

## Содержание

1. Принципиальные расчетные положения
  2. Нагрузки и воздействия
  3. Правила чтения результатов расчета
  4. Выводы
  5. Список литературы
- Приложения
- №1. Результаты статического расчета каркаса сооружения
- №2. Результаты подбора конструктивных элементов сооружения

Согласовано							21P20687-ТС-ТКР1-PP						
Взам. инв. №							Раздел 4. Конструктивные и объемно-планировочные решения						
Подпись и дата													
Инв. № подл.							Стадия			Лист		Листов	
							П			1		16	
							ООО Техстрой						

### 1. Принципиальные расчетные положения

Цель расчета: определить перемещения узлов конструкции, напряжения и усилия в элементах конструкции, требуемые сечения металлических элементов, их несущую способность, оценить устойчивость сооружения.

#### 1.1. Описание расчетной схемы.

Пространственные статические расчеты выполнены методом конечных элементов (КЭ), с помощью сертифицированного программного комплекса «Лири 2021 R5».

#### 1.2. Расчетная схема сооружения из металла.

В расчетных схемах сооружение моделировалась конечным элементом «стержень».

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №					21P20687-ТС-ТКР1-РР	Лист
			Изм.	Кол.уч	Лист	Недок		Подп.

## 2. Нагрузки и воздействия

Классификация нагрузок принята в соответствии с СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия". Коэффициенты надежности по нагрузке для веса строительных конструкций приняты по таблице 7.1

Согласно карте приложения в СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия" здание расположено в I районе по давлению ветра. Нормативное значение ветрового давления 23 кгс/м<sup>2</sup> (по СП 20.13330.2016). Расчетные значения ветрового давления приняты по расчету:

Тип местности	B	Размеры паруса сооружения	
Коэф-т надежности по нагрузке, $\gamma_f$	1.4	b=	22.3 м
Коэф-т надежности по назначению, $\gamma_n$	1	a=	1.41 м
Нормативное значение ветрового давления на 1м <sup>2</sup> , $w_0$	0.023	h=	0.6 м

Ce	k(ze) стат.	Статич. Давление, w <sub>ст</sub>	Коэффициент пульсации давления ветра ζ(ze)	ρ	χ	ν	Динамич. Давление w <sub>р</sub>	Суммарное давление w=w <sub>ст</sub> +w <sub>р</sub>
<b>Ветер вдоль основной рамы</b>								
Наветренная сторона:								
0.80	0.50	<b>0.013</b>	1.22	1.41	0.6	0.93	<b>0.015</b>	<b>0.028</b>
Подветренная сторона:								
-0.50	0.50	<b>-0.008</b>	1.22	1.41	0.6	0.93	<b>-0.009</b>	<b>-0.017</b>
Боковые поверхности								
для зоны А шириной 0.24 м								
-1.00	0.50	<b>-0.016</b>	1.22	8.92	0.6	0.86	<b>-0.017</b>	<b>-0.033</b>
для зоны В шириной 0.96 м								
-0.80	<b>0.50</b>	<b>-0.013</b>	1.22	8.92	0.6	0.86	<b>-0.013</b>	<b>-0.026</b>
для зоны С шириной 0.21 м								
-0.50	0.50	<b>-0.008</b>	1.22	8.92	0.6	0.86	<b>-0.008</b>	<b>-0.016</b>
<b>Ветер поперек основной рамы</b>								
Наветренная сторона:								
0.80	0.50	<b>0.013</b>	1.22	22.3	0.6	0.79	<b>0.012</b>	<b>0.025</b>
Подветренная сторона:								
-0.50	0.50	<b>-0.008</b>	1.22	22.3	0.6	0.79	<b>-0.008</b>	<b>-0.016</b>
Боковые поверхности								
для зоны А шириной 0.24 м								
-1.00	0.50	<b>-0.016</b>	1.22	0.564	0.6	0.94	<b>-0.019</b>	<b>-0.035</b>
для зоны В шириной 0.96 м								
-0.80	0.50	<b>-0.013</b>	1.22	0.564	0.6	0.94	<b>-0.015</b>	<b>-0.028</b>
для зоны С шириной 21.1 м								
-0.50	0.50	<b>-0.008</b>	1.22	0.564	0.6	0.94	<b>-0.009</b>	<b>-0.017</b>

Таблица 1 Расчет ветровой нагрузки по СП 20.13330.2016

Инв. № подл.	Взам. инв. №	Подпись и дата					21P20687-ТС-ТКР1-PP	Лист PP
			Изм.	Кол.уч	Лист	№док		

Нагрузка от снегового давления на 1м<sup>2</sup> принята по СП и рассчитана по формуле:

10.1 Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия следует определять по формуле

$$S_0 = c_e c_t \mu S_g = 1 * 1 * 1 * 150 = 150 * 1,4 = \underline{\underline{210 \text{ кгс/м}^2}}$$

где  $c_e$  — коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов, принимаемый в соответствии с 10.5—10.9; Принимаем  $c_e = 1$

$c_t$  — термический коэффициент, принимаемый в соответствии с 10.10; Принимаем  $c_t = 1$

$\mu$  — коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с 10.4; Принимаем  $\mu = 1$

$S_g$  — нормативное значение веса снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли, принимаемое в соответствии с 10.2. Принимаем  $S_g = 150$

коэффициент надежности  $\gamma_f = 1,4$ , обеспечивающий компенсацию теряющейся со временем прочности материалов конструкций. (п.10.12 СП 20.13330.2016).

