

### 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

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

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата
Разраб.		Сухой			07.22
Проверил					07.22
Н. контр.					07.22

01-02/2022-ЖУ-8-АР

Раздел 4.  
Конструктивные и объемно-планировочные решения

Стадия	Лист	Листов
П	1	16

ООО «ИБС Экспертиза»

## 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 2013 R5». Расчеты выполнялись по схеме совместного деформирования конструкции и основания с использованием пространственной расчетной модели. Под действием нагрузок все подземные конструкции деформируются, причем на тех участках, где перемещения происходят в сторону грунта, обладающего упругими свойствами, возникают реактивные усилия упругий отпор. Моделирование упругого отпора осуществлялось по гипотезе местных деформаций Фусса-Винклера (или гипотезе коэффициента постели). Для учета сил упругого отпора по этой гипотезе действие сплошной упругой среды имитировалось системой упругих связей по модели линейно-деформируемого полупространства.

### 1.2. Расчетная схема сооружения из металла.

В расчетных схемах сооружение моделировалась конечным элементом «стержень».

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата	01-02/2022-ЖУ-8-АР	Лист
Инд. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №					

## 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

Давление активного напора грунта  $E_a$  на стену принято по формуле с коэффициентами запаса: к равномерно распределенной нагрузке = 1,2, коэффициента запаса по грунту на стройплощадке = 1,15;

Принимаем для расчета следующие нагрузки:

1. От людей – 2 кПа \* 1,2 = 2,4 кПа
2. От автотранспорта – 5 кПа \* 1,2 = 6 кПа

Средний угол трения  $\phi = \text{ИГЭ №5 } 38^{\circ} + \text{ИГЭ №2 } 23^{\circ} + \text{ИГЭ №3 } 23^{\circ} + \text{ИГЭ №4 } 36^{\circ} = 30^{\circ}$

Средняя плотность грунта  $\rho = \text{ИГЭ №5 } 1,92\text{г/см}^2 + \text{ИГЭ №2 } 2,09\text{г/см}^2 + \text{ИГЭ №3 } 1,96\text{г/см}^2 + \text{ИГЭ №4 } 2,03\text{г/см}^2 = 2,00\text{г/см}^2$

### Давление на грунт от полезной нагрузки:

Давление грунта от полезной равномерно распределенной нагрузки от людей и автотранспорта на стену шпунтового ограждения определяем по формуле:  $p \cdot \text{tg}^2(45 - \phi/2) = (240 + 600) \cdot 0,333 = 0,28 \text{ т/м}^2$ .

Давление от бермы, размерами сечения в высоту 4,85м и по ширине откоса 6,15м, на стену шпунтового ограждения со стороны **отпора** грунта, определяем по формуле:  $H \cdot \rho \cdot \text{tg}^2(45 - \phi/2) = 4,85 \cdot 2000 \cdot 0,333 = 3230,1 \text{ т} \cdot 1,2 \cdot 1,15 = 4,458 \text{ т}$ . Где  $H=4,85\text{м}$  - мощность насыпного грунта массива бермы по высоте стены шпунтового ограждения от верха обреза подошвы фундамента по разрезу 1 – 1 на абсолютной отметке +143,25м.

Высоту шпунтового ограждения принимаем согласно исходного чертежа с шифром 01-02/2022/ЖУ-8-КР2.ГЧ по сечению 1 – 1.

### Давление грунта на стену шпунтового ограждения:

Давление от грунта на стену шпунтового ограждения со стороны **напора** грунта, определяем по формуле:  $H \cdot \rho \cdot \text{tg}^2(45 - \phi/2) = 6,8 \cdot 2000 \cdot 0,333 = 4,528,8 \text{ т} \cdot 1,2 \cdot 1,15 = 6,25 \text{ т}$ . Где  $H=6,8\text{м}$  - мощность местного грунта по высоте стены шпунтового ограждения от верха планировочной отметки земли 0,000м и до обреза подошвы фундамента по разрезу 1 – 1 на отметке – 6,8м.

### Общее положение:

Примыкающие сооружения отсутствуют. Инженерно-геологические условия слоев местных грунтов неагрессивны к строительным конструкциям.

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

01-02/2022-ЖУ-8-АР

Лист

РР

Расчет выполнен на следующие загрузки:

1. Постоянное
2. Длительное

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							01-02/2022-ЖУ-8-АР	Лист
			Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата		РР

### 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. Расчетные осадки изменяются в пределах от 0 мм до 0,1 мм.

Относительная разность осадок менее 0,0001.

