

# СБОРНИК РАСЧЕТОВ

Your Text

Илл. №	Имя	Полн. и дата	Взам. инв. №	ЕО22314-23-КР.Р									
				Изм	Код	Лист	Лёдок	Подп.	Дата				
				1					07.24	Конструктивные расчеты вертикального резервуара для воды емкостью 600 м <sup>3</sup>	Стадия	Лист	Листов
				Разраб		Сухой			11.23		П	1	62
				Пров.		Акулинчев			11.23		ООО «В.ЭКСПЕРТ» Москва		
				Н контроль		Бастрыкин			11.23				
				ГИП		Головачева			11.23		EST 2011		

## СОДЕРЖАНИЕ

Обозначение	Наименование	Стр.
EO22314-23-КР.Р	Расчет стальных конструкций РВС 600м3	
EO22314-23-КР.Р	Расчет фундаментов под РВС 600м3	

Your text

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №				
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата	
						 EO22314-23-КР.Р
						Лист 2

# РАСЧЕТ № 1

Your text

Изм. №	Изм. инв. №	Полн. и дата					
		Изм.	Код	Лист	Модок	Подп.	Дата
		Разраб.		Сухой			11.23
		Пров.		Акулинчев			11.23
		Н контроль		Бастрыкин			11.23
		ГИП		Головачева			11.23

EO22314-23-КР.Р		
Конструктивные расчеты вертикального резервуара для воды емкостью 600м <sup>3</sup>		
Стадия	Лист	Листов
П	1	62
ООО «ВТ-ЭКСПЕРТ» г. Москва		



## 1. Исходные данные

Проектируемый объект – «Резервуар вертикальный стальной РВС 600м<sup>3</sup> для хранения воды.

Район строительства – г. Магадан, поселок Сокол;

Район по весу снегового покрова – IV (нормативное значение снеговой нагрузки – 200 кг/м<sup>2</sup>);

Район по давлению ветра – V (нормативное значение ветровой нагрузки – 60 кг/м<sup>2</sup>);

Максимальное давление на дне в резервуаре – 73.55 кПа;

Минимальное давление у крышки в резервуаре – 9.81 кПа;

Давление в резервуаре – гидростатическое от максимального уровня налива воды;

Относительная плотность воды в нормальных условиях – 1.0;

Вакуум – расчётом не предусмотрен;

Агрессивность среды – неагрессивная;

Сейсмичность района работ - 8 баллов (СП 14.13330.2018 и ОСР-2015-В).

Расчет сооружения производится в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

- СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*»;
- СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*»;
- СП 43.13330.2012 «Соединения промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85»;
- СП 294.1325800.2017 «Конструкции стальные. Правила проектирования»;
- ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований».

### 1.1. Природно-климатические характеристики площадки строительства

В административном отношении площадка строительства расположена по адресу: г. Магадан;

Климат площадки строительства умеренно-континентальный и, согласно СП 131.13330.2020,

характеризуется следующими основными показателями:

- средняя годовая температура воздуха - минус 5°С;
- абсолютный минимум - минус 49°С;
- абсолютный максимум - плюс 33°С;
- количество осадков год - 422 мм.

Преобладающее направление ветра – юго-западное, северо-восточное.

Среднегодовая скорость ветра 0-2,8 м/с.

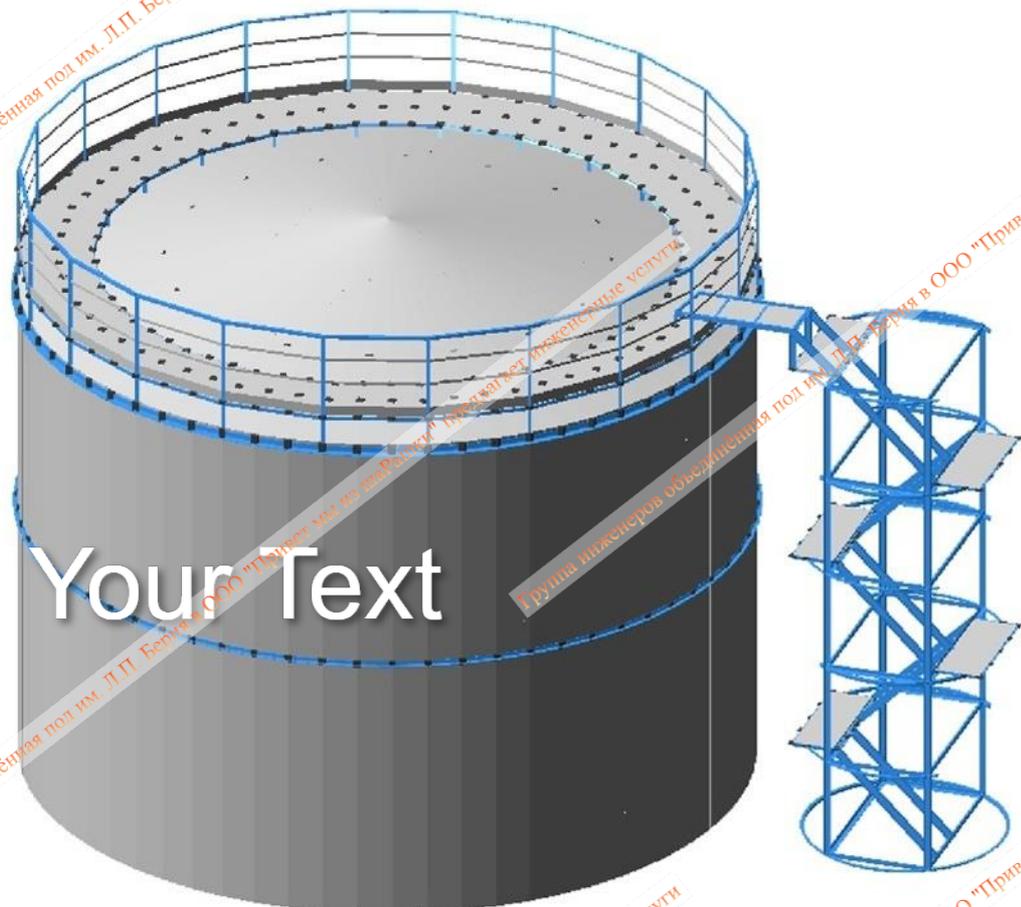
Расчетные температуры наружного воздуха:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №
--------------	--------------	---------------

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

- 1) Наиболее холодных суток обеспеченностью 98% (один раз в 50 лет) - минус 40°C, обеспеченностью 92% (один раз в 12,5 лет) - минус 38°C;
- 2) Наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 98% - минус 38°C, обеспеченностью 92% - минус 35°C;
- 3) Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца - 9,8°C;
- 4) Продолжительность неблагоприятного периода – с 20 августа по 5 июня (9,5 месяцев).

**1.2. Описание конструктивной схемы сооружения и жесткости элементов**



Your Text

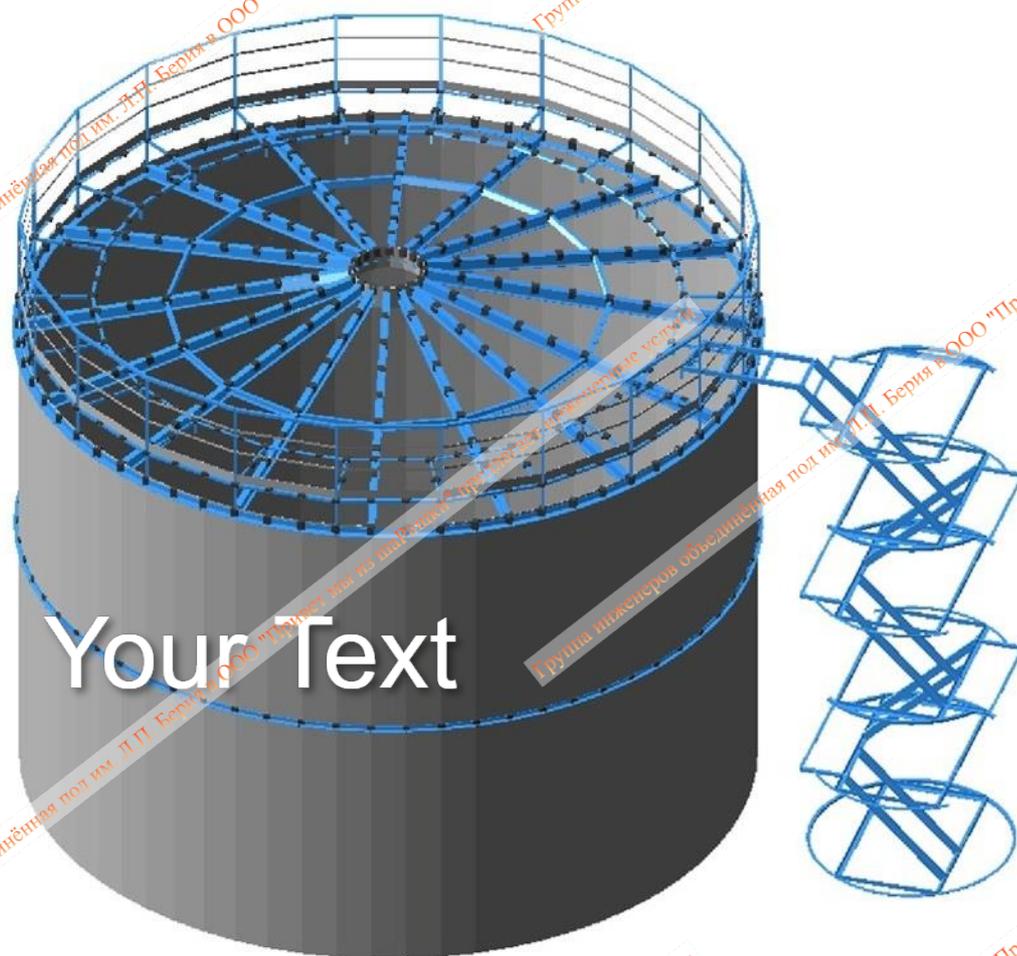
Рис. 1.1. Пространственная модель резервуара

Конструктивная схема резервуара – стальной наземный резервуар для воды, расположенный на фундаменте.

Инв. № подл. \_\_\_\_\_  
 Дата \_\_\_\_\_  
 Взаим. инв. № \_\_\_\_\_

Изм.	Код уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Резервуар представляет собой вертикальную цилиндрическую стальную листовую оболочку, приваренную по периметру к горизонтальному днищу. Стенка резервуара проектируется из стальных листов переменного по высоте сечения и работает на горизонтальное растяжение от гидростатического давления воды. Днище резервуара проектируется из листового металла и имеет плоскую конусность без подъема к центру днища резервуара.



Your Text

Рис. 1.2. Пространственная модель резервуара с направляющими и крышной площадкой

Горизонтальные направляющие служат для обеспечения строго вертикального положения неподвижной крыши. Направляющие располагаются на равных расстояниях по периметру крыши резервуара и крепятся к верхней части его наружной стенки. Направляющие состоят из двух частей – нижней, которая крепится к наружной стенке резервуара и верхней, которая устанавливается на внутреннее кольцо. Нижние направляющие проектируются из двутавра по ГОСТ Р 57837. Верхние направляющие проектируются из двутавров сварных по ГОСТ Р 58966-2020 и соединяются между собой системой раскосных связей, которые проектируются из швеллеров

Изм. № подл. и дата  
Взаим. инв. №

Изм.	Код уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

по ГОСТ 8240-93.

Внутренние направляющие резервуара работают как балки, на которые сверху передаются горизонтальные усилия от кровли и снега. Направляющие включаются в работу при появлении горизонтальных сил от ветра и неравномерной снеговой нагрузки. Внутренние направляющие проектируются из двутавра с по ГОСТ Р 57837.

Заделка вертикальных направляющих осуществляется закреплениями к стенке резервуара и к кольцевому оброчу, расположенного по верху резервуара и служащего жестким диском, обеспечивающим неизменяемость цилиндрического очертания резервуара и передачу суммарной горизонтальной и вертикальной реакции от вертикальных элементов конструкции на фундамент.

Несущий каркас, поддерживающий оболочку купола, состоит из радиально расположенных стропил, гнутых по радиусу конуса, и системы связей, состоящей из кольцевых распорок и раскосов и образующей в целом ребристо-кольцевой купол. Радиально расположенные стропила проектируются из двутавров по ГОСТ Р 57837. Система связей проектируется из швеллеров по ГОСТ 8240.

Your Text

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №					Лист 6
			Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	

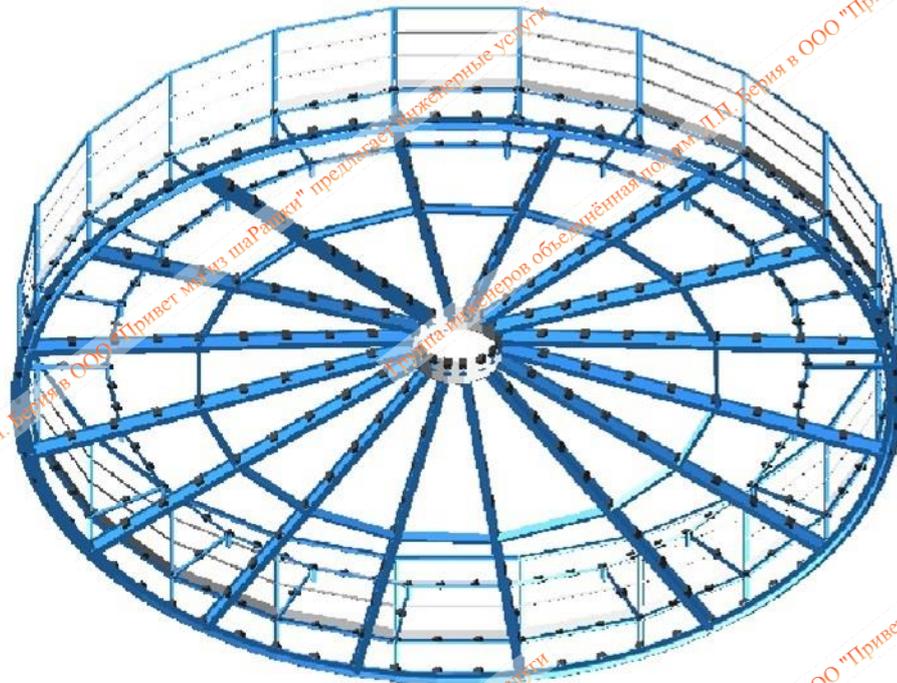


Рис. 1.3. Пространственная модель каркаса конуса крыши

Таблица 1.1. Основные геометрические размеры резервуара

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Показатель
1	Номинальный объем резервуара	м <sup>3</sup>	600
2	Полезная емкость резервуара	м <sup>3</sup>	600
3	Число подвижных звеньев резервуара	шт.	-
4	Внутренний диаметр резервуара $D_p$	мм.	10418
5	Наружный диаметр резервуара $D_k$	мм.	10430
6	Радиус крыши $R$	мм.	5215
7	Высота резервуара $H_r$	мм.	7500
8	$D_p / H_r$	-	1,39
9	Высота стенки резервуара $h_p$	мм.	7500
10	Высота стенки конуса крыши $h_k$	мм.	837
11	Стрелка подъема стропил $f$	мм.	837
12	Высота слоя воды в резервуаре над уровнем дна $h_0$	мм.	100
13	Количество внешних направляющих	шт.	16
14	Количество внутренних направляющих	шт.	16
15	$f / D_k$	-	0,08
16	Угол наклона стропил	-	7°