Технологическая нагрузка от теплоносителя определена согласно таблице по ГСССД 2-77.

Расчет:

$$0,958 \times 0,142 = 0,136 \text{ т/м,}$$

где 0,142 м<sup>2</sup> площадь сечения трубопровода,

0,958 коэффициент учета плотности воды при температуре 99<sup>0</sup>С и  $\rho$ , кг\*м<sup>-3</sup> для 0,5.

Инд. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							21P20687-ТС-ТКР1-PP	Лист
			Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата		PP

Расчет выполнен на следующие загрузки:

- 1.Постоянное
- 2.Кратковременное

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №					21P20687-ТС-ТКР1-PP	Лист
			Изм.	Кол.уч	Лист	№док		Подп.

### 3. Правила чтения результатов расчета.

В приведенном в отчете результатах расчетов (приложение №2) приняты следующие правила.

Линейные перемещения считаются положительными, если они направлены вдоль осей координат. Положительные угловые перемещения соответствуют вращению против часовой стрелки, если смотреть с конца соответствующей оси.

Перемещения имеют следующую индексацию:

X - линейное по оси X;

Y - линейное по оси Y;

Z - линейное по оси Z.

Универсальный пространственный стержневой КЭ элемент воспринимает следующие виды усилий:

N - осевое усилие; положительный знак соответствует растяжению.

M изгибающий момент относительно оси Y1; Y положительный знак соответствует действию момента против часовой стрелки, если смотреть с конца оси Y1, на сечение, принадлежащее концу стержня.

M изгибающий момент относительно оси Z1; Z положительный знак соответствует действию момента против часовой стрелки, если смотреть с конца оси Z1, на сечение, принадлежащее концу стержня.

Прямоугольный пространственный КЭ оболочки воспринимает следующие виды усилий, напряжений и реакций:

N нормальное напряжение вдоль оси X1; X положительный знак соответствует растяжению.

N нормальное напряжение вдоль оси Y1; Y положительный знак соответствует растяжению.

M момент, действующий на сечение, ортогональное оси X1; X положительный знак соответствует растяжению нижнего волокна (относительно оси Z1).

M момент, действующий на сечение, ортогональное оси Y1; Y положительный знак соответствует растяжению нижнего волокна (относительно оси Z1).

R реактивный отпор грунта (при расчете оболочек на упругом Z основании); положительное усилие действует по направлению оси Z1 (грунт растянут).

### 4. Выводы

1. Величины усилий по элементам каркаса здания не превышают предельных значений.

2. Сечения элементов металлических конструкций достаточно для восприятия расчетных нагрузок.

3. В принятых конструктивных решениях пространственная жесткость и устойчивость конструкции опор обеспечены.

### 5. Список литературы

1. СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия"

2. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции.

Инд. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							21P20687-ТС-ТКР1-PP	Лист
			Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата		PP