В соответствии с СП 22.13330.2016 предельные деформации основания: осадка – 120мм, относительная разность осадок - 0,002.

4. В принятых конструктивных решениях пространственная жесткость и устойчивость конструкции шпунтового ограждения обеспечены.

### 5. Список литературы

1. СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия"

2. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции.

3. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений.

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

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

01-02/2022-ЖУ-8-АР

Лист

PP

Приложение 1  
Расчет основания:

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

Изм.	Кол.уч	Лист	Чедок	Подп.	Дата

01-02/2022-ЖУ-8-АР

Лист

PP

### Расчет осадки одиночной сваи

**Допущения и предпосылки.** Расчет выполняется согласно СП 24.13330.2011, п.п. 7.4.2–7.4.3, с учетом изменения №1 в формуле (7.33) при определении  $\beta$ .

**Исходные данные.**  $N = 0.014$  МН,  $\nu_1 = 0.30$ ,  $\nu_2 = 0.35$ ,  $E_{01} = 40.00$  МПа,  $E_{02} = 40.00$  МПа,  $E = 30000.0$  МПа,  $A = 0.142$  м<sup>2</sup>,  $l = 5.5$  м.

**Расчет.** Определение модулей сдвига.

$$G_1 = \frac{E_{01}}{2(1 + \nu_1)} = \frac{40.00}{2(1 + 0.30)} = 15.38 \text{ МПа}, \quad G_2 = \frac{E_{02}}{2(1 + \nu_2)} = \frac{40.00}{2(1 + 0.35)} = 14.81 \text{ МПа}$$

$$d = \sqrt{4A/3.14} = \sqrt{4 \cdot 0.142/3.14} = 0.43 \text{ м}$$

$$l/d = 5.5/0.43 = 12.79$$

$$\frac{G_1 l}{G_2 d} = \frac{15.38 \cdot 5.5}{14.81 \cdot 0.43} = 13.28$$

$$\nu = (\nu_1 + \nu_2) / 2 = (0.30 + 0.35) / 2 = 0.32$$

$$k_\nu = 2.82 - 3.78\nu + 2.18\nu^2 = 2.82 - 3.78 \cdot 0.32 + 2.18 \cdot 0.32^2 = 1.82$$

$$\nu = \nu_1 = 0.30$$

$$k_{\nu 1} = 2.82 - 3.78\nu + 2.18\nu^2 = 2.82 - 3.78 \cdot 0.30 + 2.18 \cdot 0.30^2 = 1.88$$

$$\chi = \frac{EA}{G_1 l^2} = \frac{30000.0 \cdot 0.142}{15.38 \cdot 5.5^2} = 9.36$$

$$\lambda_1 = \frac{2.12\chi^{3/4}}{1 + 2.12\chi^{3/4}} = \frac{2.12 \cdot 9.36^{3/4}}{1 + 2.12 \cdot 9.36^{3/4}} = 0.919$$

$$\beta' = 0.17 \ln \left( \frac{k_\nu G_1 l}{G_2 d} \right) = 0.17 \ln \left( \frac{1.82 \cdot 15.38 \cdot 5.5}{14.81 \cdot 0.43} \right) = 0.542$$

$$\alpha' = 0.17 \ln \left( \frac{k_{\nu 1} l}{d} \right) = 0.17 \ln \left( \frac{1.88 \cdot 5.5}{0.43} \right) = 0.541$$

$$\beta = \frac{\beta'}{\lambda_1} + 0.5 \frac{1 - \beta'/\alpha'}{\chi} = \frac{0.542}{0.919} + 0.5 \frac{1 - 0.542/0.541}{9.36} = 0.589$$

$$s = \beta \frac{N}{G_1 l} = 0.589 \frac{0.014}{15.38 \cdot 5.5} = 0.0001 \text{ м}$$