Схемы расположения основных конструкций сооружения представлены на рис. 1.4-1.16

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

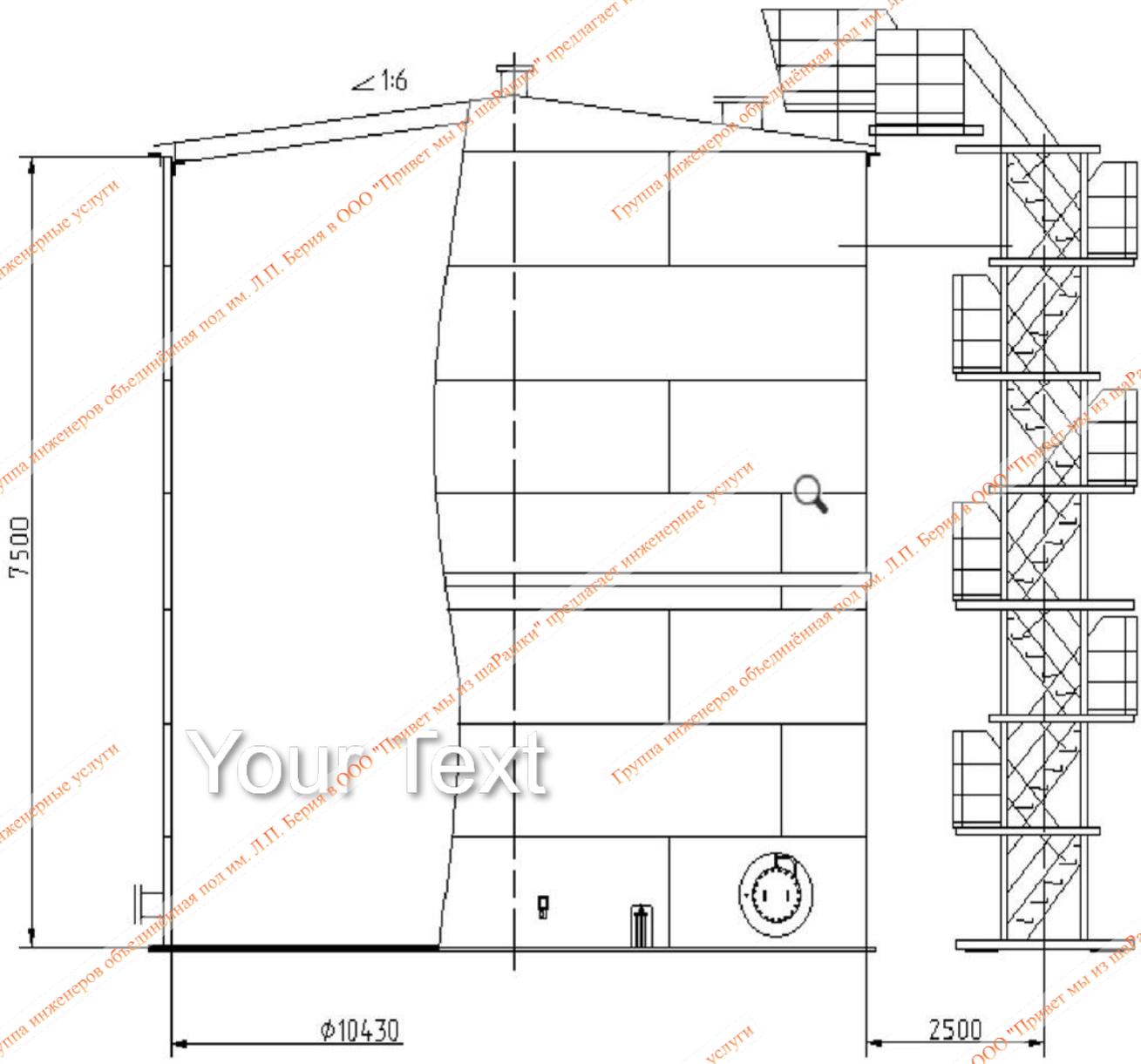


Рис.1.4. Геометрическая схема резервуара

Инв. № подл.	Поял. и дата	Взаим. инв. №
Изм.	Колуч	Лист
№ док.	Подпись	Дата

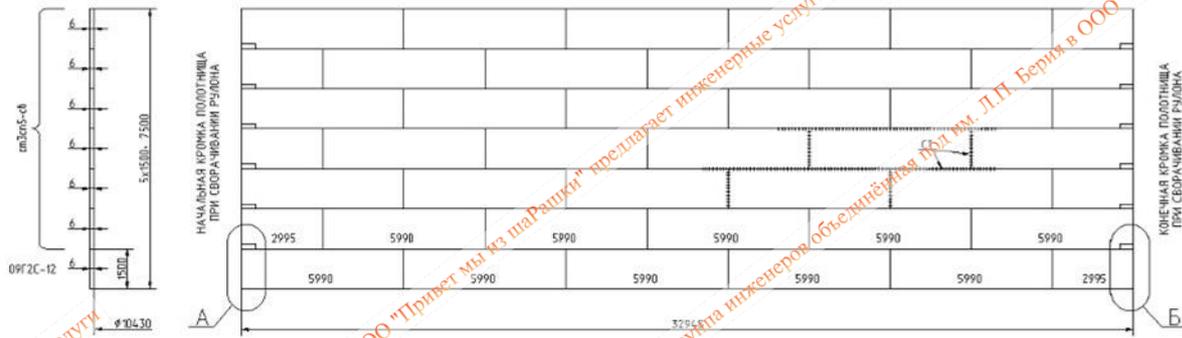


Рис.1.5. Геометрическая схема стенок резервуара

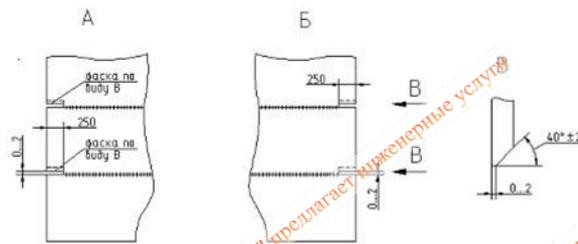


Рис.1.6. Узлы сопряжения стенок на сварке

Your Text

Изм.	Колуч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

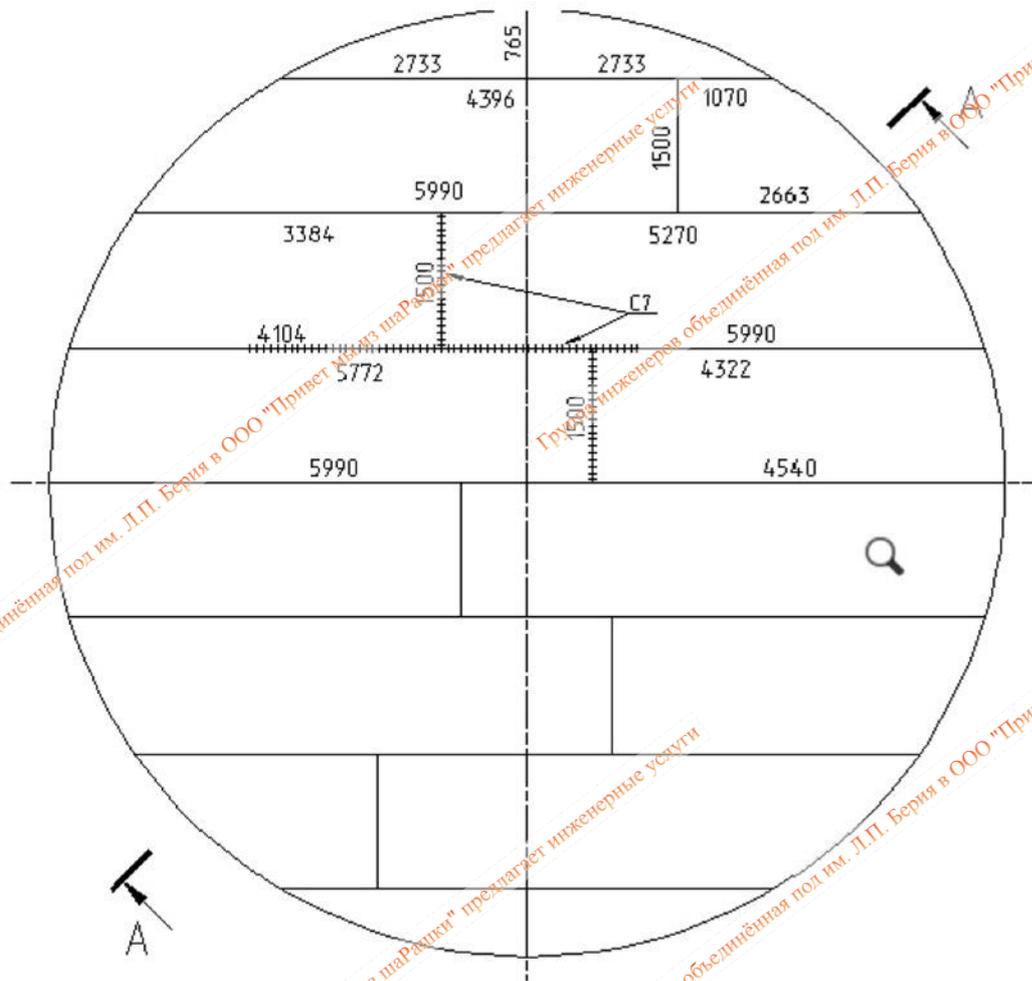


Рис. 1. Схема расположения днища резервуара

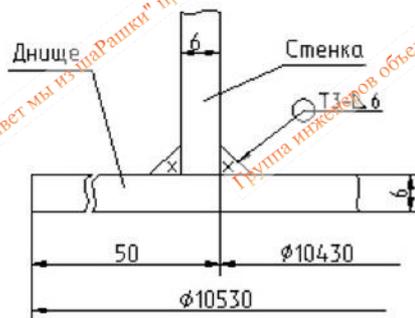
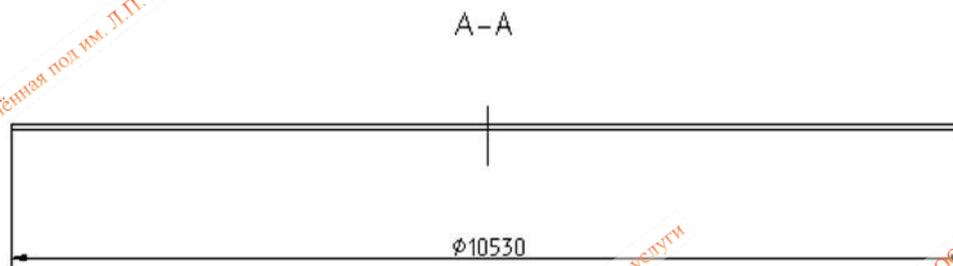


Рис. 1.8. Соединение днища со стенкой

Изм. № годш. \_\_\_\_\_  
 Инв. № годш. \_\_\_\_\_  
 Подп. и дата \_\_\_\_\_  
 Взаим. инв. № \_\_\_\_\_

Изм.	Колуч	Лист	№ док.	Подпись	Дата



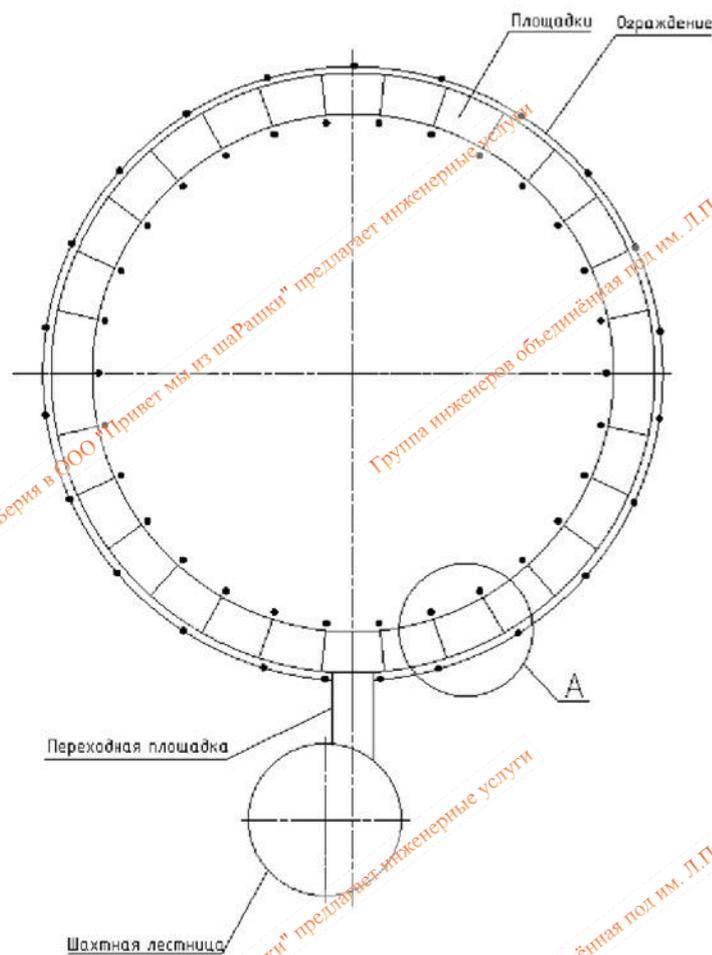


Рис. 1.11. Площадки и ограждения на крыше (общий вид)

Your Text

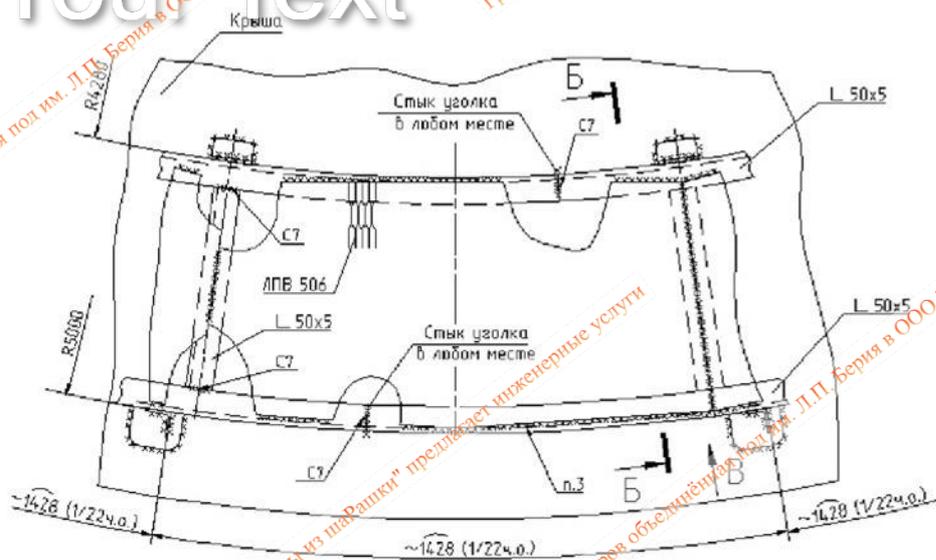


Рис. 1.12. Узел А

Инв. № годш.	Пояс. и дата	Взаим. инв. №
Изм.	Кол.уч.	Лист
№ док.	Подпись	Дата

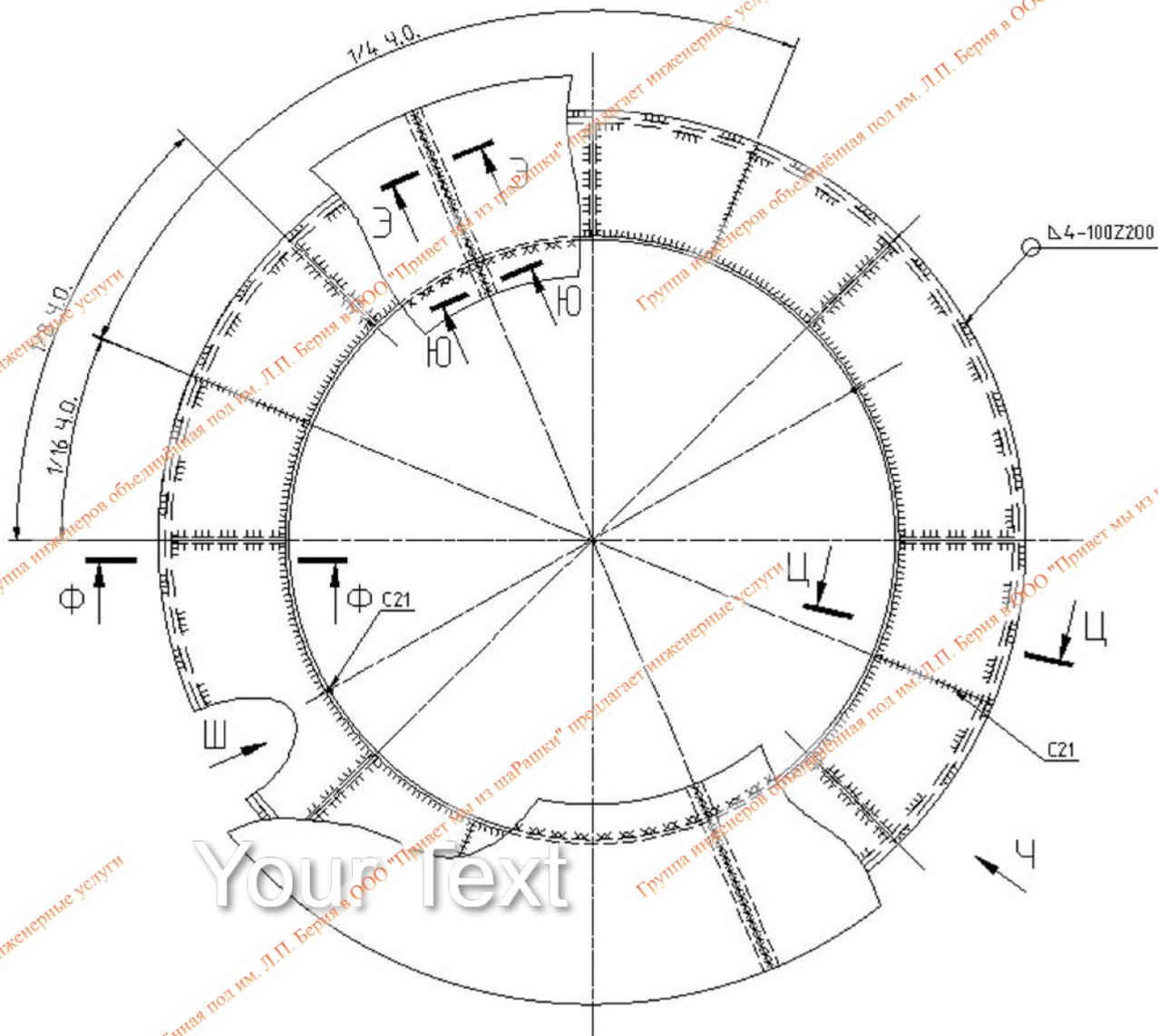


Рис. 1.13. Крыша (центральное кольцо)

Инв. № подл.	Поясл. и дата	Взаим. инв. №
Изм.	Код уч.	Лист
	№ док.	Подпись
		Дата

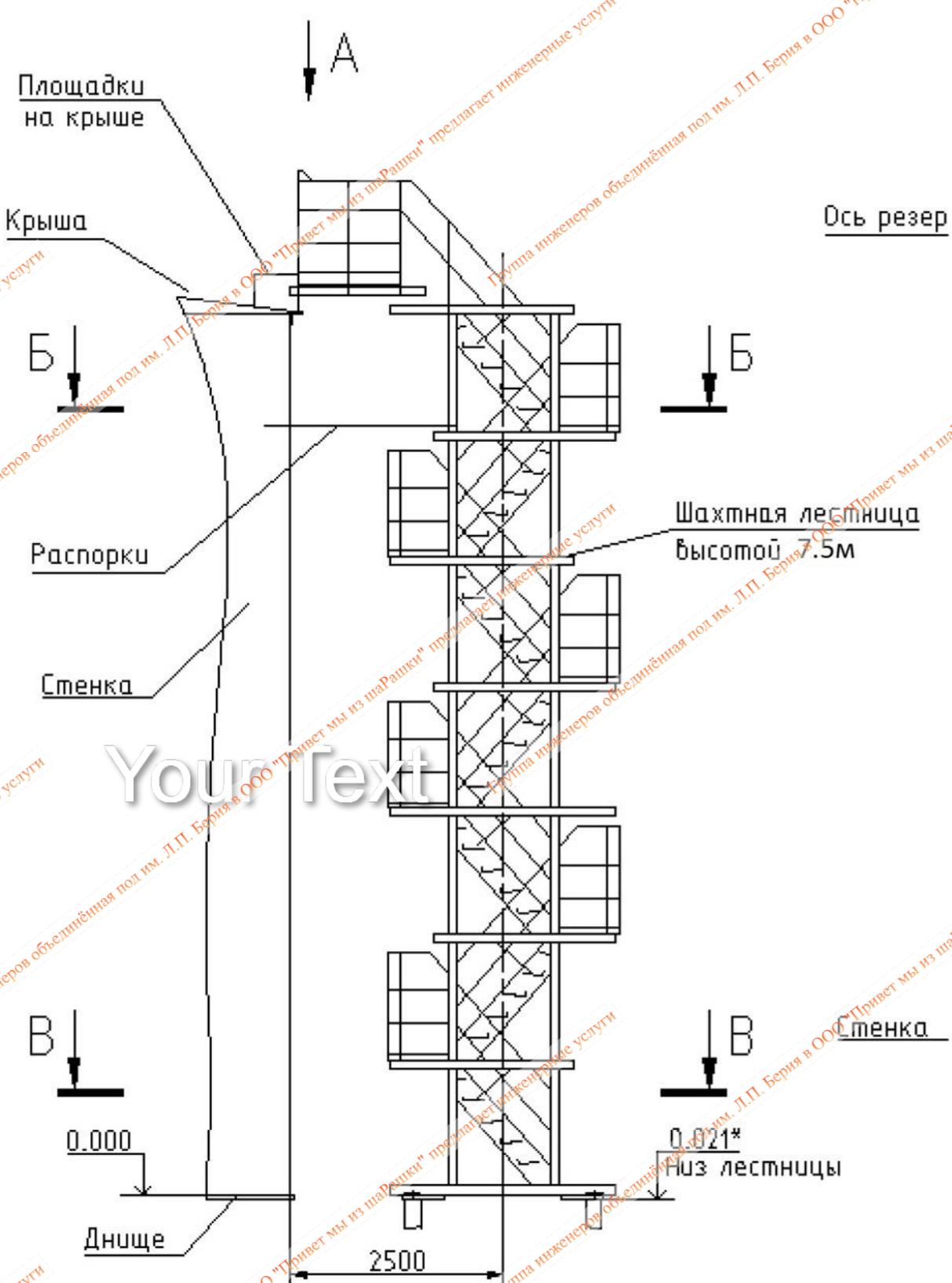


Рис. 1.14. Схема шахтной лестницы с переходом на крышу

Инв. № годш.	Поясл. и дата	Взаим. инв. №
Изм.	Колуч	Лист
№ док.	Подпись	Дата

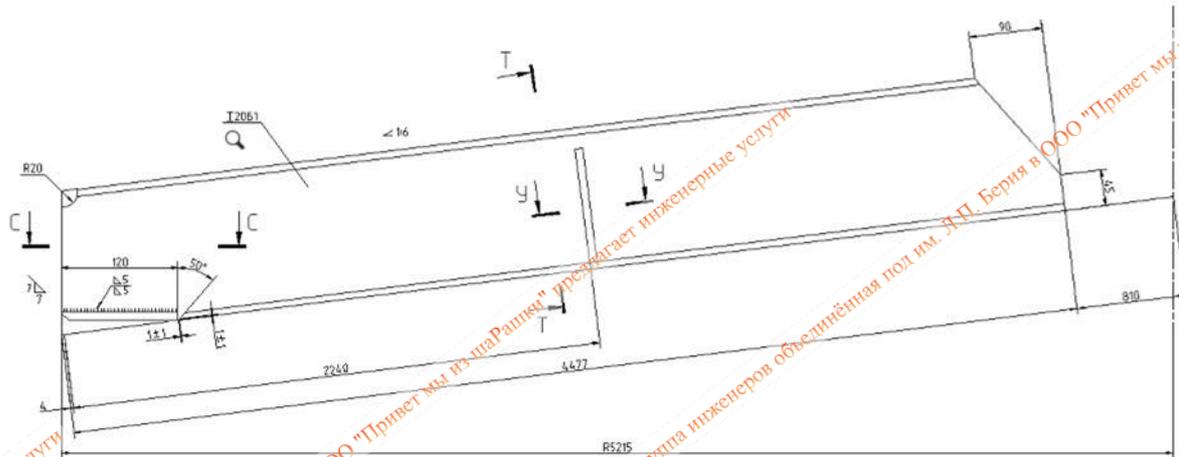
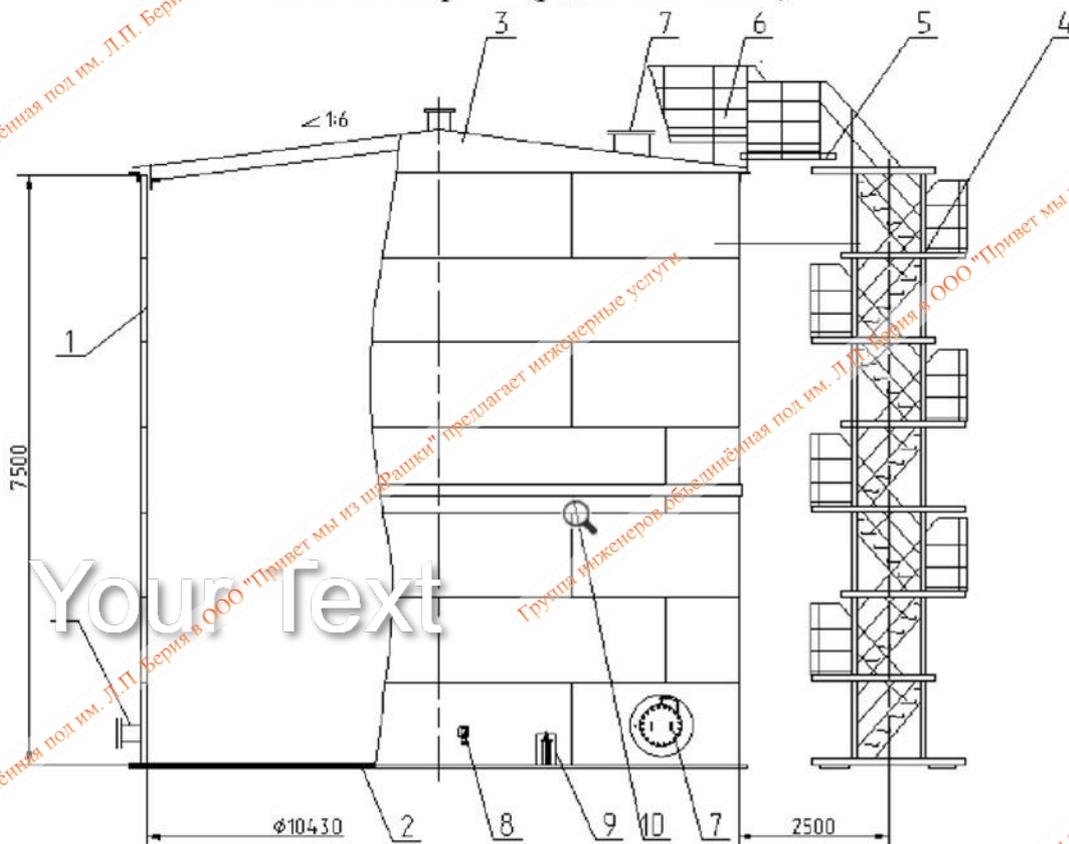