## Приложение №1.

### Результаты статического расчета конструкции опор

3D модель фрагмента каркаса трассы на участке 2Б-6Б

Расчет опор.3d

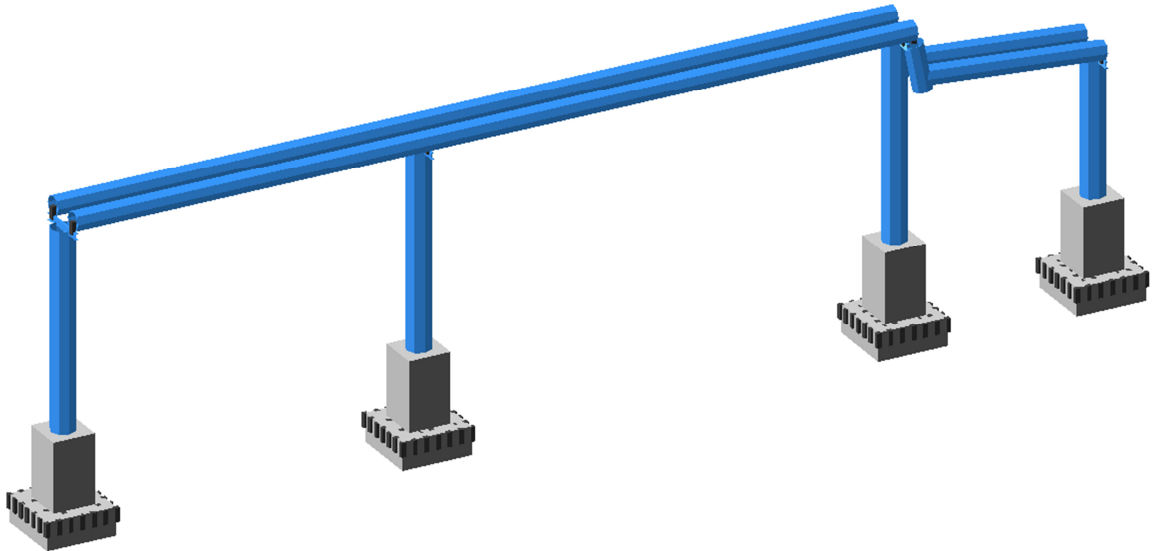
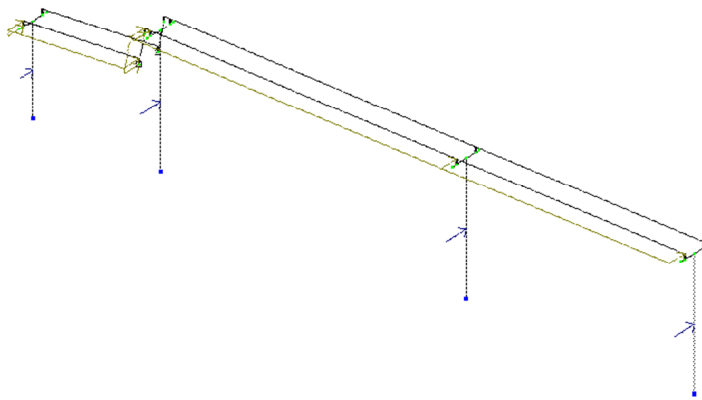


Схема приложенной ветровой нагрузки на наветренную сторону

Ветровая нагрузка на наветренную сторону  
В каркасе конструкции линии ВКРМЛ-1



3D

Инд. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата

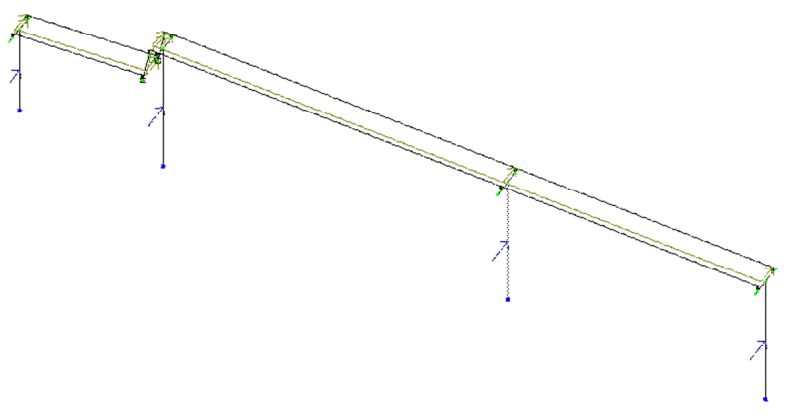
21P20687-ТС-ТКР1-PP

Лист

PP

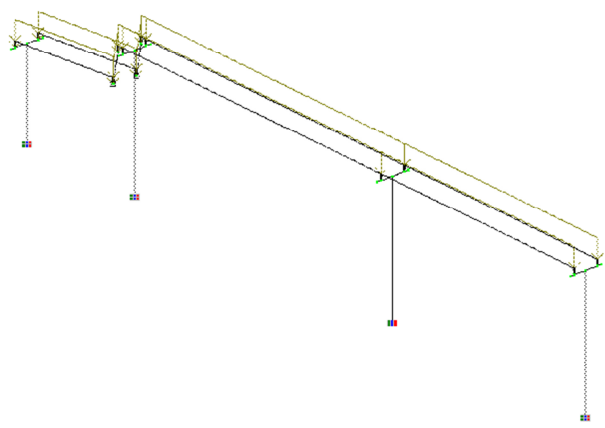
### Схема приложенной ветровой нагрузки на подветренную сторону