**Вывод.** Осадка одиночной сваи составляет  $s = 0.0001$  м.

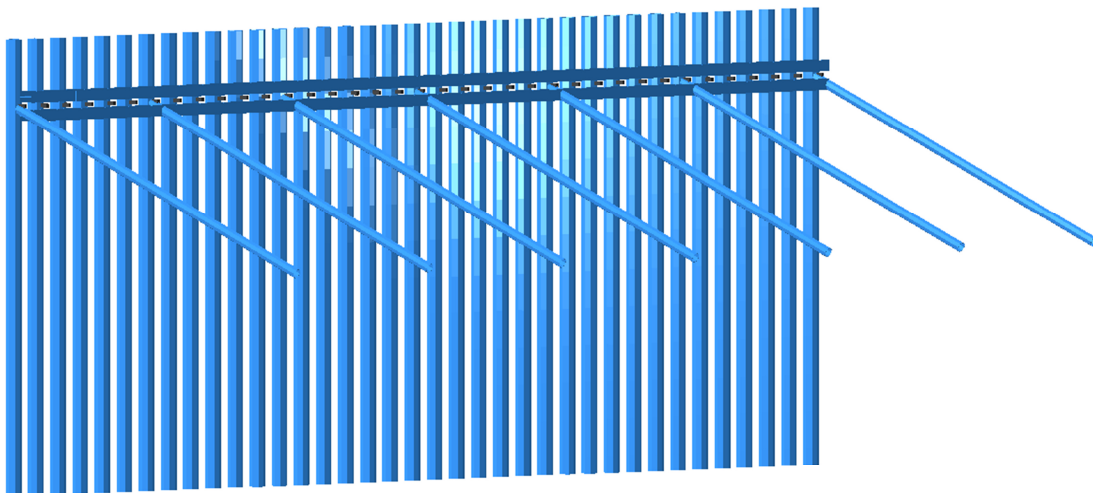
Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №					01-02/2022-ЖУ-8-АР	Лист PP
			Изм.	Кол.уч	Лист	Недок		

### Приложение №2.

## Результаты статического расчета конструкции шпунтового ограждения

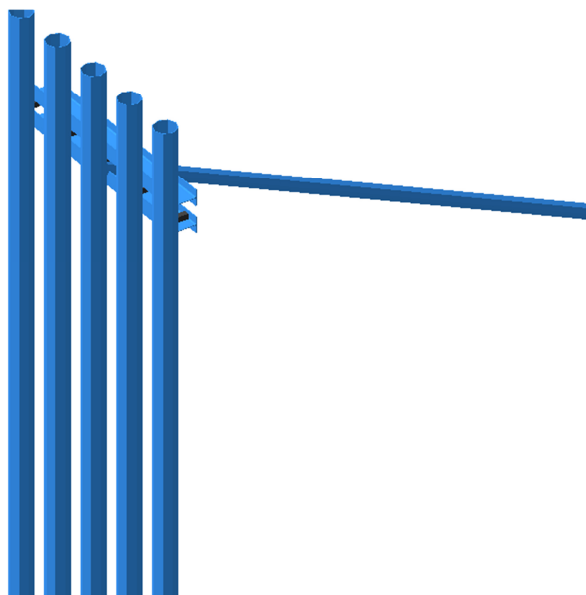
### 3D модель каркаса шпунтового ограждения

Расчет шпунта шаг 1м.3d



### Фрагмент 3D модели каркаса шпунтового ограждения

Расчет шпунта шаг 1м.3d



Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №				
			Изм.	Кол.уч	Лист	Недок

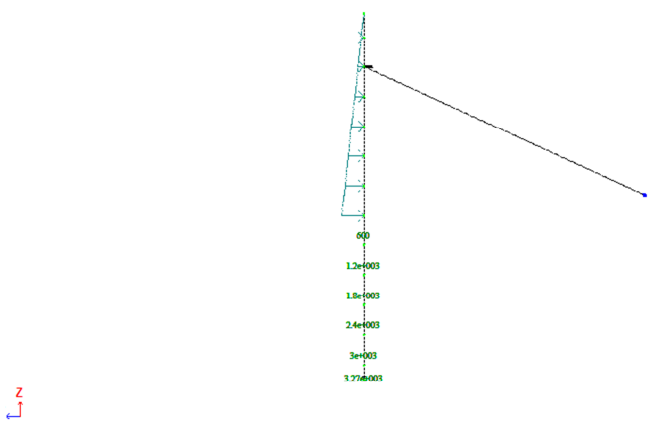
Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата

01-02/2022-ЖУ-8-АР



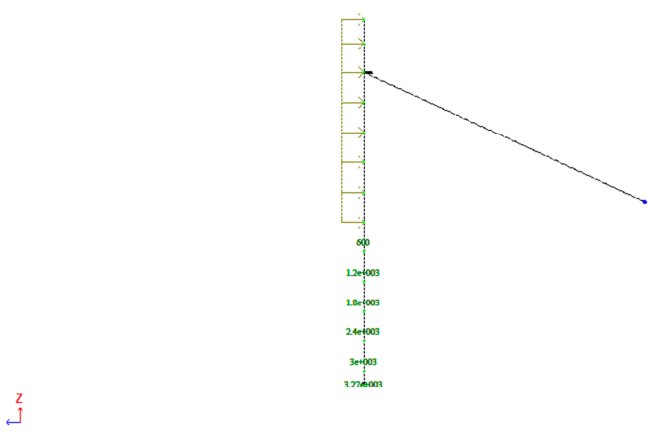
### Схема приложенной нагрузки от напорного давления грунта

Давление грунта  
Вариант конструирования: Вариант 1



### Схема приложенной полезной нагрузки от давления людей и автотранспорта сверху грунта

Давление на грунт от полезной нагрузки  
Вариант конструирования: Вариант 1



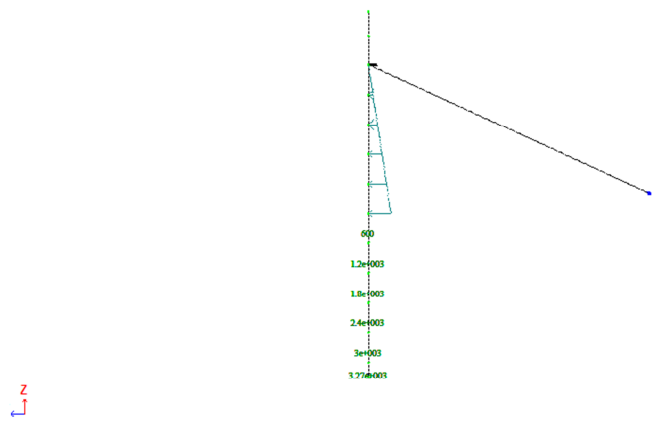
Инв. № подл.	Взам. инв. №

Подпись и дата					

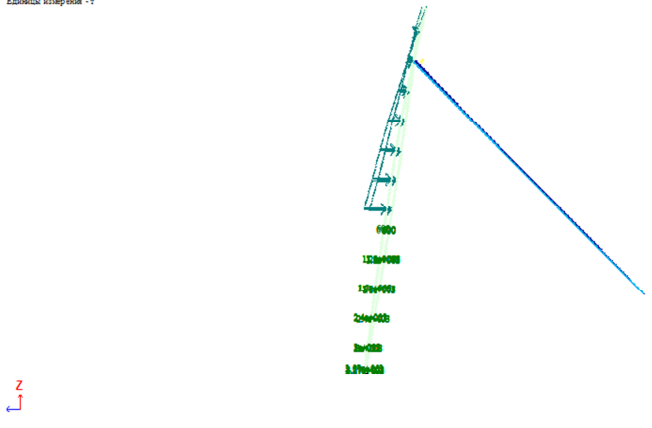
01-02/2022-ЖУ-8-АР

### Схема приложенной нагрузки от отпорного давления грунта бермы на шпунтовое ограждение

Данные на ограждении от бермы  
Вариант конструирования Вариант 1



### Схема нормальной силы N от напорного давления грунта



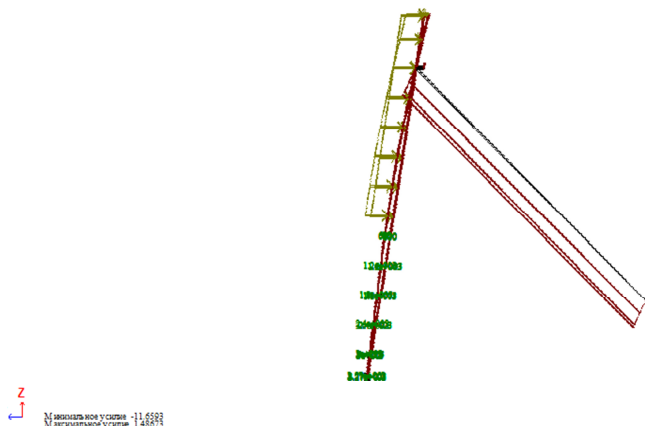
Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