Рис. 1.15. Крыша (радиальная балка)



ПОЗ.	КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗЕРВУАРА
1	СТЕНКА
2	ДНИЩЕ
3	КРЫША
4	ШАХТНАЯ ЛЕСТНИЦА*
5	ПЕРЕХОД С ШАХТНОЙ ЛЕСТНИЦЫ НА КРЫШУ
6	ПЛОЩАДКИ И ОГРАЖДЕНИЯ НА КРЫШЕ
7	ЛЮКИ И ПАТРУБКИ В СТЕНКЕ И КРЫШЕ
8	КРЕПЛЕНИЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ
9	АНКЕРНЫЕ КРЕПЛЕНИЯ
10	КОЛЬЦО ЖЕСТКОСТИ
ИТОГО:	

Рис. 1.16. Принципиальная схема резервуара с экспликацией элементов КМ и ТХ

Инв. № подл. \_\_\_\_\_  
 Дата \_\_\_\_\_  
 Взаим. инв. № \_\_\_\_\_

Изм.	Колуч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Таблица 1.2 Сечения основных конструктивных элементов сооружения

№ п/п	Марка по проекту	Сечение			Марка металла	Примечание
		Эскиз	Порядок	Состав / жесткости		
1*	-			Двутавр нормальный 20Б1 по ГОСТ 57837-2017	09Г2С-12	Стропила крыши
2	t6	-		E=2.04e+007, V=0.3, H=0.6, Ro=7.85	09Г2С-12	Стенка резервуара нижняя
3	t6	-		E=2.04e+007, V=0.3, H=0.6, Ro=7.85	ВСт3пс5	Стенка резервуара
4	t6	-		E=2.04e+007, V=0.3, H=0.6, Ro=7.85	ВСт3пс5-св	Днище резервуара
5	t4	-		E=2.04e+007, V=0.3, H=0.4, Ro=7.85	ВСт3пс5-св	Крыша резервуара
6	-			Швеллер 12П по ГОСТ 8240-97	09Г2С-12	Кольцевой элемент каркаса
7	-			Уголки равнополочные 100x8 по ГОСТ 8509-93	09Г2С-12	Пояс по окружности
8	-			Уголки равнополочные 63x6 по ГОСТ 8509-93	09Г2С-12	Кольцо жесткости
9	-			Уголки равнополочные 75x6 по ГОСТ 8509-93	09Г2С-12	Шахтная лестница
10	-			Уголки равнополочные 50x5 по ГОСТ 8509-93	09Г2С-12	Шахтная лестница
11	-			Швеллер 12П по ГОСТ 8240-97	09Г2С-12	Шл (Косоур)
12	-			Швеллер 10П по ГОСТ 8240-97	09Г2С-12	Шл (Стойка)
13	t10	-		E=2.04e+007, V=0.3, H=1, Ro=7.85	09Г2С-12	Центральное кольцо
14	-			Уголки равнополочные 50x5 по ГОСТ 8509-93	09Г2С-12	Ограждения на крыше (стойка)
15	t4	-		E=2.04e+007, V=0.3, H=0.4, Ro=7.85	09Г2С-12	Ограждения на крыше (150x4)
16	t4	-		E=2.04e+007, V=0.3, H=0.4, Ro=7.85	09Г2С-12	Ограждения на крыше (40x4)
17	-			Уголки равнополочные 50x5 по ГОСТ 8509-93	09Г2С-12	Ограждения на крыше (перила)
18	-			Швеллер с параллельными гранями полок 5П по ГОСТ 8240-97	09Г2С-12	Ограждения на крыше (балка площадки)
19	t5	-		E=2.04e+007, V=0.3, H=0.5, Ro=7.85	09Г2С-12	Ограждения на крыше (настил площадки)
20	t5	-		E=2.04e+007, V=0.3, H=0.5, Ro=7.85	09Г2С-12	Шахтная лестница (настил площадки)
21	-			Уголки равнополочные 50x5 по ГОСТ 8509-93	09Г2С-12	Шахтная лестница (балка площадки)
22	-			Швеллер 8П по ГОСТ 8240-97	09Г2С-12	Переходная площадка (балка площадки)
23	t5	-		E=2.04e+007, V=0.3, H=0.5, Ro=7.85	09Г2С-12	Переходная площадка (настил площадки)

Your text

Инв. № полн.	Подпись	Дата	Взаим. шиф. №
	Изм.	Кол.уч.	
	№ док.	Подпись	Дата

## 2. Сбор нагрузок

Сбор нагрузок проведен в соответствии с СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».

Резервуар рассчитывается на основное сочетание постоянных и временных нагрузок по I и II группам предельных состояний. Значения принятых нормативных и расчётных нагрузок приведены в таблицах п. 2 настоящего раздела.

К постоянным нагрузкам относится вес конструктивных элементов резервуара.

Временные нагрузки на сооружение:

- снеговая равномерная и неравномерная нагрузка;
- ветровая нагрузка;
- гидростатическое давление жидкости;
- временные нагрузки на обслуживающие площадки.

### 2.1. Постоянные нагрузки

Постоянными нагрузками является собственный вес конструктивных элементов резервуара, а также вес обслуживающих площадок, настила, ограждений, лестниц и стремянок, лазов, люков, колпаков.

Собственный вес конструктивных элементов резервуара определяется программно с учётом заданных жесткостей.

Коэффициент надежности по нагрузке принят 1,05 согласно п.7 табл.7.1 СП 20.13330.2016 ред.3.

Собственный вес отдельных частей резервуара, не включенных в расчётную модель, задан отдельным нагружением и принят по данным проекта согласно ЗнП.

Вес 1 п.м. ограждения кольцевой и переходной площадок, а также площадок шахтной лестницы составляет:

- вес 1п.м. поручня из уголка 50x5 равен 3,77кг;
- вес стоек из уголка 50x5 высотой 1,7м равен  $3,77 \times 1,7 = 6,41$ кг;
- вес 1 п.м. отбойной полосы  $150 \times 4 + (40 \times 4) \times 2$  равен  $0,23 \times 1 \times 0,004 \times 7,875 = 7,245$ кг.

Итого расчётный вес 1п.м. ограждения  $(3,77 + 6,41 + 7,245) \times 1,05 = 18,3$  кг.

Вес ограждения задан на балки площадок как постоянная равномерно-распределенная нагрузка.

Вес стремянок задан узловыми нагрузками в местах их крепления.

Значения веса настила, люков, лазов, колпаков, а также ограждений и стремянок приведен в таблице 2.1.

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Таблица 2.1. Значения веса металлических элементов резервуара согласно Зн.И.И.

Вид элемента	Нормативное значение нагрузки	Ед. изм.	Коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f$	Расчётное значение нагрузки
Стенка	11756	т/м	1,05	12344
Днище	4143	т	1,05	4350
Крыша	5919	т	1,05	6215
Шахтная лестница	4000	т	1,05	4200
Переход с ШЛС на крышу	217	т	1,05	228
Площадки и ограждения на крыше	1214	т	1,05	1275
Люки и патрубки в стенке и крыше	1021	т	1,05	1072
Крепление заземления		т	1,05	4,2
Анкерные крепления	432	т	1,05	454
Кольцо жесткости	230	т	1,05	242

Your Text

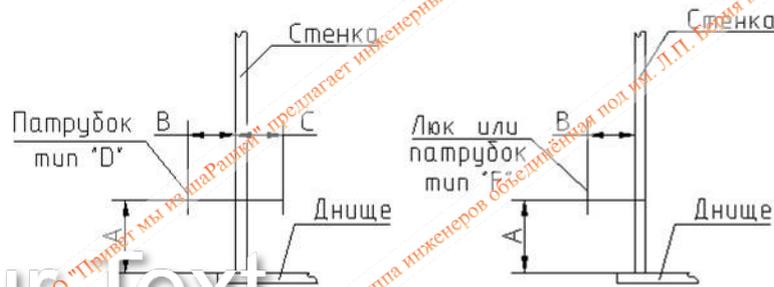
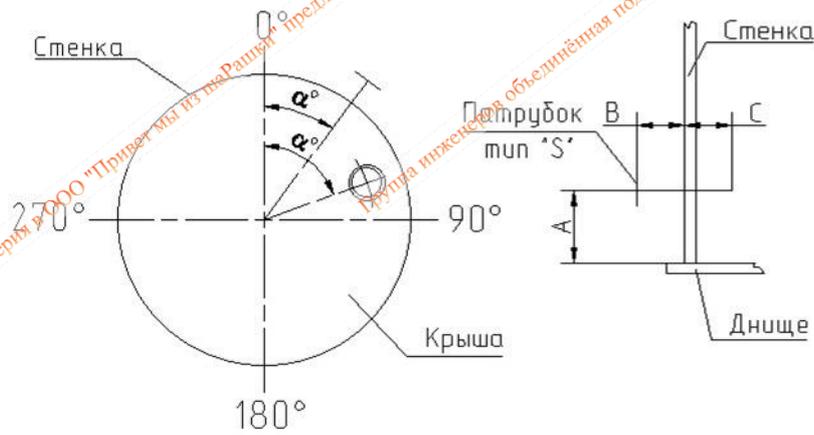
Вес КЭ учтен при задании жесткостных характеристик конечных элементов. Вес люков, лазов, колпаков и переливного кармана заданы узловыми нагрузками в соответствии со схемами их расположения согласно ГЧ. Вес настила задан как равномерно-распределенная нагрузка на балки площадок с учётом грузовой площади.

Схемы расположения эксплуатационного оборудования (люков, лазов, колпаков и т.д.) приведены на рис. 2.1-2.2.

Вес технологических трубопроводов (трубы ввода воды) задан как сосредоточенные нагрузки на крышу резервуара.

Инв. № полн.	Подп. и дата	Взвеш. инв. №

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата



Your text

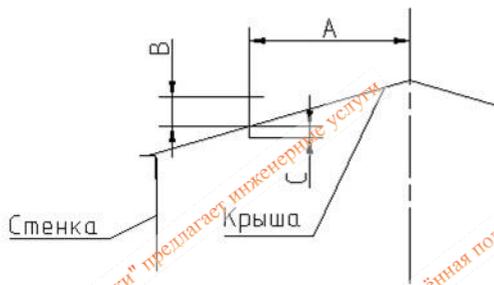


Рис. 2.1. Схемы расположения люков, лазов, колпаков

Инв. № полн.	Подпись	Дата	Взам. инв. №	Изм.			Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

ОБОЗНАЧЕНИЕ	НАЗНАЧЕНИЕ	УСЛОВ. ПРОХОД, ММ	УСЛОВ. ДАВЛ., КГС/СМ	ТИП ПАТР.	РАСПОЛОЖЕНИЕ				ТРУБА		ФЛАНЕЦ	ПРЯЖКА Тс, ММ	УСИЛИВ. ЛИСТ			СВ. ШВЫ			МАССА КГ	№ ЧЕРТ.
					α°	А мм	В мм	С мм	Dr мм	Tr мм			Dr мм	Tr мм	ТИП	К1 мм	К2 мм	К3 мм		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	СТЕНКА:																			
SM01	ЛЮК-ЛАЗ В I ПОЯСЕ	600	0,25	F	-	750	250	-	630	8	ГОСТ 33259, ТИП 01, РЯД 1, ИСП. В	24	1270	6	OR	6	6	-	220	103
SM02	ЛЮК-ЛАЗ В I ПОЯСЕ	600x900	-	F	-	750	250	-	630x930	10	Tf=24	25	1385x1870	6	OL	6	6	6	370	104
SN01	ПАТРУБОК ПРИЕМА	150	16	S	-	300	300	150	159	8	ГОСТ 33259, ТИП 01, РЯД 1, ИСП. В	-	360	6	OR	6	6	-	26	102
SN02	ПАТРУБОК РАЗДАЧИ	150	16	S	-	300	300	150	159	8	ГОСТ 33259, ТИП 01, РЯД 1, ИСП. В	-	360	6	OR	6	6	-	26	102
SN03	ПАТРУБОК ПЕРЕЛИВА	150	16	S	-	10000	300	150	159	8	ГОСТ 33259, ТИП 01, РЯД 1, ИСП. В	-	360	6	OR	6	6	-	26	102
SN04	ПАТРУБОК ЗАЧИСТКИ	150	16	S	-	300	300	150	159	8	ГОСТ 33259, ТИП 01, РЯД 1, ИСП. В	-	360	6	OR	6	6	-	43	102
	КРЫША:																			
RM01	ЛЮК СВЕТОВОЙ	500	-	-	-	3800	350	20	530	6	Tf=10	10	1060	4	-	4	4	-	111	105
RM02	ЛЮК СВЕТОВОЙ	500	-	-	-	3800	350	20	530	6	Tf=10	10	1060	4	-	4	4	-	111	105
RN01	ПАТРУБОК ВЕНТИЛЯЦИОННЫЙ	250	2,5	-	-	4000	300	-	273	6	ГОСТ 33259, ТИП 01, РЯД 1, ИСП. В	-	550	4	-	4	4	-	26	106
RN02	ПАТРУБОК УРОВНЕМЕРА	100	2,5	-	-	4000	300	20	108	5	ГОСТ 33259, ТИП 01, РЯД 1, ИСП. В	-	220	4	-	4	4	-	8	106
RN03	ПАТРУБОК МОНТАЖНЫЙ	250	2,5	-	-	4000	300	20	273	6	ГОСТ 33259, ТИП 01, РЯД 1, ИСП. В	-	550	4	-	4	4	-	27	106
RN04	ПАТРУБОК МОНТАЖНЫЙ	250	2,5	-	-	4000	300	20	273	6	ГОСТ 33259, ТИП 01, РЯД 1, ИСП. В	-	550	4	-	4	4	-	27	106

Рис. 2.2 Таблица характеристик люков, лазов, кошаков

Your Text

## 2.2. Временные нагрузки

Временные нагрузки определены согласно СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».

Значения принятых нагрузок и коэффициенты надежности по ним приведены в таблице 2.2.

Коэффициент сочетания для временных нагрузок принят равным 0,9; для кр-ных 0,35

Таблица 2.2. Кратковременные нагрузки

Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, кг/м <sup>2</sup>	Коэффициент надежности, $\gamma_f$	Расчётная нагрузка, кг/м <sup>2</sup>
<b>Кратковременные нагрузки</b>			
Полезная согласно табл. 8.3 СП 20.13330.2016	200,0	1.2	240,0
Снеговая на покрытие для V снегового р-она согласно п. 10 СП 20.13330.2016	$S_0 = c_t \cdot c_e \cdot \mu \cdot S_g$ $= 1.0 \cdot 0.85 \cdot 1.0 \cdot 250$ $= 212,5$	1.4	297,5
Итого кратковременные:	<b>412,5</b>		<b>478,0</b>

Взам. инв. №

Подл. и дата

Инв. № подл.

ЕО2314-23-КР.Р

Watermarkly

Лист

20

Изм. Кол.уч. Лист № док. Подпись Дата

### 2.2.1. Снеговые нагрузки

Значения коэффициентов  $s_e$  и  $s_e$  снеговых нагрузок приняты согласно СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия». Термический коэффициент  $s_t$  принят равным 1,0 согласно п. 10.10 СП как для остальных случаев покрытий зданий при уклонах кровли свыше 3 %.

Согласно п. 10.8 СП для купольных сферических и конических покрытий зданий на круглом плане, регламентируемых схемой Б.14 прил. Б, при задании равномерно распределенной снеговой нагрузки значения коэффициента  $s_e = 0,85$  принято в зависимости от диаметра основания купола  $d > 60\text{м}$ .

Снеговая нагрузка на площадки обслуживания приложена как равномерно распределенная на балки с учётом грузовой площади.

Снеговая нагрузка на сферическое покрытие колокола определена согласно прил. Б СП 20.13330.2016 по схеме на рис. Б.15.

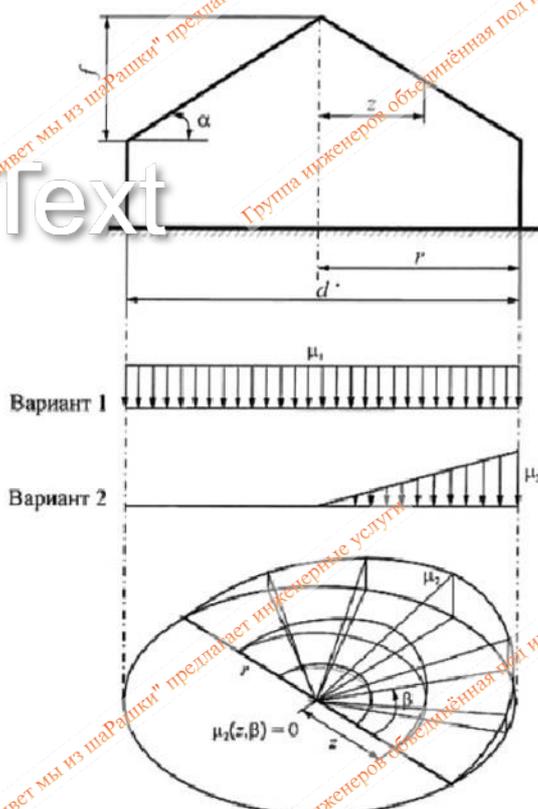


Рис. 2.3. Схема снеговой нагрузки на коническую поверхность

Так как соотношение  $f/d = 0,837/10,430 = 0,08 > 0,05$  – то учитывается 1й вариант приложения снеговой нагрузки. Для первого варианта значение коэффициента  $\mu_1$  согласно табл. Б.3 СП при уклоне покрытия  $< 30^\circ$  равно 1,0. Для пологих куполов при  $\alpha \leq 7^\circ$  учитывается только вариант 1.

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

## 2.2.2. Ветровые нагрузки

Ветровая нагрузка на резервуар вычисляется в соответствии с указаниями СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» для типа местности "С".

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки  $w$  определяется как сумма средней и пульсационной составляющих

$$w = w_m + w_p$$

Нормативное значение средней составляющей

$$w_m = w_0 \cdot k(z_e) \cdot c$$

Нормативное значение ветрового давления по табл. 11.1.  $w_0 = 60 \text{ кг/м}^2$ ;

$k(z_e)$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте, определяемый по таблице 11.2;

$c$  – аэродинамический коэффициент.

Пульсационная составляющая  $w_p$  – задается программно.

Коэффициент надежности по ветровой нагрузке  $\gamma_f = 1,4$ .

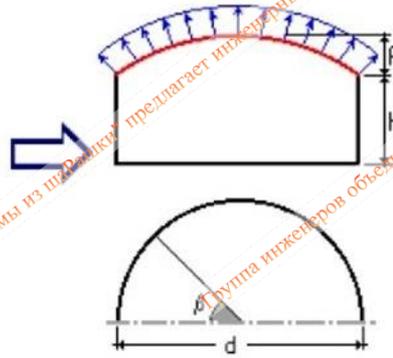
Нормативные и расчётные значения средней (статической) составляющей ветровой нагрузки на стены и покрытие резервуара определены с помощью программного комплекса SCAD в подпрограмме «Вест» согласно прил. В.1.12 СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».

