ZI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
уст.стенки	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
уст.полк	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
гибк. отн.YI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
гибк. отн.ZI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Рис. 8.2 Проверка поперечного сечения горизонтальных связей по верхнему поясу фермы

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.у	Лист	№	Подп.	Дата

Шифр-ТР

Лист

49