Ветровая нагрузка подветренная сторона  
Вариант конструирования: Вариант 1



### Схема приложенной снеговой нагрузки

Снеговая нагрузка



Инд. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

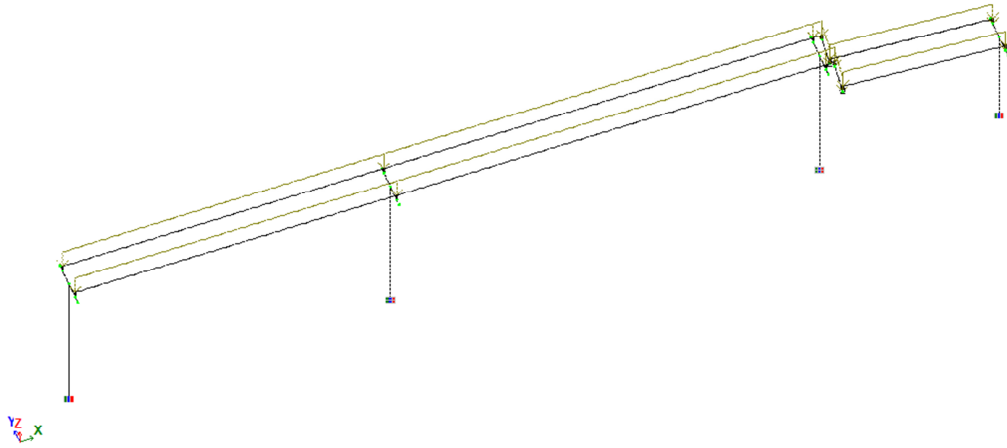
Изм.	Кол.уч	Лист	Чедок	Подп.	Дата

21P20687-ТС-ТКР1-РР



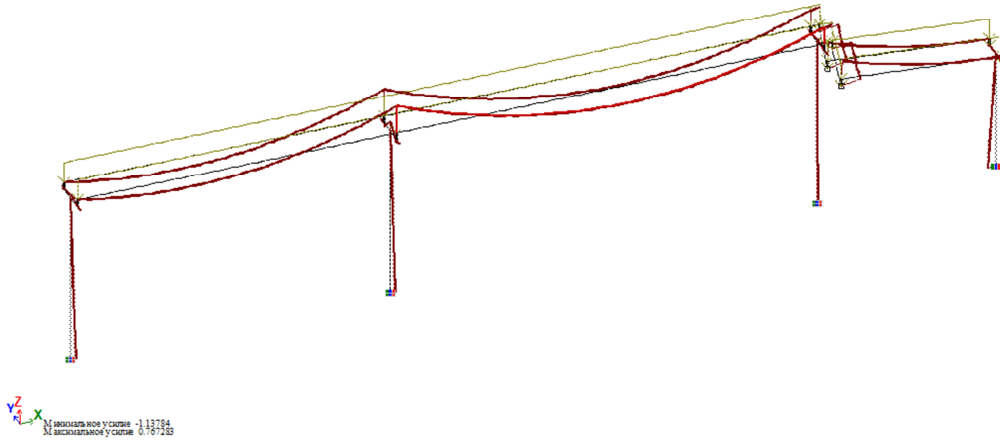
### Схема приложенной технологической нагрузки от теплоносителя

Технологическая нагрузка



### Эпюры изгибающих моментов от снеговой нагрузки по оси Z

Снеговая нагрузка  
Эпюра M<sub>y</sub>  
Единица измерения - т\*м



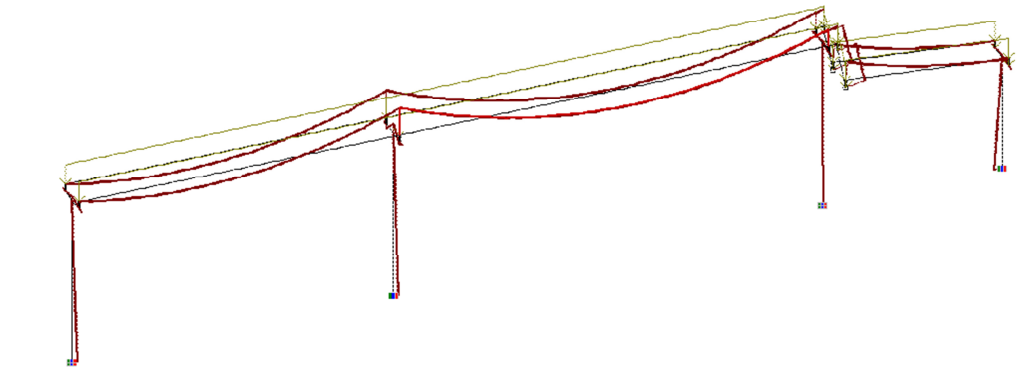
### Эпюры изгибающих моментов от технологической нагрузки по оси Z