Your Text

Изн. № полн.	Подп. и дата	Взаим. иш. №

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

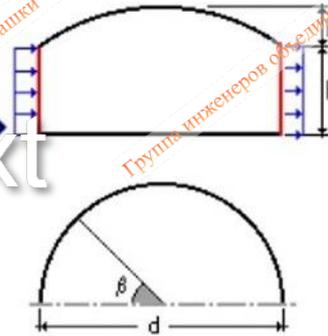
Результаты расчёта ветровой нагрузки:



Параметры		
Поверхность	Кровля (сферическая)	
Коэффициент надёжности по нагрузке $\gamma_f$	1.4	
H	7.5	М
d	10.43	М
f	0.837	М

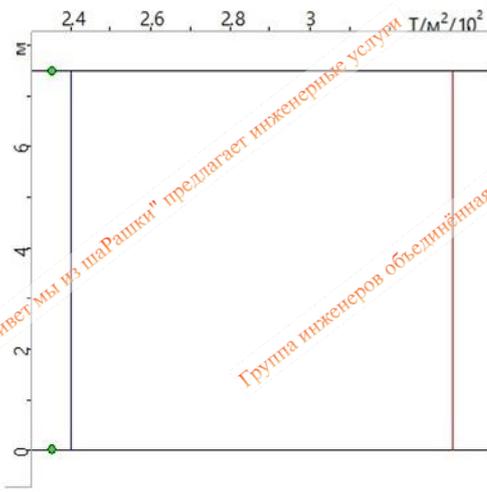
Нормативная нагрузка : -0.017 Т/м<sup>2</sup>

Расчетная нагрузка : -0.024 Т/м<sup>2</sup>

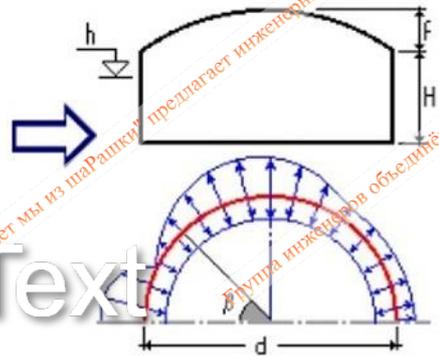


Параметры		
Поверхность	Стена (по высоте)	
Шаг сканирования	7.5 м	
Коэффициент надёжности по нагрузке $\gamma_f$	1.4	
H	7.5	М
d	10.43	М
f	0.837	М
□	0	град

Инв. № полн.	Подпись	Дата	Взам. инв. №						
				Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

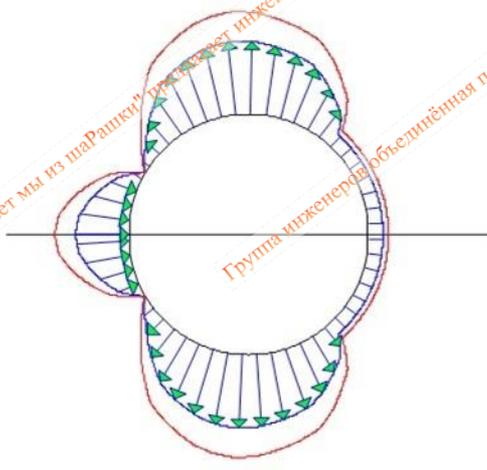


Высота (м)	Нормативное значение (Т/м²)	Расчетное значение (Т/м²)
0	0.024	0.034
7.5	0.024	0.034



Your Text

Параметры	
Поверхность	Стена (в плане)
Шаг сканирования	7 град
Коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f$	1.4
H	7.5 М
d	10.43 М
f	0.837 М
h	1.5 М



Инв. № полн.	Подпись	Дата	Взам. инв. №						
				Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Таблица значений ветрового давления для h= 7,5м

Угол (град)	Нормативное значение (Т/м <sup>2</sup> )	Расчетное значение (Т/м <sup>2</sup> )
0	0.024	0.034
7	0.022	0.031
14	0.018	0.025
21	0.014	0.017
28	0.004	0.006
35	-0.003	-0.004
42	-0.008	-0.011
49	-0.014	-0.02
56	-0.021	-0.029
63	-0.026	-0.037
70	-0.03	-0.041
77	-0.032	-0.045
84	-0.034	-0.047
91	-0.034	-0.047
98	-0.032	-0.045
105	-0.03	-0.042
112	-0.027	-0.038
119	-0.021	-0.03
126	-0.015	-0.022
133	-0.006	-0.009
140	-0.006	-0.009
147	-0.006	-0.009
154	-0.006	-0.009
161	-0.006	-0.009
168	-0.006	-0.009
175	-0.006	-0.009
182	-0.006	-0.009
189	-0.006	-0.009
196	-0.006	-0.009
203	-0.006	-0.009
210	-0.006	-0.009
217	-0.006	-0.009
224	-0.006	-0.009
231	-0.011	-0.015
238	-0.019	-0.026
245	-0.025	-0.035
252	-0.029	-0.041
259	-0.031	-0.044
266	-0.033	-0.046
273	-0.034	-0.048
280	-0.033	-0.047
287	-0.031	-0.043
294	-0.028	-0.039
301	-0.024	-0.033
308	-0.017	-0.023
315	-0.01	-0.015
322	-0.005	-0.007
329	1.211e-004	1.695e-004
336	0.01	0.013
343	0.015	0.022
350	0.02	0.029
357	0.023	0.033
360	0.024	0.034

Your text

Инв. № полн.	Подпись	Дата	Взам. инв. №			
				Изм.	Кол.уч	Лист
				№ док.	Подпись	Дата

Ветровая нагрузка задана на стенки резервуара и крышу как неравномерно распределенная в плане и по высоте нагрузка, а также на покрытие крыши как равномерно распределенная. Ветровая нагрузка на направляющие каркаса задана как равномерно распределенная по длине стержневых элементов с учётом площади обдуваемой поверхности и определенных расчётных значений ветрового давления шахтной лестницы.

Пульсационная составляющая ветровой нагрузки определяется программно.

Ветровая нагрузка на шахтную лестницу определяется согласно прил. В.1.14 СП 20.13330.2016 как на решетчатую конструкцию следующей схеме:

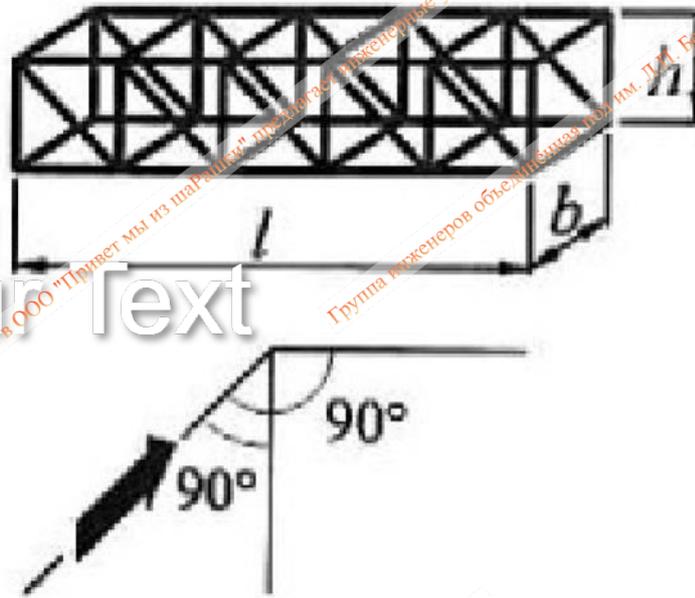


Рис. 2.4.

Аэродинамические коэффициенты решетчатых конструкций отнесены к площади граней пространственных ферм. Аэродинамические коэффициенты  $c_t$  решетчатых башен и пространственных ферм определяются по формуле:

Инв. № полн.	Подпись и дата	Взам. инв. №				
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.
						
						Лист 26

$$c_t = c_x(1 + \eta)k_1,$$

где коэффициент  $c_x$  — определяется так же, как и для отдельно стоящей фермы (плоской решетчатой конструкции);  $\eta$  — как для ряда плоских ферм,

$k_1$  — определяется по таблице В.9 в зависимости от формы сооружения и направления ветра и равен 1,0 при прямоугольной в плане форме сооружения.

Аэродинамические коэффициенты с отдельно стоящих плоских решетчатых конструкций определяются по формуле:  $c_x = \frac{1}{A_k} \sum c_{xi} A_i$

где  $A_i$  — площадь проекции  $i$ -го элемента конструкции,  $A_k$  — площадь, ограниченная контуром конструкции,  $c_{xi}$  — аэродинамический коэффициент  $i$ -го элемента конструкции, принимаемый равным 1,4 ( $c_{xi} = 1,4$ ) для профилей, при этом  $k_\lambda = 1$ ; коэффициент  $\eta$  определяется по таблице В.8 в зависимости от относительного расстояния между фермами  $b/h$  и коэффициента заполнения конструкции:  $\varphi = \frac{1}{A_k} \sum A_i$

Определим коэффициент заполнения конструкции при действии ветра по  $Y$  согласно схеме на рис. 2.4.

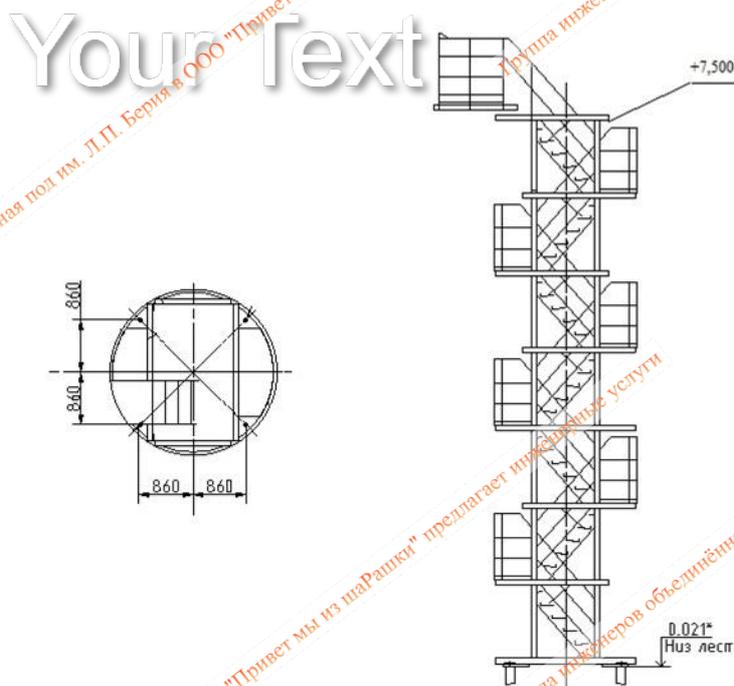


Рис. 2.5. Геометрическая схема к определению коэффициента заполнения грани лестничной

Инв. № полн.	Подл. и дата	Взам. инв. №				
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.
				Подпись	Дата	

$$A_k = 2,267 \cdot 7,5 = 17 \text{ м}^2$$

Площадь балок из швеллеров 10П:

$$A_1 = 4,534 \cdot 5 \cdot 0,046 = 1,04 \text{ м}^2;$$

Площадь стоек из швеллеров 10П:

$$A_2 = 7,5 \cdot 2 \cdot 0,046 = 0,69 \text{ м}^2;$$

Площадь косоуров из швеллеров 12П:

$$A_3 = 2,12 \cdot 10 \cdot 0,052 = 1,1 \text{ м}^2;$$

Таким образом, коэффициент  $\varphi = \frac{1}{17,00} (1,04 + 0,69 + 1,1) = 0,166$

По табл. В.8 при отношении  $b/h = 2,267/1,5 = 1,51$  коэффициент  $\eta = 0,94$  – определен линейной интерполяцией.

$$\text{Аэродинамический коэффициент } c_x = \frac{1}{17,00} [1,4(1,04 + 0,69 + 1,1)] = 0,23$$

$$\text{Аэродинамический коэффициент } c_t = 0,23(1 + 0,94)1,0 = 0,446$$

Расчётные ветровые нагрузки приложены как равномерно-распределенные на стержневые элементы. Пульсационная составляющая ветровых нагрузок задается программно.

### 2.2.3. Гидростатическое давление жидкости

Гидростатическое давление воды на днище и стенки резервуара определено с учётом глубины  $z$  и удельного веса воды по формуле:

$$P_v = \gamma_{f1} \cdot \rho \cdot g \cdot z = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 9,81 \cdot 7,5 = 73,57 \text{ кПа/м}^2 = 7,36 \text{ т/м}^2$$

где  $\gamma_{f1}$  – коэффициент надежности по нагрузке;

$\rho = 1 \text{ т/м}^3$  – плотность воды;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81$ ;

$z = 7,5 \text{ м}$  – расстояние от высшего уровня жидкости до нижней кромки пояса.

Гидростатическое давление воды приложено на днище и стенки резервуара как неравномерно-распределенная по высоте нагрузка.

Схема расчетного гидростатического давления приведена на рис. 2.6.

### 2.2.4. Нагрузка от фасада

Нагрузка от теплоизоляции стенки плотностью  $100 \text{ кг/м}^3$  толщиной  $150 \text{ мм}$  фасада  $= 150 \cdot 1,3 = 195 \text{ кг/м}^2$ ;

Нагрузка от теплоизоляции крыши плотностью  $100 \text{ кг/м}^3$  толщиной  $150 \text{ мм}$  фасада  $= 150 \cdot 1,3 = 195 \text{ кг/м}^2$ ;

Нагрузка от обшивки стенки из профлиста С21-1000-0,7 ОЦ  $= 7,4 \cdot 1,3 = 9,62 \text{ кг/м}^2$ ;

Нагрузка от обшивки крыши из профлиста С21-1000-0,7 ОЦ  $= 7,4 \cdot 1,3 = 9,62 \text{ кг/м}^2$ .

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №				
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.
			Подпись	Дата		
						Лист
						28

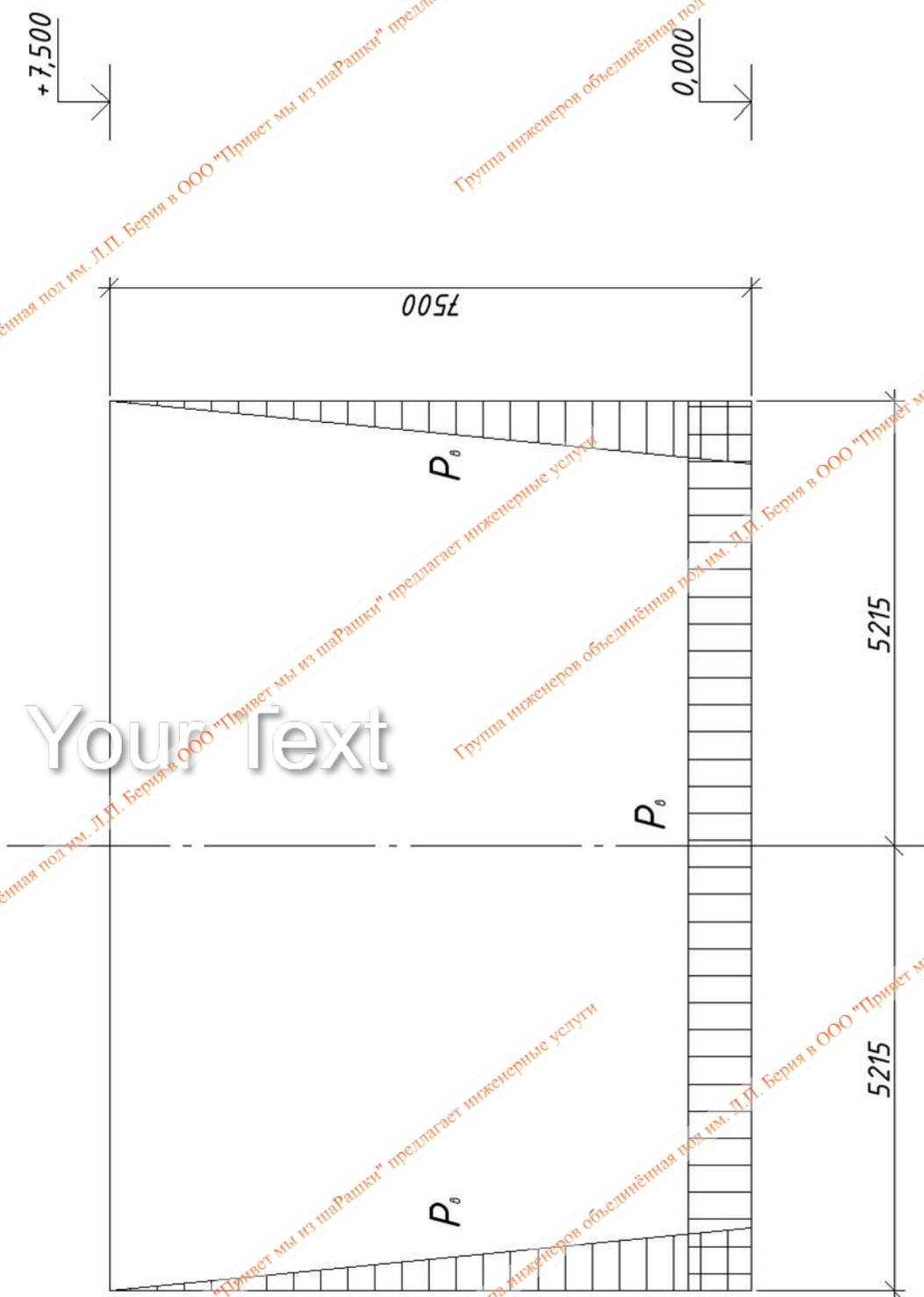


Рис. 2.6. Схема (эпюры) гидростатического давления воды

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

### 3. Расчетная часть

#### 3.1. Общие сведения

Расчет выполнен с помощью проектно-вычислительного комплекса ЛИРА-САПР 2022, реализующего моделирование расчетных схем и их последующий статический и динамический расчет методом конечных элементов.

Расчет конструкций произведен на основные сочетания нагрузок. Нагрузки и воздействия определены согласно СП 20.13330-2016 «Нагрузки и воздействия». В расчетном комплексе ЛИРА-САПР прикладываются полные расчетные нагрузки. С помощью комбинации загрузок и модуля РСН учитывается система коэффициентов по I и II группе ПС. Результатом расчета является вычисление перемещений и углов поворота узлов расчетной схемы, подбор сечений металлопроката по существующим сортаментам по критериям прочности и устойчивости элементов расчетной схемы, расчет армирования железобетонных элементов.

В качестве расчетной модели принята пространственная модель из конечных стержневых и пластинчатых элементов. Элементы металлокаркаса моделируются из конечных элементов типа КЭ-10 (универсальный пространственный стержень), а элементы листовых конструкций из 4-угольных конечных элементов типа КЭ-41 (универсальный прямоугольный КЭ оболочки).

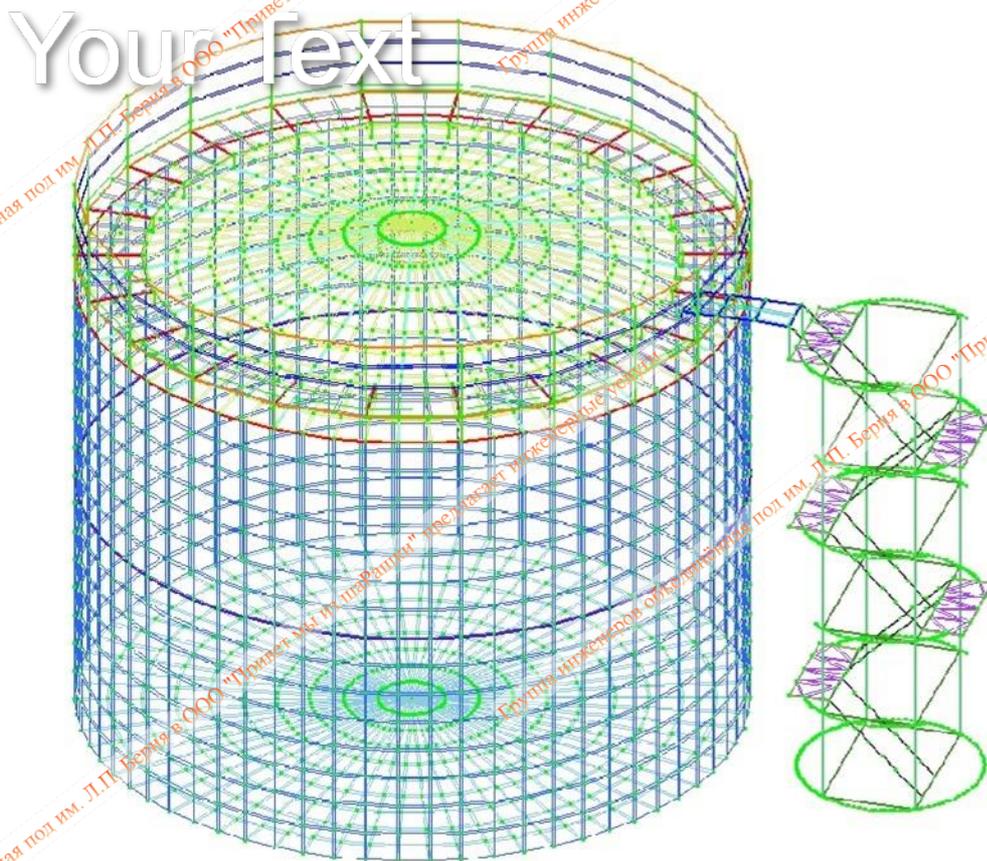
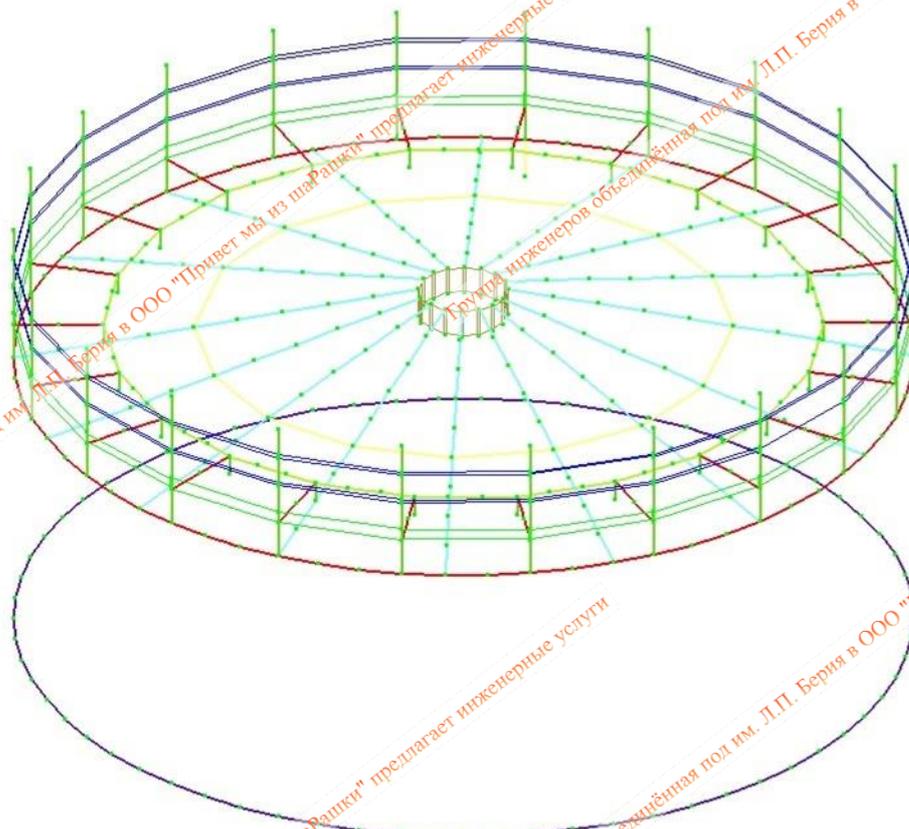


Рис. 3.1. Общий вид пространственной расчетной модели каркаса

Инв. № полн.	Подл. и дата	Взаим. инв. №
Изм.	Кол.уч	Лист
№ док.	Подпись	Дата



Your Text

Рис. 3.2. Общий вид каркаса направляющих и кольцевой площадки

### 3.2. Загружения и комбинации нагрузок

Расчёт выполнен на следующие виды загружений и их комбинаций:

Загружение №1 – собственный вес металлоконструкций. Данное загружение учитывается как постоянная нагрузка.