01-02/2022-ЖУ-8-АР

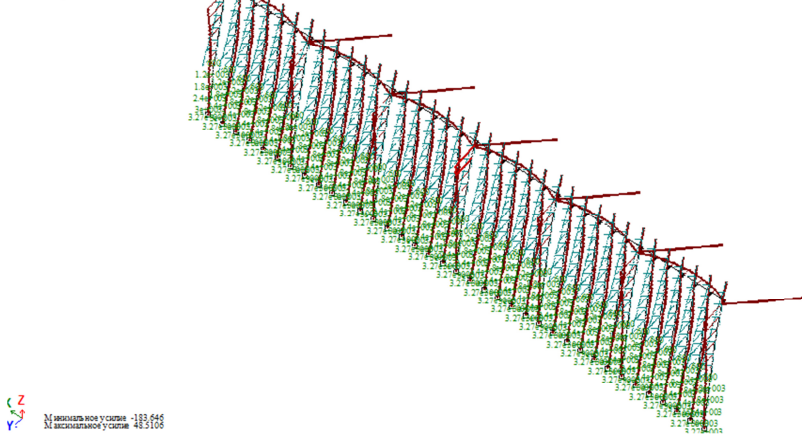
### Схема нормальной силы N от отпорного давления грунта бермы

Давление на грунт от полезной нагрузки  
Элемент №  
Единица измерения - т



### Эпюры изгибающих моментов от напорного давления грунта по оси Z

Давление грунта  
Элемент №  
Единица измерения - т\*м

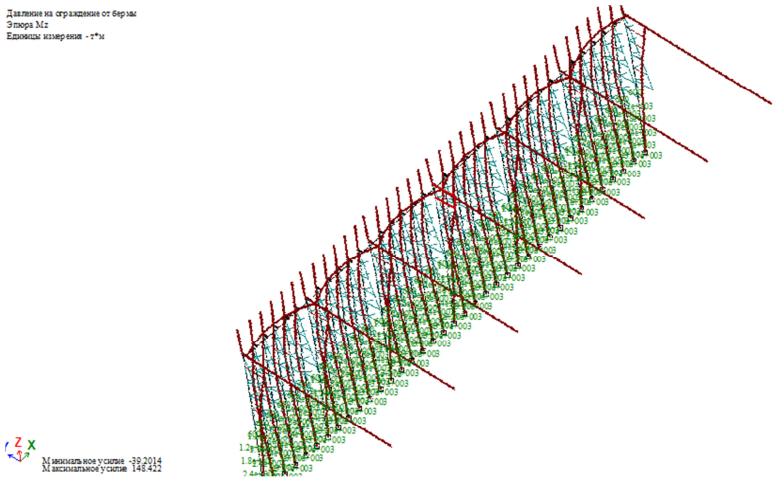


Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №						
			Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

01-02/2022-ЖУ-8-АР

### Эпюры изгибающих моментов от отпорного давления грунта бермы по оси Z

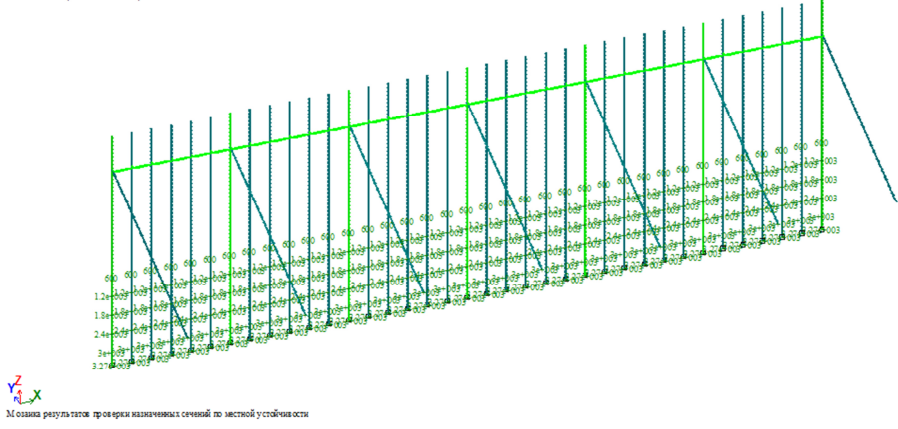
Длина на склоне от бермы:  
Эпюра Mz  
Единица измерения - т\*м



Мозаика результатов проверки назначенных сечений с процентом использования 77%. То есть, запас по использованию 23%