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

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата

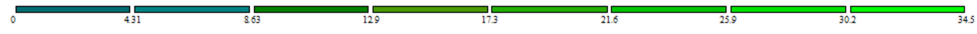
21P20687-ТС-ТКР1-РР

Технологическая нагрузка  
Этера Му  
Единица измерения - т\*м

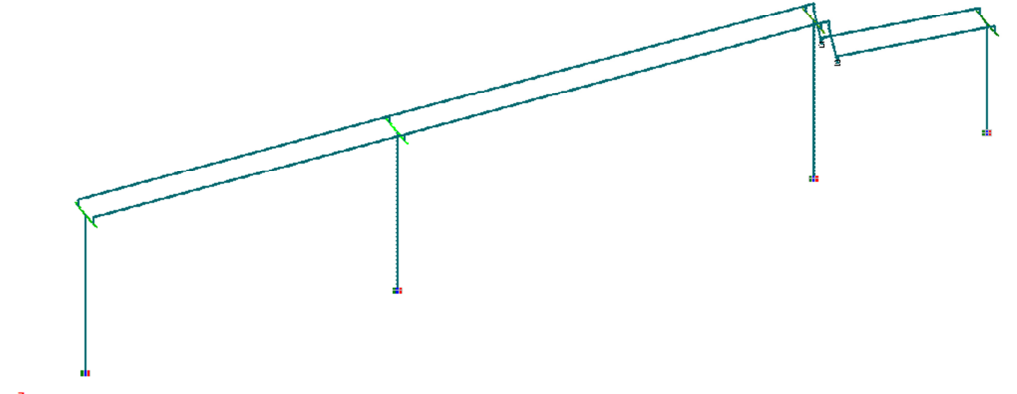


Максимальное усилие -1,22815  
Максимальное усилие 0,828179

Мозаика результатов проверки назначенных сечений по ПС2 с процентом использования 34,5%. То есть, запас по использованию 65,5%



Вариант конструирования Вариант 1  
Расчет по РСН (СП 16.13330.2011)



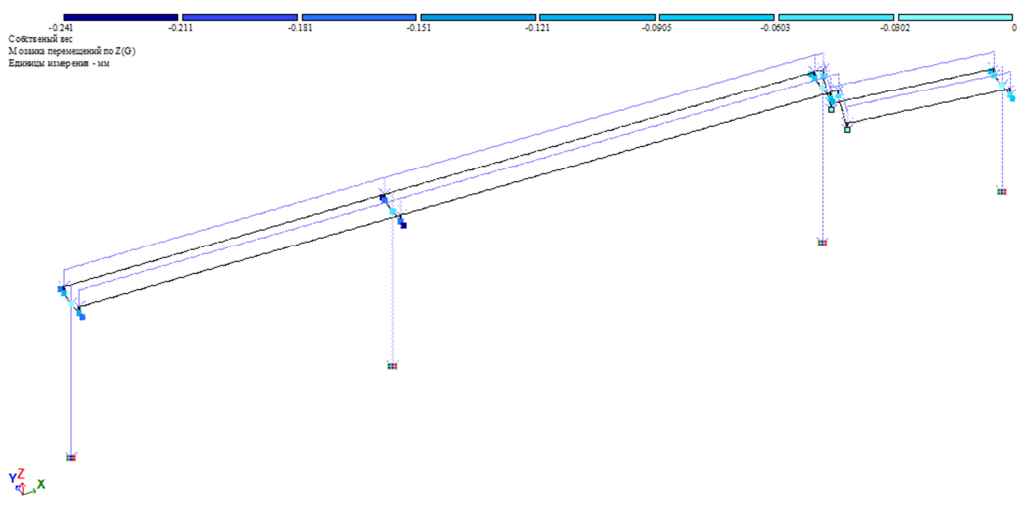
Мозаика результатов проверки назначенных сечений по 2 предельному состоянию

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

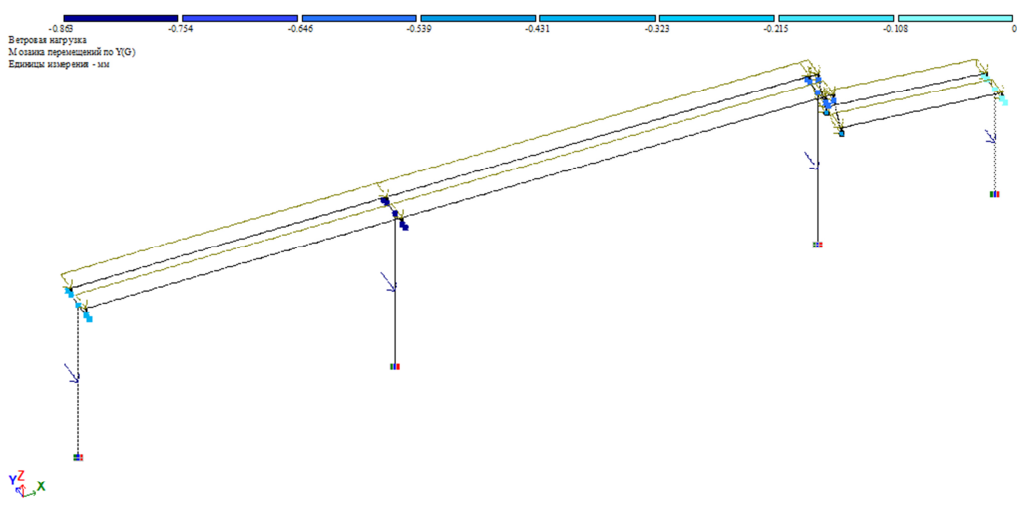
Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата

21P20687-ТС-ТКР1-РР

### Мозаика перемещений по оси Z от собственного веса



### Мозаика перемещений по оси Y от ветрового давления

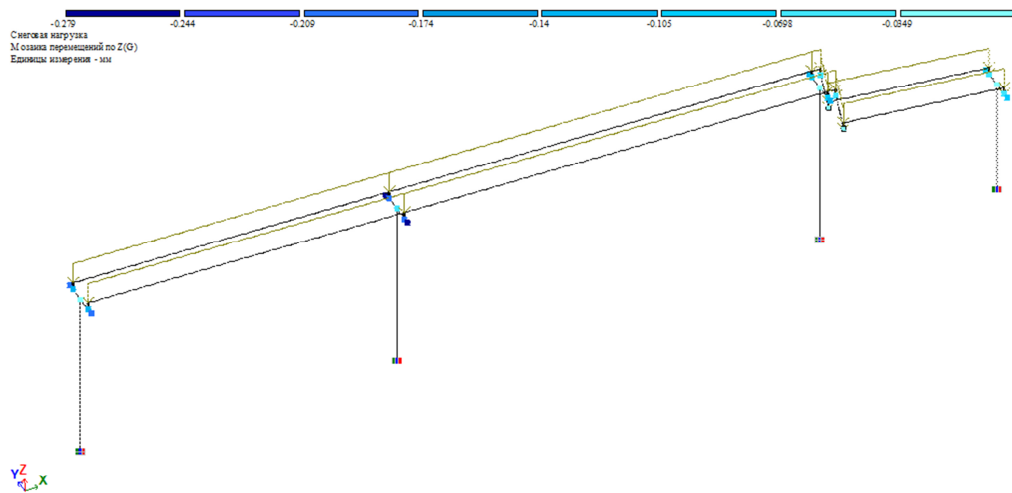


Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

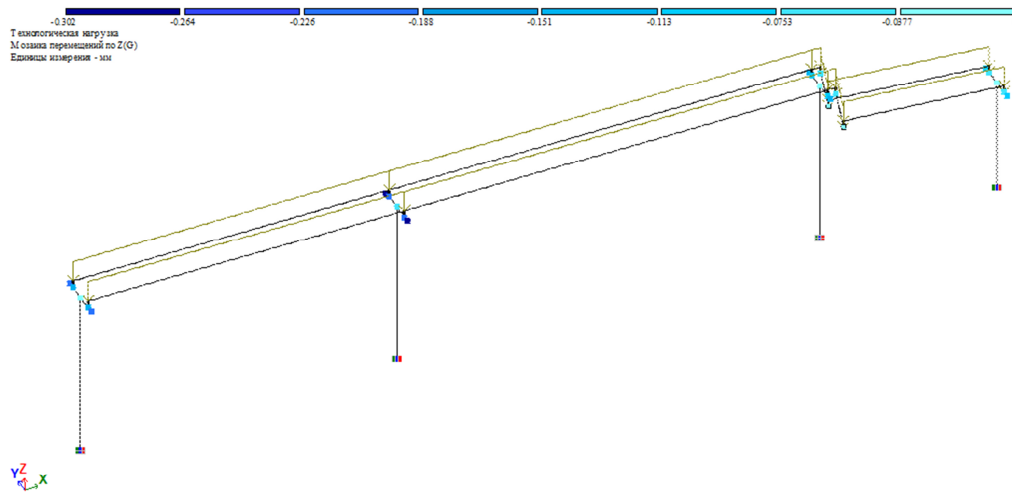
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата
------	--------	------	-------	-------	------

21P20687-ТС-ТКР1-РР

### Мозаика перемещений по оси Z от снеговой нагрузки



### Мозаика перемещений по оси Z от технологической нагрузки



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

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата
------	--------	------	-------	-------	------

21P20687-ТС-ТКР1-РР

### Расчет осадки фундамента на естественном основании

**Допущения и предпосылки.** Расчет выполняется согласно СП 22.13330.2011 п.п. 5.6.31.

**Исходные данные.** Среднее давление под подошвой фундамента  $p = 0.37 \text{ кг/см}^2$ ; глубина заложения  $d_n = 1.50 \text{ м}$ ; фундамент прямоугольный; ширина подошвы  $b = 1.50 \text{ м}$ ; длина подошвы  $l = 1.50 \text{ м}$ ; объемный вес грунта выше подошвы  $\gamma'_{II} = 1.85 \text{ т/м}^3$ ;  $s_u = 12.0 \text{ см}$ .