Загружение №2 – полезная на кольцевой площадке и лестнице. Данное загружение учитывается как кратковременная нагрузка.

Загружение №3 – гидростатическое давление воды. Данное загружение учитывается как постоянная нагрузка.

Загружение №4 – снеговая нагрузка. Данное загружение учитывается как кратковременная нагрузка.

Загружение №5 – конструкция фасада. Данное загружение учитывается как постоянная нагрузка.

Загружение №6 – технолог-ская. Данное загружение учитывается как статическая нагрузка при пульсации ветра.

Загружение №7 – ветровая по Z. Данное загружение учитывается как статическая нагрузка при пульсации ветра.

Инв. № полн.	Подл. и дата	Взам. инв. №				
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.
				Подпись	Дата	

Загружение №8 – ветровая по л D. Данное загружение учитывается как статическая нагрузка при пульсации ветра.

Загружение №9 – ветровая по X. Данное загружение учитывается как статическая нагрузка при пульсации ветра.

Загружение №10 – ветровая по Y. Данное загружение учитывается как статическая нагрузка при пульсации ветра.

Загружение №11 – пульсация по Z. Данное загружение учитывается как кратковременная нагрузка малой длительности.

Загружение №12 – пульсация по л D. Данное загружение учитывается как кратковременная нагрузка малой длительности.

Загружение №13 – пульсация по X. Данное загружение учитывается как кратковременная нагрузка малой длительности.

Загружение №14 – пульсация по Y. Данное загружение учитывается как кратковременная нагрузка малой длительности.

Загружение №15 – сейсмическое. Данное загружение учитывается как кратковременная нагрузка малой длительности.

Основные сочетания нагрузок для I группы ПС:

РСН1 – постоянные, кратковременные, гидростатические, снеговая, пульсация по X, пульсация по Y, пульсация по Z;

РСН2 – постоянные, кратковременные, гидростатические, снеговая, пульсация по X, пульсация по Y, пульсация по Z;

Основные сочетания нагрузок для II группы ПС:

РСН1 – постоянные, кратковременные, гидростатические, снеговая, пульсация по X, пульсация по Y, пульсация по Z;

РСН2 – постоянные, кратковременные, гидростатические, снеговая, пульсация по X, пульсация по Y, пульсация по Z;

Your Text

Задание характеристик для расчета на динамические воздействия

N строки характеристик: 1  
 № загрузки: 11  
 Наименование воздействия: Пульсационное (21)  
 Количество учитываемых форм колебаний: 10  или до предельной частоты  
 № соответствующего статического нагружения: 7  
 Суммировать формы перемещений имеющие одинаковую частоту:   
 Метод суммирования составляющих:  Параметры  
 Параметр затухания, в долях от 1:   
 Матрица масс:  Диагональная  Согласованная

Сводная таблица для расчета на динамические воздействия

#	№ загр.	Имя загрузки	тип	Параметры загрузки	Параметры динамического воздействия
1	11	Пульсация по Z	ПУЛЬС	21 10 7 1 0	1.00 3 0.00 0.00 5 10.43 10.43 3 0 0.15 0 2 0.00
2	12	Пульсация по окружности	ПУЛЬС	21 10 8 1 0	1.00 3 0.00 0.00 5 10.43 10.43 3 0 0.15 0 2 0.00
3	13	Пульсация по X	ПУЛЬС	21 10 9 1 0	1.00 3 0.00 0.00 5 10.43 10.43 3 0 0.15 1 2 0.00
4	14	Пульсация по Y	ПУЛЬС	21 10 10 1 0	1.00 3 0.00 0.00 5 10.43 10.43 3 0 0.15 2 2 0.00
5	15	Сейсмическое	СЕЙСМ	62 10 0 20000001 5000	1.00 3 0.00 2 2 1.10 1.00 1.00 0.0000 0.0000 1.0000 1
6					

Изм. № по ш. Подл. и дата. Взаим. шиф. №

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

### Таблица расчетного сочетания нагрузок

Расчетные сочетания нагрузок

Номер таблицы РСН: 1

СП 20.13330.2011/2016

Динамика по модулю:    
 Определяющие РСН:

Имя таблицы: РСН

В расчетных сочетаниях:  Не учитывать сейсмичку для I-го РС   
  Не учитывать особое загруз. для I-го РС

В расчетных сочетаниях:  расчетные нагрузки   
  нормативные нагрузки

N загруз.	Наименование	Вид	Значен.	Взаимоискл.	Коэф. надежн.	Доля длительн.	1.РСН1	2.РСН2
1	Собственный вес	Постоянное ( P )	+		1.0	1.0	1.	0.95
2	Должная на площадки и лестн	Кратк. доминир.1 ( P1 )	+		1.0	0.35	1.	0.85
3	Гидростатическое давление вод	Постоянное ( P )	+		1.0	1.0	1.	1.
4	Снеговая	Кратк. доминир.2 ( P12 )	+		1.0	0.35	0.9	0.64
5	Фасад	Постоянное ( P )	+		1.0	1.0	1.	0.77
6	Вес технологических труб	Постоянное ( P )	+		1.0	1.0	1.	1.
7	Ветер Z	Кратк. прочие ( P1 )	+		1.0	0.35	0.7	0.5
8	Ветер по окружности	Кратк. прочие ( P1 )	+		1.0	0.35	0.7	0.5
	Ветер X	Длит. прочие ( P1 )	+	1	1.0	1.0	0.95	0.
	Ветер Y	Кратк. прочие ( P1 )	+	1	1.0	0.35	0.	0.5
+11	Пульсация по Z	Мгновенное( M )	+		1.0	0.0	0.7	0.7
+12	Пульсация по окружности	Мгновенное( M )	+		1.0	0.0	0.7	0.7
+13	Пульсация по X	Сейсмическое ( Fse )	+	2	1.0	0.0	0.	0.
+14	Пульсация по Y	Мгновенное( M )	+	2	1.0	0.0	0.7	0.7
15	Сейсмическое	Сейсмическое ( Fse )	+		1.0	0.0	0.	0.

Основное сочетание:  $P_d + \psi_1 \cdot P_{d1} + \sum_{i=2}^n \psi_{i1} \cdot P_{di} + P_{d12}$

Особое сочетание:  $P_d + \psi_{11} \cdot P_{d1} + \psi_{12} \cdot P_{d2} + \sum_{j=3}^n \psi_{1j} \cdot P_{dj}$

Кэффициенты

Добавить

Инв. № попл.	Попл. и дата	Взаим. инв. №	
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.
		Подпись	Дата

## Параметры задания сейсмических характеристик

Сейсмическое воздействие (РФ, СП 14.13330.2018 с изменением №1) ✕

Поправочный коэф. для сейсмических сил

Тип сооружения

Категория грунта

Ускорение грунта  $A$ , [м/с<sup>2</sup>]

Значения расчетных коэффициентов в соответствии с СП 14.13330.2018, с изм.№1

Коэффициент ответственности сооружения  $K_0$  (табл. 5.3)

Коэффициент учета допускаемых повреждений  $K_1$  (табл. 5.4)

Коэффициент рассеивания энергии  $K_{psi}$  (табл. 5.5)

Направляющие косинусы равнодействующей сейсм. воздейств. в ГСК

Учет направляющих косинусов

$C_X$    $C_Y$    $C_Z$    $C_X^2 C_X + C_Y^2 C_Y + C_Z^2 C_Z = 1$

## Параметры задания модальных масс

Сформировать матрицу масс на основании:

- загрузки/РСН (код 1)

- плотности элементов (код 2)

№ динамического нагружения

№ статического нагружения

Коэф. преобразования

Загрузки из комбинации РСН

Имя таблицы

№ РСН

Сформировать матрицу масс на основании:

- загрузки/РСН (код 1)

- плотности элементов (код 2)

№ динамического нагружения

№ статического нагружения

Коэф. преобразования

Загрузки из комбинации РСН

Имя таблицы

№ РСН

Сформировать матрицу масс на основании:

- загрузки/РСН (код 1)

- плотности элементов (код 2)

№ динамического нагружения

№ статического нагружения

Коэф. преобразования

Загрузки из комбинации РСН

Имя таблицы

№ РСН

Сводная таблица :

№ дина...	№ стат...	Коэф.	Код
11	1	1	1
11	2	0.9	1
11	3	1	1
11	4	0.9	1
11	5	1	1
11	6	1	1
11	7	0.9	1
11	8	0.9	1
11	9	0.9	1
11	10	0.9	1
12	1	1	1
12	2	0.9	1
12	3	1	1
12	4	0.9	1
12	5	1	1
12	6	1	1
12	7	0.9	1
12	8	0.9	1

Сводная таблица :

№ дина...	№ стат...	Коэф.	Код
12	9	0.9	1
12	10	0.9	1
13	1	1	1
13	2	0.9	1
13	3	1	1
13	4	0.9	1
13	5	1	1
13	6	1	1
13	7	0.9	1
13	8	0.9	1
13	9	0.9	1
13	10	0.9	1
14	1	1	1
14	2	0.9	1
14	3	1	1
14	4	0.9	1
14	6	1	1
14	7	0.9	1

Сводная таблица :

№ дина...	№ стат...	Коэф.	Код
14	3	1	1
14	4	0.9	1
14	6	1	1
14	7	0.9	1
14	8	0.9	1
14	9	0.9	1
14	10	0.9	1
15	1	0.9	1
15	2	0.5	1
15	3	0.9	1
15	4	0.5	1
15	5	0.9	1
15	6	0.9	1
15	7	0.5	1
15	8	0.5	1
15	9	0.5	1
15	10	0.5	1

Инв. № гос.п.	Полн. и дата	Взаим. лист. №			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

### 3.3. Результаты расчёта конструктивных элементов резервуара и шахтной лестницы

Мозаика N  
Единица измерения - т

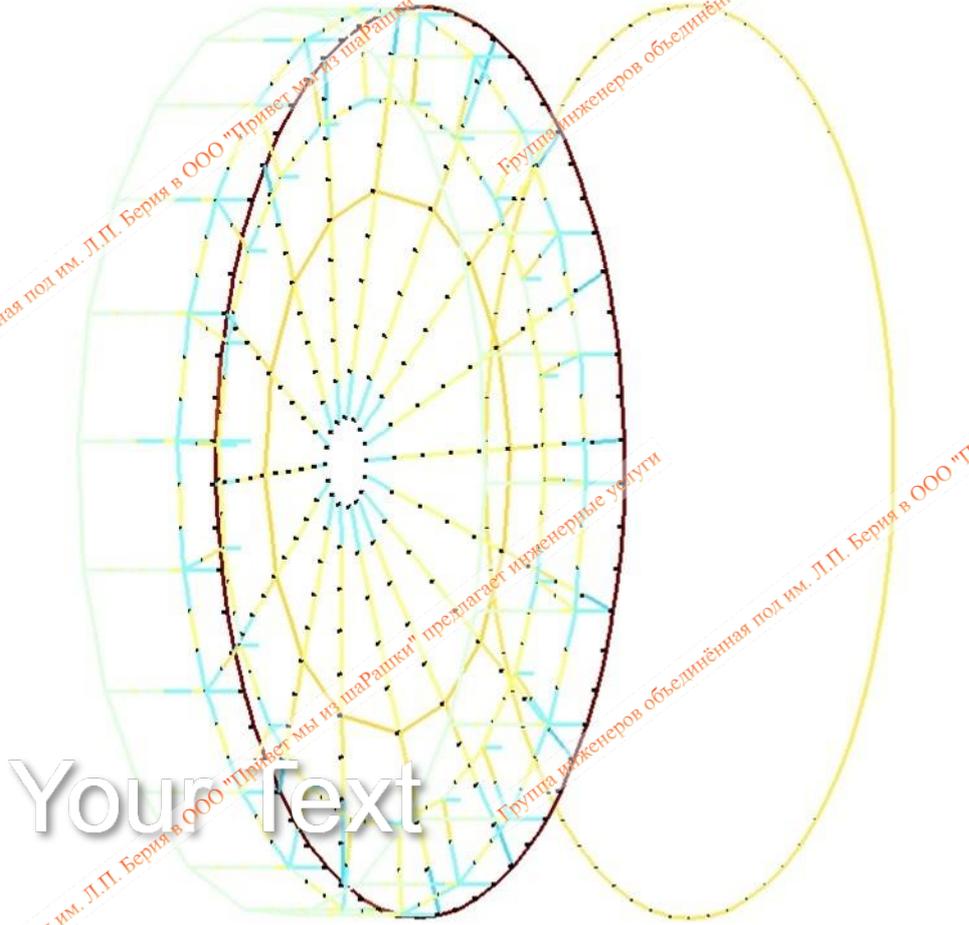
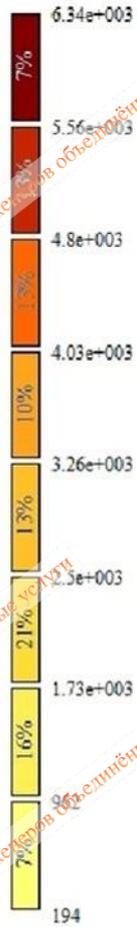


Рис. 3.3. Продольные усилия N в стержнях элементов каркаса при РСН1, т

Инв. № госпл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №
Изм.	Кол.уч.	Лист
№ док.	Подпись	Дата

1.PCH1(СП 20.13330.2011/2016\_1)  
 Мозаика напряжений по N  
 Единицы измерения - т/м2



Your Text

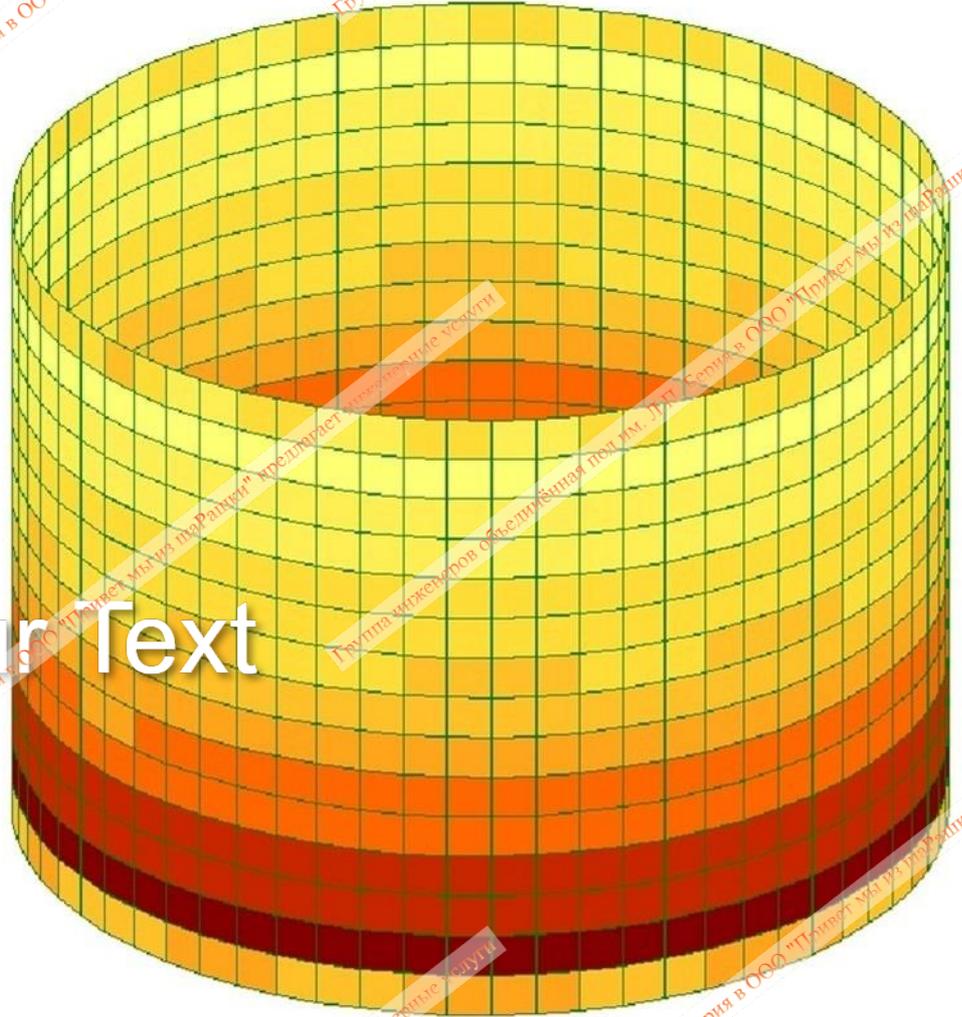
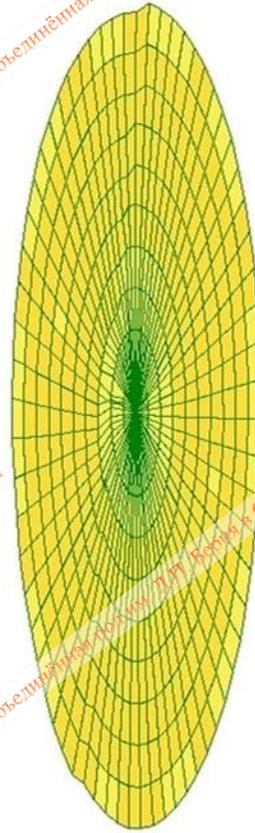
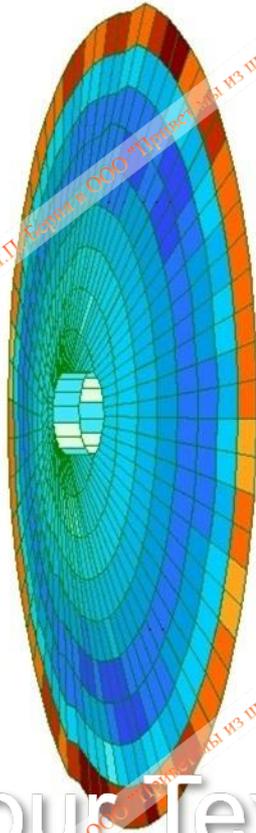


Рис.3.4. Продольные усилия N в пластинах элементов каркаса при PCH1

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

Мозаика N  
 Единица измерения - т



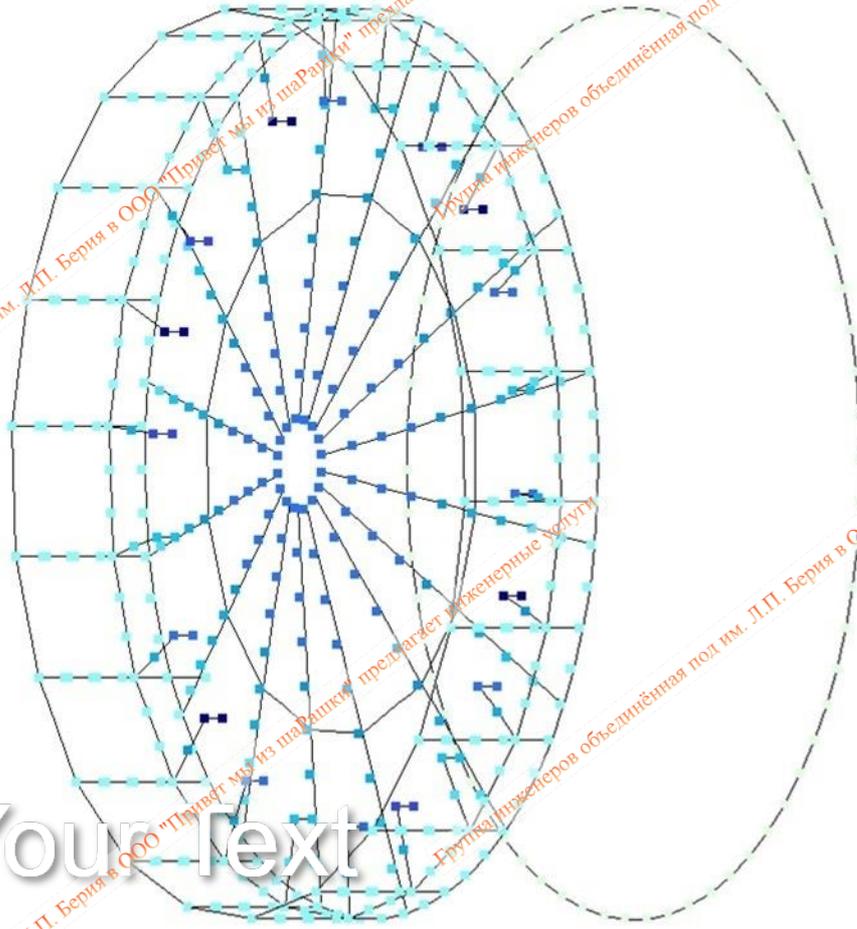
Your Text



Рис. 5.5. Продольные усилия N в пластинах элементов дна и крышки с центральным кольцом при РСН1, т