Вариант конструкции: Вариант 1  
Расчет по РСН (СП 16.13350.2011)

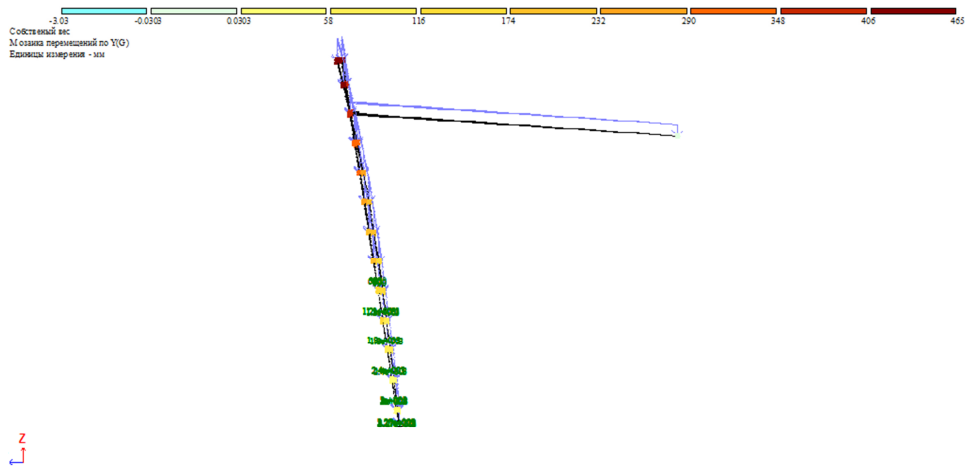


Инв. № подл.	Взам. инв. №
	Подпись и дата

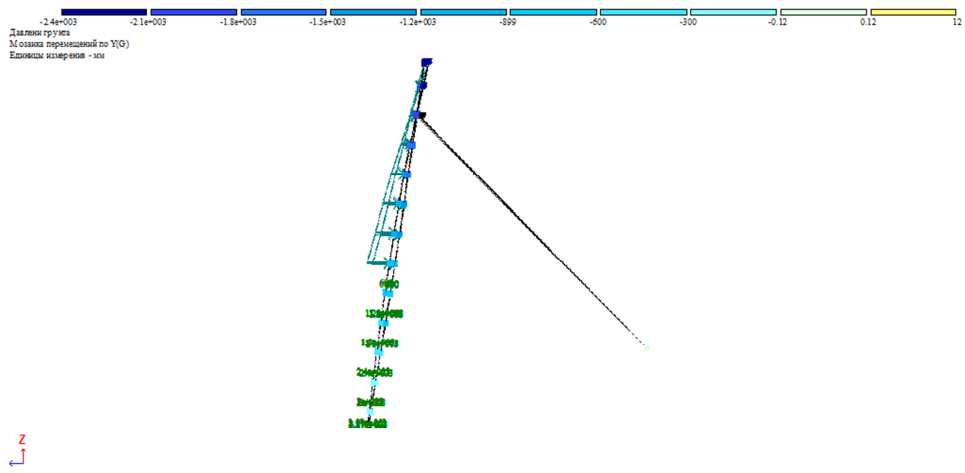
Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата
------	--------	------	-------	-------	------