**Расчет.** Вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы

$$\sigma_{zg0} = \gamma'_{II} d_n = 1.85 \cdot 1.50 = 2.775 \text{ т/м}^2 = 0.278 \text{ кг/см}^2$$

Согласно требованиям методики расчета, сжимаемая толща грунта под подошвой разбивается на слои. Необходимые величины для каждого слоя вычисляются в табличной форме по формулам

$$\sigma_{zp,i} = \alpha_i p, \quad \sigma_{z\gamma,i} = \alpha_i \sigma_{zg0}, \quad \sigma_{zg,i} = \sigma_{zg0} + \sum_{i=1}^n h_i \gamma_i$$

Минимальная глубина сжимаемой толщи для  $b \leq 10 \text{ м}$  составляет  $H_{min} = 0.5b = 0.5 \cdot 1.50 = 0.75 \text{ м}$ .

Т.к.  $p > \sigma_{zg,0}$  то осадка определяется по формуле (5.16)

$$\Delta s_i = \beta \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{z\gamma,i}) h_i}{E_i} + \beta \frac{\sigma_{z\gamma,i} h_i}{E_{e,i}}, \quad \beta = 0.8$$

№	Э	$h$	$z$	$\alpha$	$\sigma_{zp}$	$\sigma_{z\gamma}$	$\gamma$	$\sigma_{zg}$	$0.5\sigma_{zg}$	$E$	$E_e$	$\Delta s$
		м	м	—	$\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$	$\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$	$\frac{\text{т}}{\text{м}^3}$	$\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$	$\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$	$\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$	$\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$	см
—	—	—	0.00	1.000	0.368	0.278	—	0.278	0.139	—	—	—
1	1	0.40	0.20	0.987	0.363	0.274	1.85	0.315	0.157	152	760	0.030
2	1	0.40	0.60	0.800	0.294	0.222	1.85	0.389	0.194	152	760	0.025
3	1	0.40	1.00	0.549	0.202	0.152	1.85	0.463	0.231	152	760	0.017

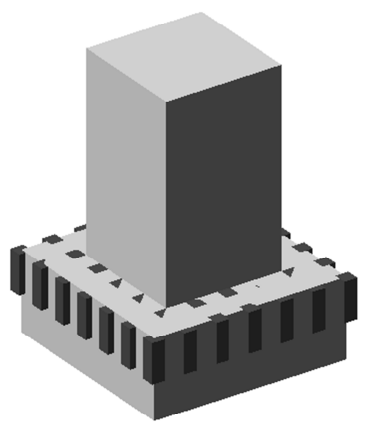
$$s = \sum_{i=1}^n \Delta s_i = 0.072 \text{ см}$$

**Вывод.** Осадка составляет  $s = 0.072 \text{ см} \leq s_u = 12.0 \text{ см}$ , что не превышает предельно допустимой осадки. Требование выполняется. Глубина сжимаемой толщи определенная по условию  $0.5\sigma_{zg}$  составляет  $H_c = 1.20 \text{ м}$ .

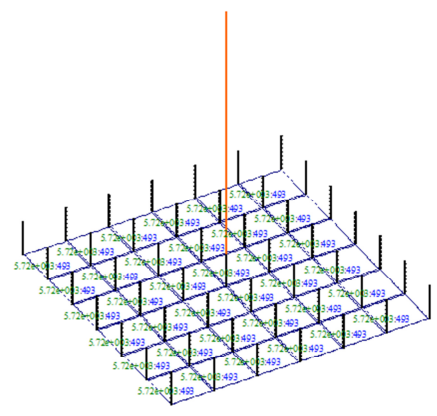
Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							21P20687-ТС-ТКР1-PP	Лист
			Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата		PP


### 3D модель фундамента под опоры трассы

Расчет опор. I3d



11.8  
 Вариант конструирования: Вариант 1  
 Расчет по РСН (СП 63.13330.2012)  
 Единицы измерения: - см\*\*2  
 Шаг: Диаметр: мм



  
 Плотность арматуры: AU1 AU2 AU3 AU4 AS1 AS2 AS3 AS4. Симметричное армирование. Максимум 11.77 в ячейке 144.

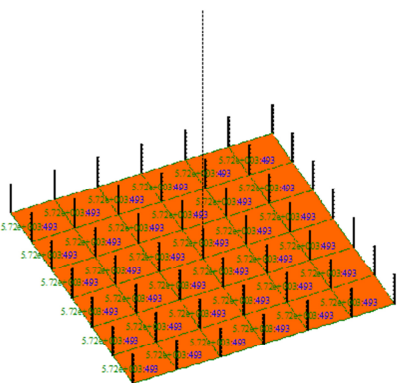
### Результаты армирования периметра подколонника фундамента