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

Мозаика перемещений по Z(G)  
Единица измерения - мм



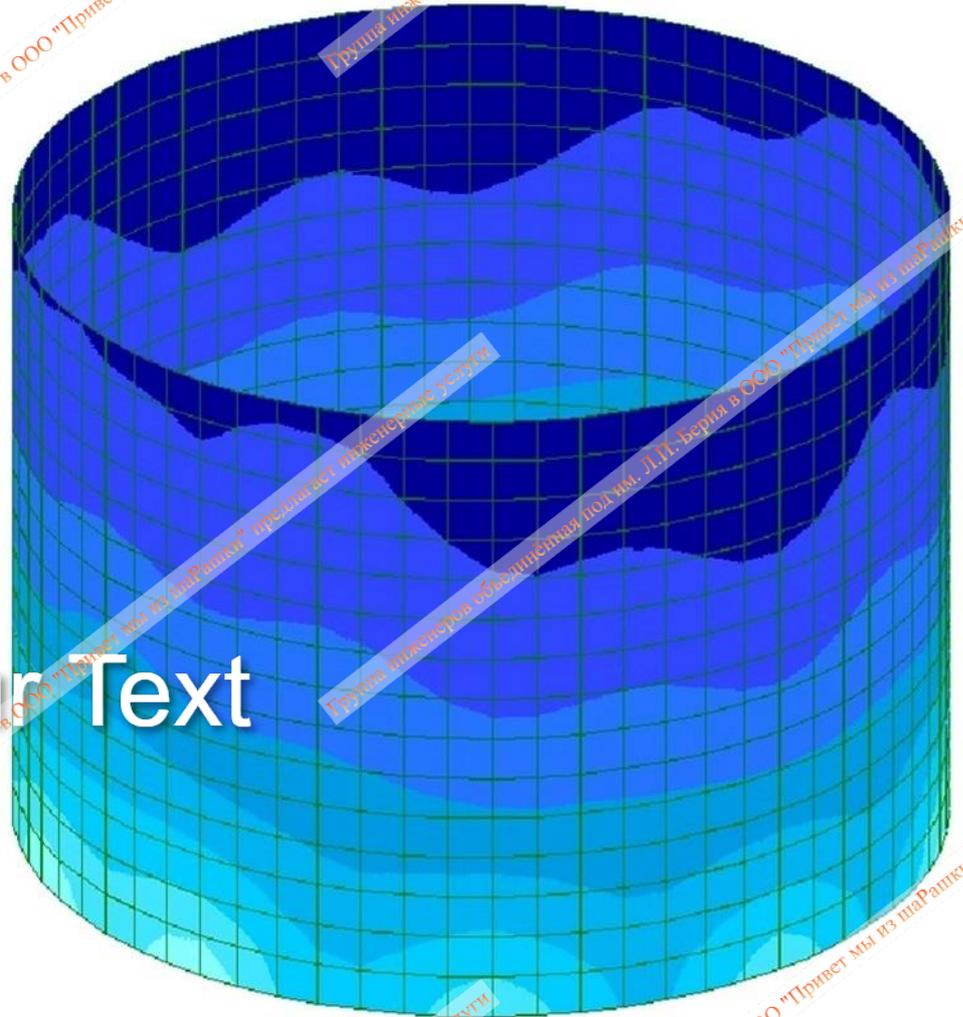
Your text



Рис.3.6.Перемещения по Z в узлах стержней каркаса при РСН1, мм

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взаим. иш. №
Изм.	Кол.уч.	Лист
№ док.	Подпись	Дата

1.PCH1(СП 20.13330.2011/2016\_1)  
 Изополю перемещений по Z  
 Единицы измерения - мм

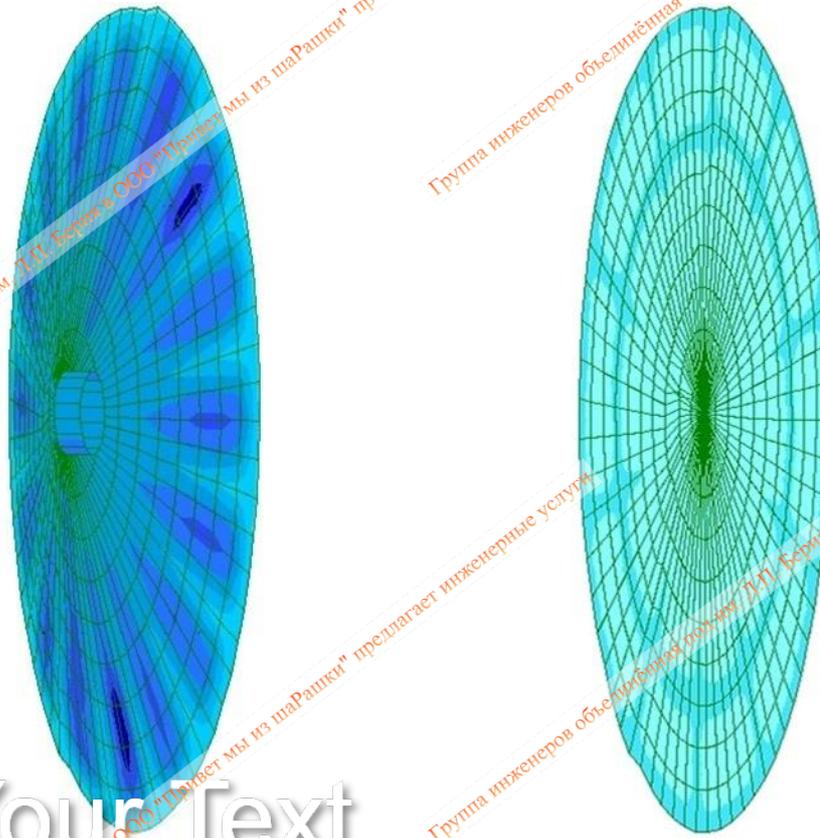


Your Text

Рис.3.7. Перемещения по Z в пластинах каркаса при PCH1, мм

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

Мозаика перемещений по Z(G)  
 Единицы измерения - мм



Your Text

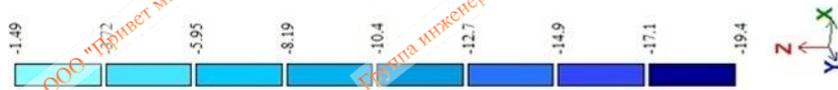
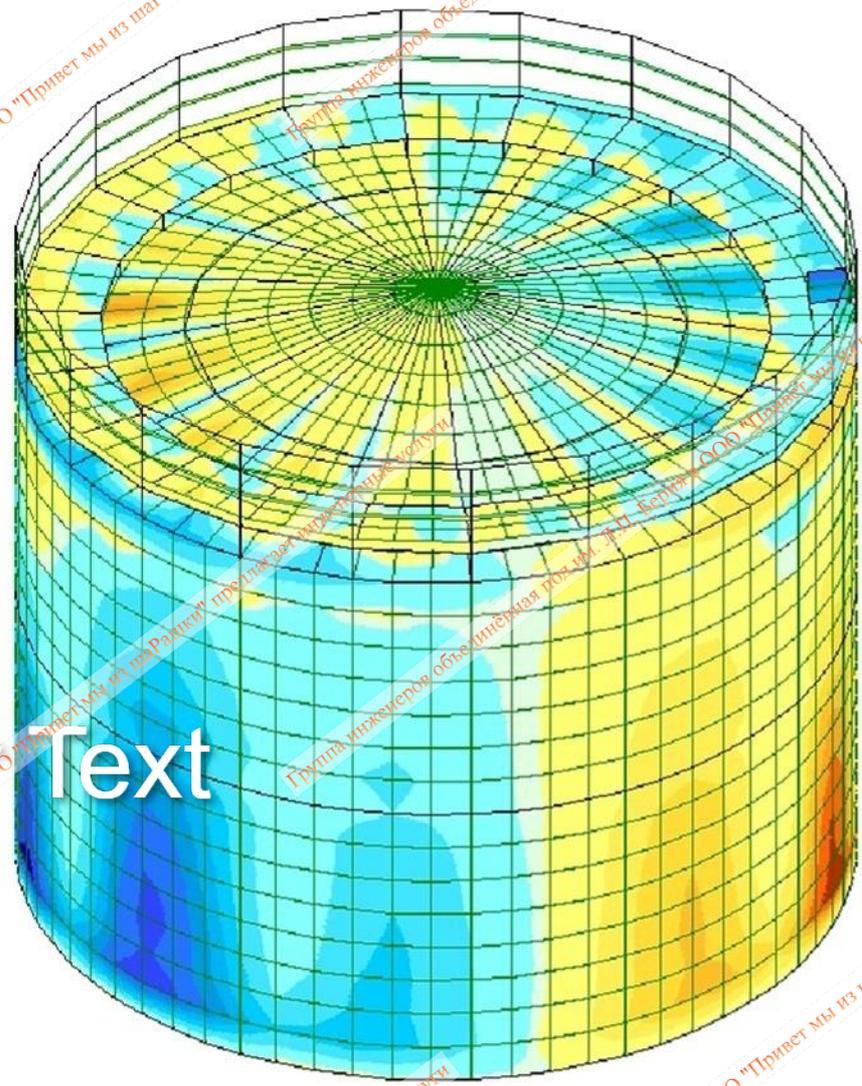
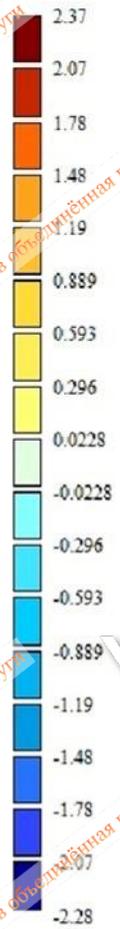


Рис.3.8. Перемещения по Z в пластинах дна, крышки и центрального кольца при РСЧГ, мм

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инш. №				
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.

1.PCH1(СП 20.13330.2011/2016\_1)  
 Изополю перемещений по X  
 Единицы измерения - мм



Your Text

Рис.3.9. Перемещения по Y в узлах каркаса при PCH1, мм

Рис.3.10. Перемещения по X в узлах каркаса при PCH1, мм

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Your text



Рис.3.11. Коэффициент использования сечений  $K_{nax}$  по I группе ПС

Инв. № полн.	Подп. и дата	Взаим. иш. №			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Your text

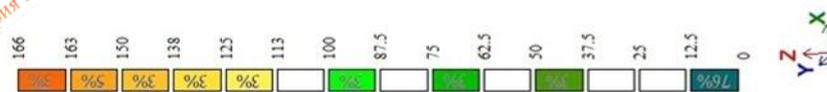


Рис.3.12. Коэффициент использования сечений  $K_{max}$  по II группе ПС

Инв. № полн.	Подп. и дата	Взаим. инв. №			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

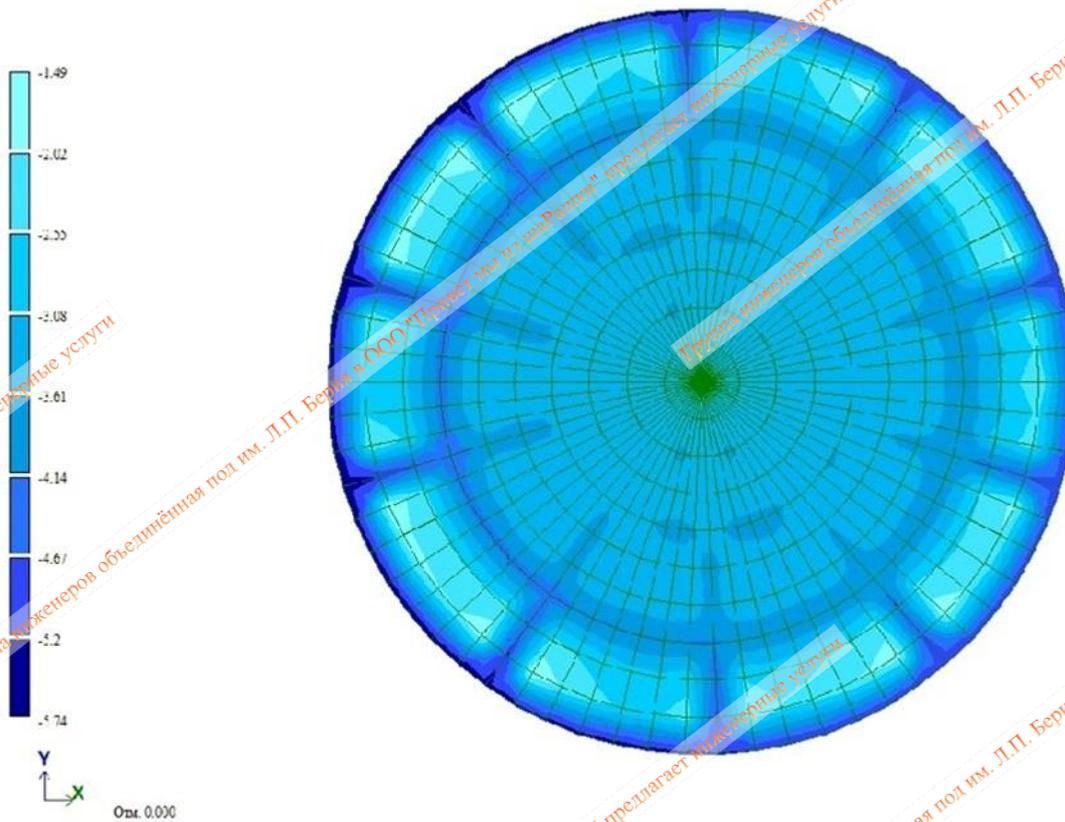


Рис.3.13. Перемещения по Z днища резервуара при РСН1, мм

Your Text

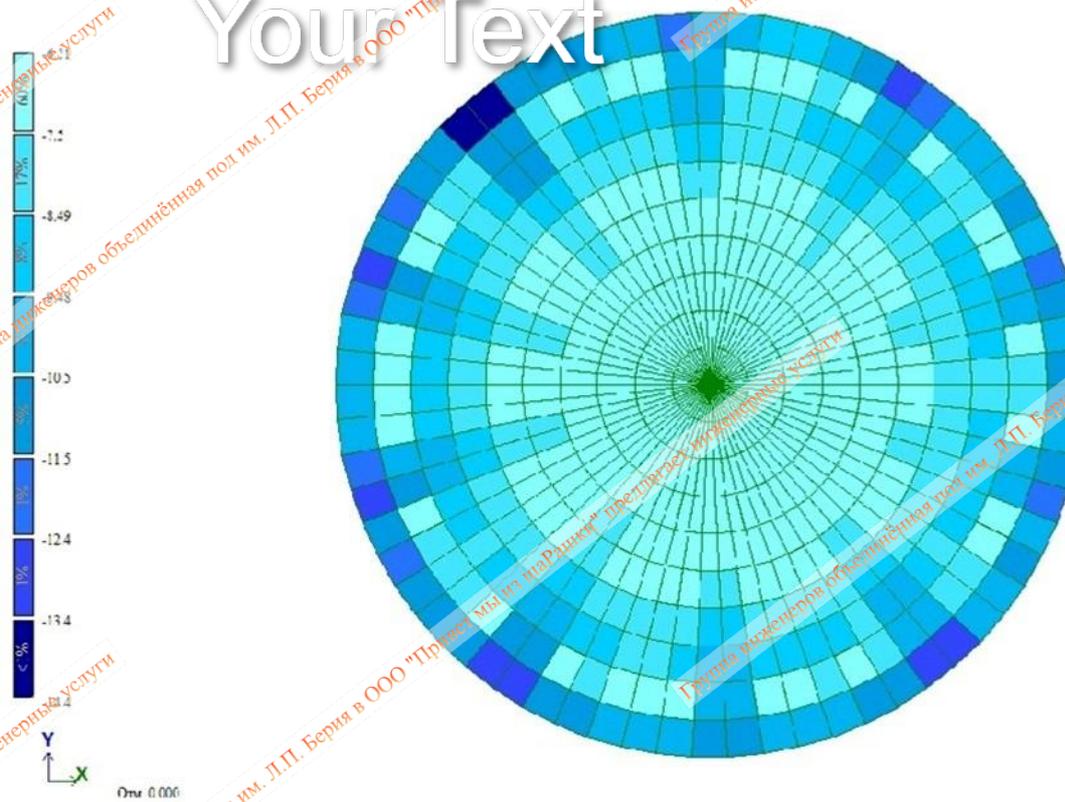
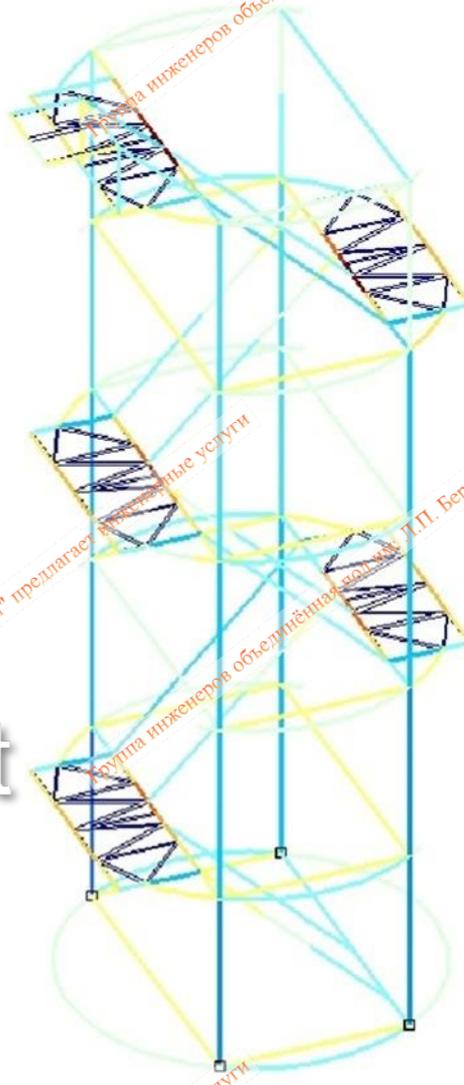
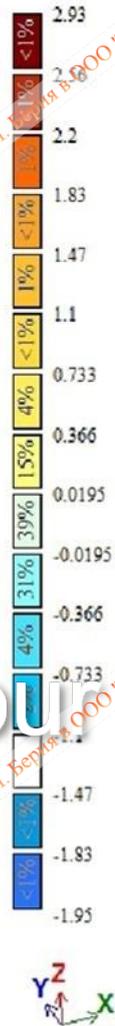


Рис.3.14. Изополя напряжений по Rz (отпор грунта) при РСН1, т/м<sup>2</sup>

Инв. № полн.	Подп. и дата	Взаим. инв. №			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

1.RСН1(СП 20.13330.2011/2016\_1)  
 Мозаика N  
 Единицы измерения - т

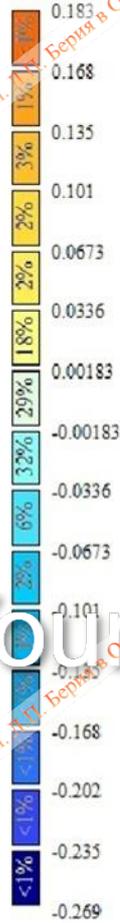


Your text

Рис.3.15. Продольные усилия N элементов шахтной лестницы при РСН1, т

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

1 РСН1(СП 20.13330.2011/2016\_1)  
 Мозанка Му  
 Единицы измерения - т\*м



Your Text

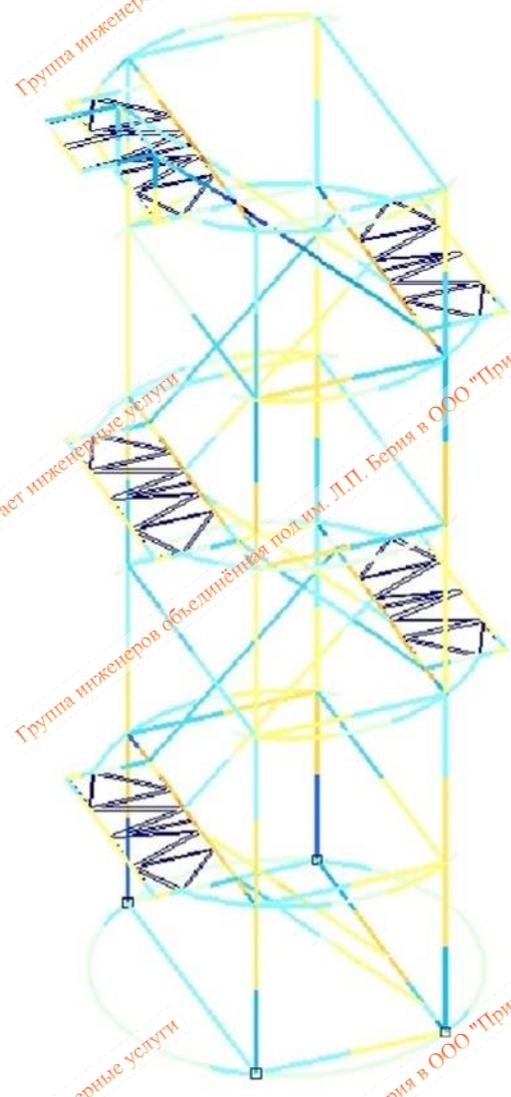
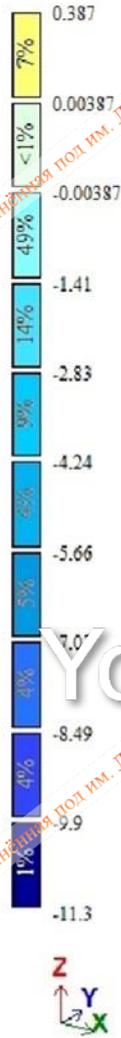