01-02/2022-ЖУ-8-АР

### Мозаика перемещений по оси Y от собственного веса



### Мозаика перемещений по оси Y от активного давления грунта

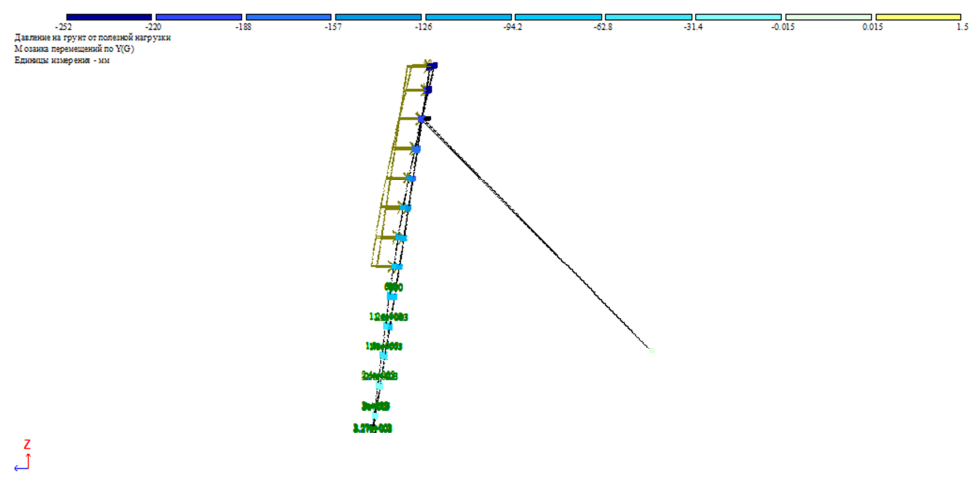


Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

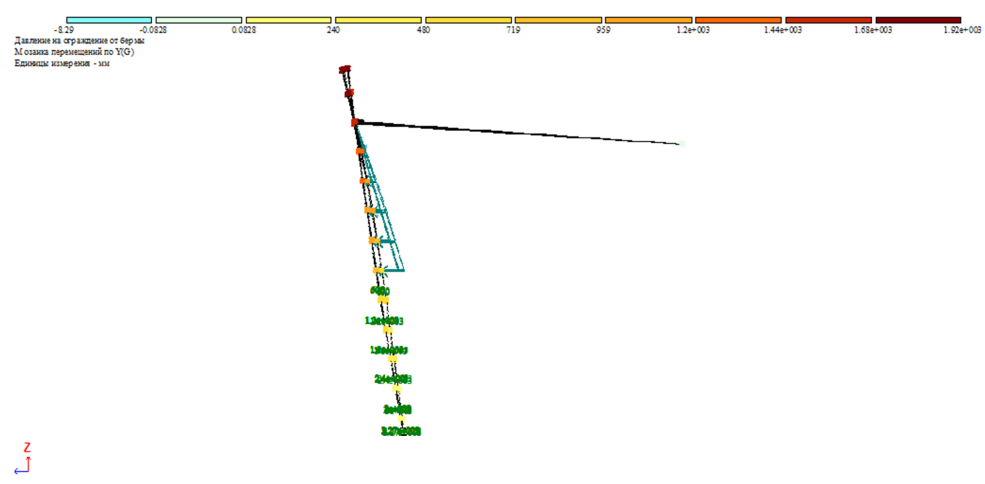
Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата
------	--------	------	-------	-------	------

01-02/2022-ЖУ-8-АР

### Мозаика перемещений по оси Y от давления полезной нагрузки на грунт



### Мозаика перемещений по оси Y от отпора давления грунта бермы



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

Изм.	Кол.уч	Лист	Недок	Подп.	Дата

01-02/2022-ЖУ-8-АР

Расчетные коэффициенты постели для схемы висячая свая в грунте

СП 24.13330.2021 Свайные фундаменты. Приложение Б.

$K(m/m^4)$	$z(m)$	Коэф.	$C1(m/m^3)$	$C1(kH/m^3)$
600	1	1	600	5886
600	2	1	1200	11772
600	3	1	1800	17658
600	4	1	2400	23544
600	5	1	3000	29430
600	5.45	1	3270	32079

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							01-02/2022-ЖУ-8-АР	Лист
			Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата		PP

### Заключение.

Согласно требованиям СП 381.1325800.2018 максимальные перемещения по оси Y больше предельно допустимых значений: 1/100 от удерживаемого перепада высот, а именно  $6850\text{мм}/100 = 68,5\text{мм}$ , меньше чем совокупное максимальное расчетное перемещение по РСУ 267мм.

### Рекомендации.

1. Для соответствия перемещения нормативно допустимым, необходимо принять шаг упоров 1500мм. (Обязательное требование, в случае прохождения проверки результатов Госэкспертизой).
2. Принять диаметр сваи из трубы ф426х10 по ГОСТ 52664-2010.
3. Принять диаметр упора из трубы ф 127х4 по ГОСТ 10704-91.
4. Принять сечение распределяющей по сваям упор балки из сдвоенных двутавров №40Ш2 по ГОСТ 57837-2017.
5. Распорные детали для спаривания двутавровых профилей принять из листового проката ширина/толщина 500х18мм, с шагом между краев деталей 1200мм. Длину детали определить подгоном на месте проведения СМР.
6. Марку стали для труб принять 09Г2С.
7. Марку стали для остального профиля и проката принять не ниже С245 или с аналогичной ударной вязкостью.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №							01-02/2022-ЖУ-8-АР	Лист
			Изм.	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата		PP