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

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата

21P20687-ТС-ТКР1-PP

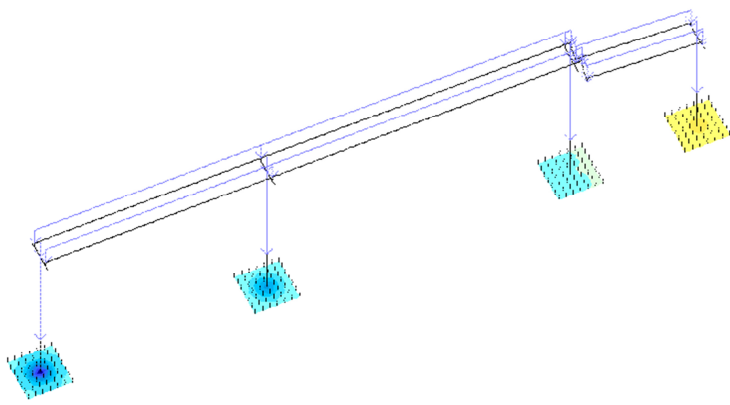
Вариант конструирования: Вариант 1  
Расчет по РСН (СП 63.13330.2012)  
Шаг, Диаметр - см\*\*мм



Площадь арматуры на 1м<sup>2</sup> по оси Y у нижней грани (балки-стелжи - поперечные), максимум в элементе 34

### Результаты армирования плиты фундамента

Собственный вес  
Изополю напряжений R<sub>z</sub>  
Шаг, диаметр арматуры - см\*\*мм

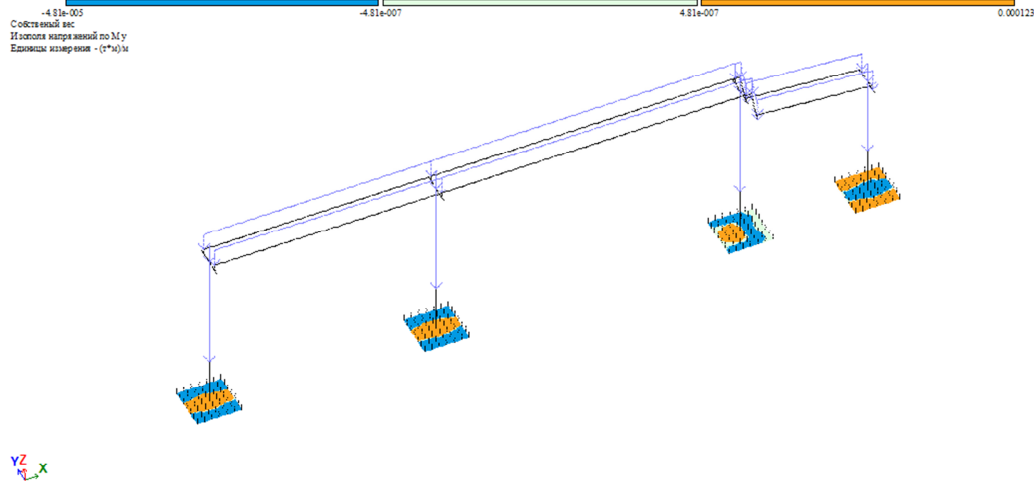


Изополю напряжений R<sub>z</sub> под обрезами подошвы фундамента расчетного фрагмента участка трассы теплосетей.

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата
------	--------	------	-------	-------	------

21P20687-ТС-ТКР1-РР



Эпюра изгибающих моментов  $M_y$  подошвы фундамента расчетного фрагмента участка трассы теплосетей.

#### Заключение.

Результаты расчета проведенного на конструкцию опор линейной теплотрассы:

1. Максимальное суммарное перемещение в вертикальной и горизонтальной плоскостях составило до 1 мм, что соответствует нормам СП 16.13330.2016 Нагрузки и воздействия.
2. Процент использования стоек металлических опор, согласно результатам проверки заданных сечений по ПС1 составил 6,1%, по ПС2 составил 0%.
3. Процент использования металлических траверс на опорах, согласно результатам проверки заданных сечений по ПС1 составил 68,9%, по ПС2 составил 34,5%.
4. Подобранный расчетом арматура в плите подошвы фундамента: сетка нижняя и верхняя из арматуры  $\Phi 10$ мм с шагом 200мм.
5. Подобранный расчетом общая площадь армирования в подколоннике фундамента по его периметру составила 11,8мм.
6. Осадка основания под подошвой фундамента не превысила 1мм по расчетной сжимающей толщине 1200мм

#### Рекомендации.

1. Экономически целесообразно принять стойки опор из трубы 168x4,5мм по ГОСТ 10704-91 с маркой стали ВСт3пс4
2. Экономически целесообразно принять траверсы опор из швеллера 12Э по ГОСТ 8240-97 или с аналогичными жесткостными характеристиками и маркой стали ВСт3сп5-1

Расчеты произвел \_\_\_\_\_ Сухой А.В.

Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата
21P20687-ТС-ТКР1-PP					
Лист					
PP					