Рис.3.16. Моменты  $M_u$  элементов шахтной лестницы, т\*м

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

1.PCH1(СП 20.13330.2011/2016\_1)  
 Мозаика перемещений по Z(G)  
 Единицы измерения - мм



Your Text

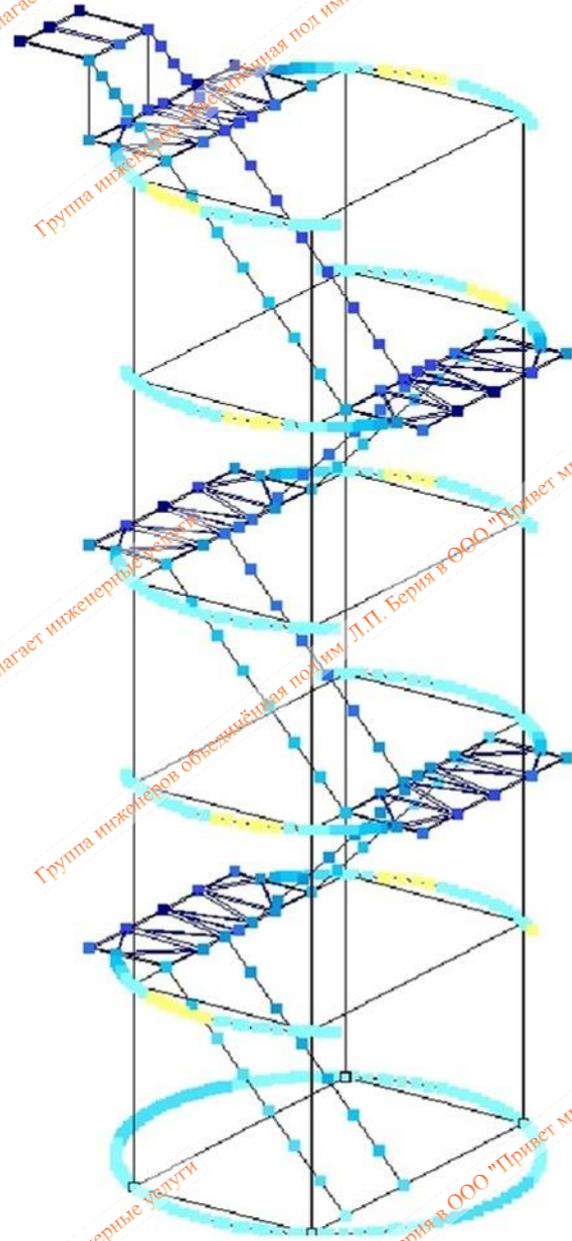


Рис.3.17. Перемещения по Z элементов шахтной лестницы, мм

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

1.RСН1(СП 20.13330.2011/2016\_1)  
 Мозаика перемещений по Y(G)  
 Единицы измерения - мм

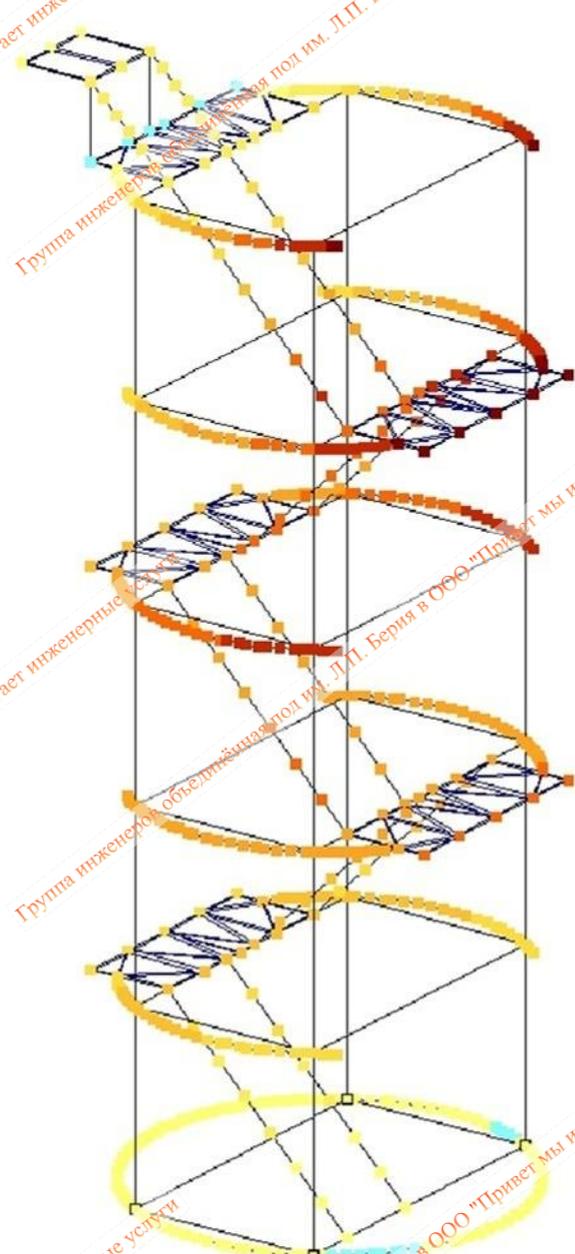
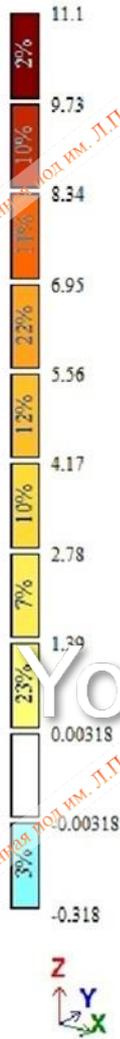


Рис.3.18 Перемещения по Y в элементах шахтной лестницы при РСН1, мм

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

1.РСН1(СП 20.13330.2011/2016\_1)  
 Мозаика перемещений по X(G)  
 Единицы измерения - мм

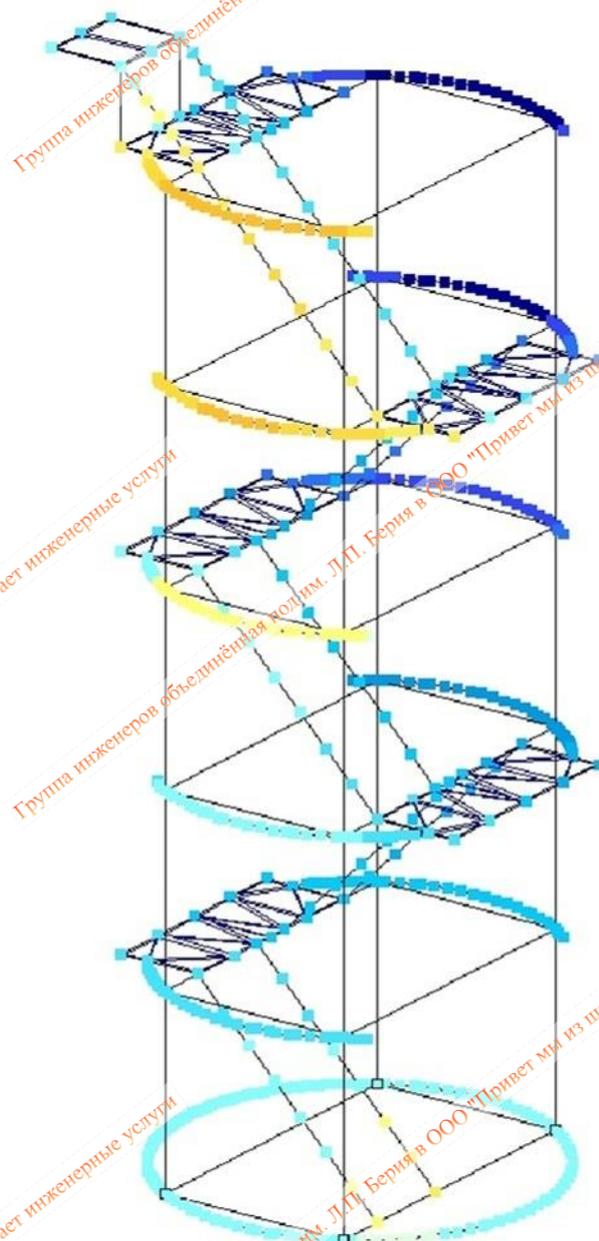
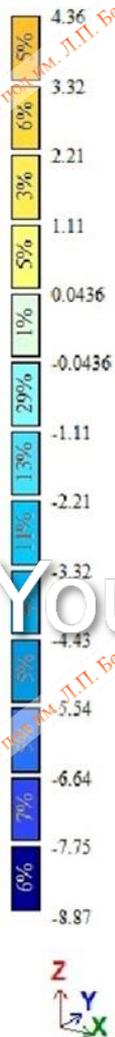


Рис.3.19. Перемещения по X в элементах шахтной лестницы при РСН1, мм

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

Вариант конструирования: Вариант 1  
 Расчет по РСН:СП 20.13330.2011/2016\_1 (СП 16.13330.2017)



Your text

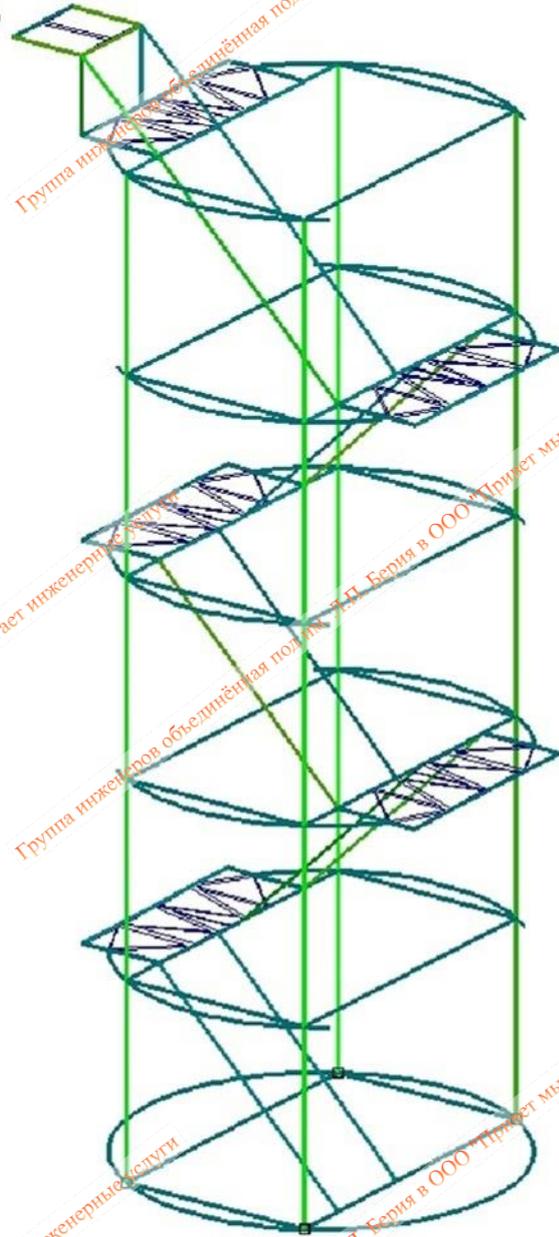


Рис. 3.20. Коэффициенты использования сечений  $K_{max}$  по I группе ПС

Инв. № полн.	Подл. и дата	Взаим. иш. №				
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.
				Подпись	Дата	

Вариант конструирования: Вариант 1  
 Расчет по РСН:СП 20.13330.2011/2016\_1 (СП 16.13330.2017)



Your text

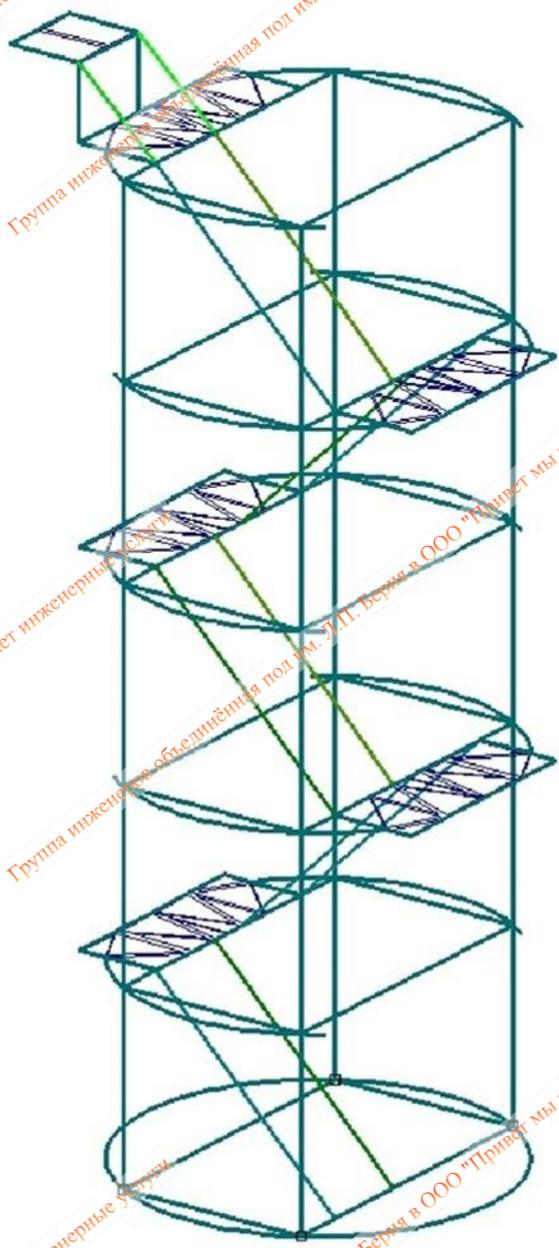


Рис.3.21. Коэффициенты использования сечений  $K_{max}$  по II группе ПС

Инв. № полн.	Подп. и дата	Взаим. иш. №					
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись

### 3.4. Результаты подбора сечений конструктивных элементов резервуара и шахтной лестницы

**Балки и распорки, связи, подкосы, стойки резервуара, площадок и шахтной лестницы. Табл. А**

Элемент	НС	Группа	Шаг ребер (планок)	Фб min	Проценты исчерпания несущей способности балки по сечениям, %										Длина КЭ
					нор	тау	с1	УБ	Прг	УС	УП	1ПС	2ПС	М.У	
Сечение: Двутавр 20Б1 (ГБ кольцевой площадки)															
Профиль: 20Б1; ГОСТ Р 57837-2017															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
Сортамент: ГОСТ Р 57837-2017. Нормальные двутавры.															
8218				Подобрано: Двутавр 18Б1											
Профиль: 18Б1; ГОСТ Р 57837-2017															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
8218	1		0.00	1.000	28	6	10	0	90	19	12	28	90	19	0.5
8218	2		0.00	1.000	0	10	7	0	90	19	0	10	90	19	0.5
Сечение: Швеллер 12П (Связи ГБ кольцевой площадки)															
Профиль: 12П; ГОСТ 8240-97															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
Сортамент: Швеллеры с параллельными гранями полок П.															
9149				Подобрано: Швеллер 5П											
Профиль: 5П; ГОСТ 8240-97															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
9149	1		0.00	1.000	58	20	0	0	6	16	58	0	16	0.5	
9149	2		0.00	1.000	79	2	30	0	0	9	79	0	9	0.5	
Сечение: Швеллер 10П (Стойки шахтной лестницы)															
Профиль: 10П; ГОСТ 8240-97															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
Сортамент: Швеллеры с параллельными гранями полок П.															
2264				Подобрано: Швеллер 8П											
Профиль: 8П; ГОСТ 8240-97															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
2264	1		0.00	1.000	3	0	2	0	44	6	4	3	44	6	0.5
2264	2		0.00	1.000	0	0	0	0	44	6	0	0	44	6	0.5
Сечение: Швеллер 12П (Косоуры шахтной лестницы)															
Профиль: 12П; ГОСТ 8240-97															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
Сортамент: Швеллеры с параллельными гранями полок П.															
12144				Подобрано: Швеллер 8П											
Профиль: 8П; ГОСТ 8240-97															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
12144	1		0.00	1.000	0	3	2	0	96	15	0	3	96	15	0.5
12144	2		0.00	1.000	0	3	2	0	96	15	0	3	96	15	0.5
Сечение: Швеллер 8П (Балки переходной площадки)															
Профиль: 8П; ГОСТ 8240-97															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
Сортамент: Швеллеры с параллельными гранями полок П.															
12353				Подобрано: Швеллер 5П											
Профиль: 5П; ГОСТ 8240-97															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
12353	1		0.00	1.000	2	1	1	0	56	26	3	2	76	6	0.5
12353	2		0.00	1.000	4	1	3	0	56	26	4	4	76	6	0.5

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

Продолжение 1 таблицы А

Элемент	НС	Группа	Шаг ребер (планок)	Проценты исчерпания несущей способности колонны по сечениям, %										Длина КЭ	
				нор	УУ1	УЗ1	УУЗ	ГУ1	ГЗ1	УС	УП	1ПС	2ПС		М.У
Сечение: Швеллер 5П (Балки поперек площадки на крыше)															
Профиль: 5П; ГОСТ 8240-97															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
Сортамент: Швеллеры с параллельными гранями полок П															
Подобрано: Швеллер 5П															
Профиль: 5П; ГОСТ 8240-97															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
9024			0.00	54	23	0	0	0	5	12	5	54	5	12	0.5
9024	2		0.00	57	58	0	0	0	5	12	20	58	5	20	0.5
Сечение: Уголок параллельно полкам 100 х 100 х 8 (Верхний внутренний пояс (столлик под ГБ))															
Профиль: 100 х 100 х 8; ГОСТ 8509 - 86															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
Сортамент: Уголок равнополочный. Актуализированный															
Подобрано: Уголок параллельно полкам															
Профиль: 35х35х3; ГОСТ 8509 - 86															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
3876	1		0.00	18	43	48	48	100	100	44	46	48	100	46	0.5
3876	2		0.00	24	51	54	54	100	100	44	48	54	100	48	0.5
Сечение: Уголок параллельно полкам 100 х 100 х 8 (Верхний наружный пояс)															
Профиль: 100 х 100 х 8; ГОСТ 8509 - 86															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
Сортамент: Уголок равнополочный. Актуализированный															
Подобрано: Уголок параллельно полкам															
Профиль: 35х35х3; ГОСТ 8509 - 86															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
8107	1	КК286	0.00	2	1	2	2	18	74	27	24	2	74	27	0.5
8107	2	КК286	0.00	1	1	1	2	18	74	25	23	2	74	25	0.5

Продолжение 2 таблицы А

Элемент	НС	Группа	Шаг ребер (планок)	Примечание	Проценты исчерпания несущей способности фермы по сечениям, %										Длина КЭ
					нор	УУ1	УЗ1	ГУ1	ГЗ1	УС	УП	1ПС	2ПС	М.У	
Сечение: Уголок параллельно полкам 63 х 63 х 6 (Наружное кольцо жесткости)															
Профиль: 63 х 63 х 6; ГОСТ 8509 - 86															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
Сортамент: Уголок равнополочный. Актуализированный															
Подобрано: Уголок параллельно полкам															
Профиль: 20 х 20 х 3; ГОСТ 8509 - 86															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
8549	1		0		1	0	0	7	76	0	0	1	76	0	0.5
8549	2		0		1	0	0	76	76	0	0	1	76	0	0.5
Сечение: Уголок параллельно полкам 50 х 50 х 5 (Продольная балка площадки на крыше)															
Профиль: 50 х 50 х 5; ГОСТ 8509 - 86															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
Сортамент: Уголок равнополочный. Актуализированный															
Подобрано: Уголок параллельно полкам															
Профиль: 20х20х4; ГОСТ 8509 - 86															
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014															
8548	1		0		1	15	15	94	94	0	48	15	94	48	0.5
8548	2		0		1	13	13	94	94	0	48	13	94	48	0.5

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

Изм. Колуч Лист № док. Подпись Дата

Сечение: Уголок параллельно полкам 63 x 63 x 5 (Перилла и стойки ограждения площадок крыльца шахты, перех.)													
Профиль: 50 x 50 x 5; ГОСТ 8509 - 86													
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014													
Сортамент: Уголок равнополочный. Актуализированный													
8662			Подобрано: Уголок параллельно полкам										
			Профиль: 20x20x4; ГОСТ 8509 - 86										
			Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014										
8662	1	0	12	0	0	67	67	0	0	12	67	0	0.5
8662	2	0	12	0	0	67	67	0	0	12	67	0	0.5
Сечение: Уголок параллельно полкам 75 x 75 x 6 (Распорные связи площадок шахтной лестницы)													
Профиль: 75 x 75 x 6; ГОСТ 8509 - 86													
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014													
Сортамент: Уголок равнополочный. Актуализированный													
8661			Подобрано: Уголок параллельно полкам										
			Профиль: 20x20x3; ГОСТ 8509 - 86										
			Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014										
8661	1	0	16	63	63	83	83	0	33	63	83	33	0.5
8661	2	0	15	62	62	83	83	0	33	62	83	33	0.5
Сечение: Уголок параллельно полкам 50 x 50 x 5 (Балки площадок шахтной лестницы)													
Профиль: 50 x 50 x 5; ГОСТ 8509 - 86													
Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014													
Сортамент: Уголок равнополочный. Актуализированный													
			Подобрано: Уголок параллельно полкам										
			Профиль: 20x20x3; ГОСТ 8509 - 86										
			Сталь: 09Г2С-12; ГОСТ 19281-2014										
12050	1	0	13	49	49	33	99	32	19	49	99	32	0.5
12050	2	0	13	17	48	33	99	32	19	48	99	32	0.5

Your Text

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №				
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.

### 3.5. Расчёт толщин стенок, покрытия и днища резервуара

Стенка резервуара проектируется из листовой стали марки 09Г2С-12 класса С355 по ГОСТ 19281-2014 и стали марки ВСтЗпсб-1 класса С245, для которых  $R_y = 340$  МПа (при  $t=6...16$ мм) и  $R_y = 240$  МПа соответственно.  $R_y = 245/1,025 \cdot 1,1 = 217$  МПа;  $R_y = 340/1,025 \cdot 1,1 = 302$  МПа;

Стыковые швы листов в заводском исполнении проверяют физическими методами контроля (повышенный уровень контроля). Поэтому прочность шва равна прочности металла, то есть  $R_{wy} = R_y$ .

Нагрузками для расчёта стенки резервуара являются:

- гидростатическое давление воды;
- избыточное давление для РВС 2,0 кПа;
- снеговая нагрузка на покрытие резервуара.

Толщину листа соответствующего пояса стенки будем определять по формуле, в которой заменим вес крыши на избыточное давление + ветер по Z т.е.

$$t \geq \frac{(\gamma_{f1} \cdot \rho_{ж} \cdot g \cdot (H_{\text{максдоп}} - x) + \gamma_{f2} \cdot P_{\text{изб}}^H + S_g) \cdot r_p}{\gamma_c R_{wy}}$$

где  $\gamma_c = 0,8$  – для всех поясов стенки, кроме нижнего, для которого  $\gamma_c = 0,7$ ;

$x$  – расстояние от высшего уровня воды до нижней кромки пояса;

$$r_p = \frac{D_p}{2} = 10,43/2 = 5,22 \text{ м.}$$

Вычислим в числителе, входящем в числитель рассматриваемой формулы:

$$\gamma_{f1} \cdot \rho_{ж} \cdot g = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 9,81 = 9,81 \text{ кН/м}^3;$$

$$\gamma_{f2} \cdot P_{\text{изб}}^p = 1,1 \cdot 2,0 + 0,63 = 2,83 \text{ кН/м}^2.$$

Для V района по весу снегового покрова:  $S_g = 3,5$  кН/м<sup>2</sup>; для снега и пологого конического покрытия для угла  $\leq 7^\circ$  коэффициент  $\mu = 1,0$ . Тогда  $S = S_g \cdot \mu = 3,5 \cdot 1,0 = 3,5$  кН/м<sup>2</sup>

Подставим полученные значения в формулу:

$$t = \frac{(9,81 \cdot x + 2,83 + 3,5) \cdot 5,22}{\gamma_c \cdot 302 \cdot 10^3} \quad \text{— для листов из стали 09Г2С-6;}$$

$$t = \frac{(9,81 \cdot x + 2,83 + 3,5) \cdot 5,22}{\gamma_c \cdot 217 \cdot 10^3} \quad \text{— для листов из стали ВСтЗпсб-1.}$$

Высота стенки резервуара  $h_p = 7,5$  м. Стенка состоит из 5 поясов, 5 из которых шириной  $b_n = 1,500$  м.

Расчётные уровни поясов стенок:

$$x_1 = H_{\text{максдоп}} = 7,5 \text{ м;}$$

$$x_2 = x_1 - b_n = 7,5 - 1,5 = 6,0 \text{ м;}$$

$$x_3 = x_2 - b_n = 6,0 - 1,5 = 4,5 \text{ м;}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №				
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.
			Подпись	Дата		
			Лист 55			

$$x_4 = x_3 - b_n = 4,5 - 1,5 = 3,0\text{м};$$

$$x_5 = x_4 - b_n = 3,0 - 1,5 = 1,5\text{м};$$

Схема расчётных уровней и стенки резервуара представлена на рис. 3.22

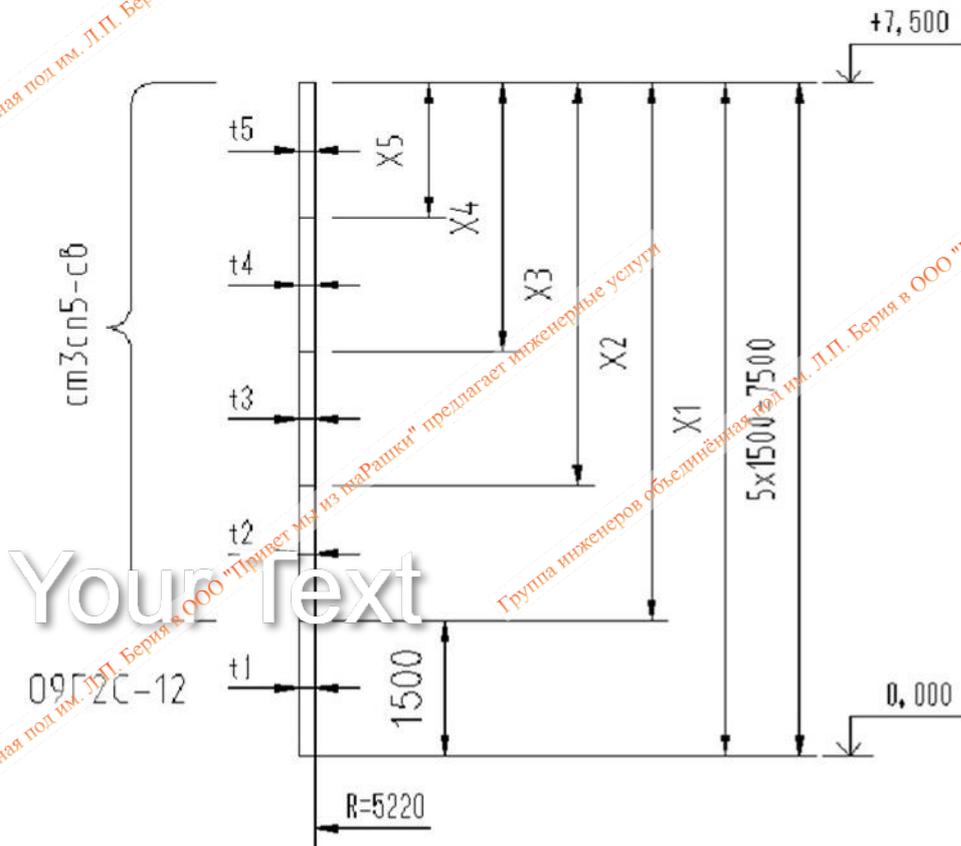


Рис.3.22. Схема толщин листов поясов и расчётных уровней стенки резервуара

Требуемые толщины листов поясов стенки резервуара:

$$t_1 \approx (0,00197\text{м} \approx 2\text{мм})$$

$$t_2 \approx (0,00196\text{м} \approx 2\text{мм})$$

$$t_3 \approx (0,0015\text{м} \approx 2\text{мм})$$

$$t_4 \approx (0,0011\text{м} \approx 2\text{мм})$$

$$t_5 \approx (0,0006\text{м} \approx 1\text{мм})$$

Инв. № полн.	Подп. и дата	Взаим. нш. №				
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.
				Подпись	Дата	

Толщину верхнего листа конструктивно принимаем равной 6мм, так как к нему крепится кольцевая площадка обслуживания. Толщины листов поясов резервуара принимаем с учетом припусков на прокат и на коррозию (0,1мм). Таким образом, толщины листов поясов РВС рекомендуются принять следующими:

$$t_1 = 6 \text{ мм}; t_2 = 6 \text{ мм}; t_3 = 6 \text{ мм}; t_4 = 6 \text{ мм}; t_5 = 6 \text{ мм}.$$

На устойчивость стенка резервуара для воды не рассчитывается ввиду отсутствия вакуума.

Днище резервуара составляет из стальных листов одной толщины 6мм. Покрытие резервуара составляет конструктивно из стальных листов одной толщины 4мм.

Для РВС емкостью 600 м<sup>3</sup> толщины листов центральной части принимаются равными 6 мм, на крайках 6 мм.

Your Text

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

#### 4. Выводы

Расчет конструкций выполнен для нормативных и расчетных нагрузок с учетом положений СП 20.13330.2016 ред.3 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*».

Расчёт каркаса выполнен с помощью программного комплекса ЛИРА-САПР 2022 на основное сочетание нагрузок по I и II группам предельных состояний методом конечных элементов. Расчётная модель состоит из стержневых и пластинчатых конечных элементов.

Конструктивная схема резервуара – стальной наземный резервуар для воды.

Расчёт производится в двух вариантах – по прочности и деформации.

*Резервуар* представляет собой вертикальную цилиндрическую стальную листовую оболочку приваренную по периметру к горизонтальному днищу. Стенка резервуара проектируется из стальных листов постоянного по высоте сечения и работает на горизонтальное растяжение от гидростатического напора воды. Днище резервуара проектируется из листового металла.

*Горизонтальные направляющие* служат для обеспечения строго вертикального положения. Направляющие располагаются на равных расстояниях по периметру резервуара и крепятся к верхней части его наружной стенки на столки. Внешние направляющие состоят из равнополочных уголков, которые крепятся к наружной стенке резервуара и крыше, которая устанавливается на горизонтальные направляющие. Нижние направляющие проектируются из равнополочных уголков по ГОСТ 8509-93. Верхние направляющие проектируются из равнополочных уголков по ГОСТ 8509-93.

Горизонтальные направляющие соединяются между собой системой распорных связей, которые проектируются из швеллеров.

В результате расчёта на основное сочетание нагрузок по I и II группам предельных состояний получены усилия в элементах и перемещения, произведена проверка и подбор конструктивных элементов резервуара, шахтной лестницы.

Коэффициенты использования сечений по I и II группам предельных состояний не превышают 100%.

По результатам расчетов принятые сечения конструктивных элементов для действующих нагрузок удовлетворяют нормативным требованиям. Деформации сооружения в целом и отдельных его элементов не превышают предельно допустимых значений, приведенных в приложении Е СП 20.13330.2016 ред.3 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*».

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №					
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись
			EO22314-23-KP.P				
			58				

## 5. Список использованной литературы

1. СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*»;
2. СП 20.13330.2016 ред.3 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*»;
3. СП 43.13330.2012 «Сооружения промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85»;
4. СП 294.1325800.2017 «Конструкции стальные. Правила проектирования»;
5. ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований»;
6. Веревкин С.И., Корчагин В.А. Газгольдеры. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1966. – 239с.
7. Нехаев Г.А. Проектирование и расчёт стальных цилиндрических резервуаров и газгольдеров низкого давления. – М.: Изд-во АСВ, 2005. - 216с.
8. Проект 1566.КМ «Резервуар объемом 600м<sup>3</sup> для хранения питьевой воды по СанПиН 2.1.4.1074-01.

Your Text

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

# РАСЧЕТ № 2

Your Text

Изм.	Код изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	EO22314-23-КР.Р			
						Стадия	Лист	Листов	
Разраб.		Сухой			11.23	П	1	47	
Пров.		Акулинчев			11.23				
Н контроль		Бастрыкин			11.23	Конструктивные расчеты вертикального резервуара для воды емкостью 600 м <sup>3</sup>			
ГИП		Головачева			11.23				
Инв. № подл.						ООО «Эксперт» г. Москва			
						Группа инженеров объединённая под им. Л.П. Берия в ООО "Привет мы из шарашки" предлагает инженерные услуги			
Полн. и дата									
Взят. инв. №									

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	Исходные данные .....	3
1.1.	Конструктивные решения.....	3
1.2.	Инженерно-геологические условия площадки строительства.....	3
1.3.	Пояснения к расчету.....	4
2.	Сбор нагрузок .....	5
2.1.	Постоянные нагрузки.....	5
3.	Расчетная модель.....	6
4.	Результаты расчета.....	12
4.1.	Осадка под РВС по оси .....	12
4.2.	Осадка под свайным фундаментом РВС и шахтной лестницей.....	13
4.3.	Коэффициент постели С1 под дном РВС.....	14
4.4.	Коэффициент постели С2 под дном РВС.....	15
4.5.	Коэффициент постели С1 под свайным полем .....	16
4.6.	Коэффициент постели С2 под свайным полем.....	17
4.7.	Расчетное сопротивление R грунта основания под РВС.....	18
4.8.	Расчетное сопротивление R грунта основания под свайным фундаментом.....	19
4.9.	Модель грунта основания в 3D.....	20
4.10.	Геологический разрез «А».....	21
4.11.	Геологический разрез «Б».....	22
4.12.	Геологический разрез «В».....	23
4.13.	Геологический разрез «Г».....	24
4.14.	Геологический разрез «Д».....	25
5.	Список использованной литературы.....	45
6.	Сертификат.....	46

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

## 1. Исходные данные

Расчет фундамента резервуара выполнен в продолжение конструктивного расчёта (шифр документа – 2.1.РР). Полученные в результате данного расчета данные являются исходными для разработки чертежей раздела «КР».

### 1.1. Конструктивные решения

Фундамент под наружную кирпичную стену (вокруг газгольдера на расстоянии 2,25м) представляет собой монолитную ленту шириной 1,2м толщиной 0,3м. Материал – бетон В25W6F150. Армирование арматурой А400.

Фундамент под резервуар с ростверком на сваях. Диаметр сваи 0,4м, жестко сопряжен с ростверком. Монолитный фундаментный ростверк шириной 0,6м толщиной 0,4м. Материал - бетон В25W8F150. Армирование арматурой А500С, А240С.

### 1.2. Инженерно-геологические условия площадки строительства

В геологическом сечении участка до разведанной глубины в 15,0 м (сверху вниз) принимают:

#### Современные техногенные (насыпные) грунты (t)

**ИГЭ 1** – Насыпной (галечниковый) грунт коричнево-серый, средней степени водонасыщения, с редким вкл. валунов, с песчаным заполнителем. Заполнитель – песок средней крупности 43,5 %. (рис. 8). Вскрыт всеми скважинами. Залегает вторым от поверхности, мощность пород 1,80-2,30 м.

#### Аллювиальные отложения верхнечетвертичного возраста (aQш)

**ИГЭ 2** - Галечниковый грунт коричнево-серый, талый, средней степени водонасыщения, с вкл. валунов, с песчаным заполнителем. Заполнитель – песок средней крупности 43,5 % . Вскрыты скважинами 2, 4-6. Залегает под техногенными грунтами. Вскрытая мощность отложений 0,6 - 1,3 м.

**ИГЭ 3** - Галечниковый грунт серовато-коричневый, талый, водонасыщенный, с песчаным заполнителем. Заполнитель – песок средней крупности 43,5 %. Вскрыты всеми скважинами. Вскрытая мощность отложений 0,6 - 1,3 м.

**ИГЭ 4** – Песок средней крупности талый, водонасыщенный, с вкл. св. 15% гальки, с вкл. до 10% гравия. Вскрыт всеми скважинами. Вскрытая мощность отложений 8,90 – 9,70 м.

**ИГЭ 5. Гранодиорит светло-серый, талый, средней прочности, трещиноватый.** Вскрыты всеми скважинами на глубинах 12,40-13,10 м. Абсолютные отметки кровли слоя 145,85 –146,65 м, подошвы – 143,82-144,19 м.

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №					Лист
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	

Согласно ГОСТ 25100-2020 грунты относятся к классу природных, скальных, малопрочных, плотного сложения, согласно СП 25.13330.2012, п.5.3 относятся к практически несжимаемым  $m_f \leq 0/01$  Мпа-1, пучинистыми свойствами не обладают.

Нормативные и расчетные значения показателей физико-механических свойств грунтов (начало)

№	Наименование параметра	Единица измерения	ИГЭС 1	ИГЭС 2	ИГЭС 3	ИГЭС 4
			Насыщенный (палеолювий) грунт коричнево-серый, средний по содержанию глины, с выделением воды при замачивании, с влажностью до 40%	Глинистый грунт коричнево-серый, средний по содержанию глины, с выделением воды при замачивании, с влажностью до 40%	Глинистый грунт серовато-коричневый, с выделением воды при замачивании, с влажностью до 40%	Песок средней крупности, с влажностью до 15%
1	2	3	4	5	6	7
1	Суммарная влажность	%	10,55	10,92	12,7	14,8
2	Плотность грунта, норм. $a=0,85$ $a=0,95$	t/cm <sup>3</sup>	2,13	2,12	2,17	2,06
			2,12	2,12	2,17	2,06
			2,12	2,11	2,16	2,06
3	Плотность сухого грунта	t/cm <sup>3</sup>	1,93	1,91	1,93	1,77
4	Плотность частиц грунта	t/cm <sup>3</sup>	2,65	2,65	2,65	2,65
5	Пористость	%	25,65	27,92	26,13	32,46
6	Коэффициент пористости	дол. ед.	0,373	0,386	0,377	0,500
7	Степень влажности	дол. ед.	0,75	0,75	0,90	0,89
8	Содержание галлы, гравия (фракции > 2 мм)	%	56,5	56,5	56,6	7,4
9	Содержание песка (фракции от 2-х до 0,1 мм)	%	33,6	33,6	32	7,9
10	Содержание пыли, галлы (фракции < 0,1 мм)	%	9,0	10,9	10,7	24,7
11	Угол внутр. трения, норм. $a=0,85$	град.	40	43	43	40

Нормативные и расчетные значения показателей физико-механических свойств грунтов (окончание)

№	Наименование параметра	Единица измерения	40	43	43	40
			36,4	39,1	39,1	36,3
	Удельное сцепление, норм. $a=0,85$ $a=0,95$	МПа	0,006	0,002	0,002	0,003
			0,006	0,002	0,002	0,003
			0,004	0,001	0,001	0,002
13	Модуль деформации	МПа	40	50	50	50
14	Коэффициент теплопроводности	Вт/м·°С	2,71 (2,50)	2,70 (2,48)	2,98 (2,72)	2,60 (2,33)
15	Объемная теплоемкость	Дж/м <sup>3</sup> ·°С	2,22 (2,63)	2,20 (2,63)	2,28 (2,79)	2,27 (2,63)
16	Степень пучинистости	D	Не пучинистые D=0,3	Не пучинистые D=0,3	Не пучинистые D=0,3	Не пучинистые D=0,9

### 1.3. Пояснения к расчету

Расчет был выполнен с использованием программного комплекса ЛИРА-САПР (сертификат соответствия №РОСС.RU.3212304 АВКО), многофункционального ПК для расчета, исследования и проектирования конструкций различного назначения. Теоретической основой ПК ЛИРА-САПР является метод конечных элементов (МКЭ), реализованный в форме перемещений. Расчетная модель была собрана путем интерактивного ввода параметров несущих конструкций. В расчетной модели отражены геометрические характеристики и материалы элементов, условия сопряжения отдельных элементов друг с другом, нагрузки и т.д.

При моделировании расчетной схемы была использована подсистема «ГРУНТ» с автоматизированным вычислением коэффициентов постели, осадка, расчетное сопротивление грунта основания согласно инженерно-геологическим изысканиям.

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

## 2. Сбор нагрузок

Сбор нагрузок проведен в соответствии с СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [3]

### 2.1. Постоянные нагрузки

Собственный вес конструктивных элементов системы программой собирается автоматически при описании типа, формы и жёсткостных характеристик сечений конструктивных элементов. Нормативный удельный вес железобетона 2,5 тс/м<sup>3</sup>. Подсчет нагрузок дан в табл. 2.2 (РАСЧЕТ №1); Нагрузки на фундамент, действующие на РВС, автоматически переданы в ПК Лира САПР.

1. Собственный вес [1. Основная задача: C1. Основная задача; D1. Основная задача]  
Масса (флик.) вдоль оси Z(G)  
Единицы измерения - тм

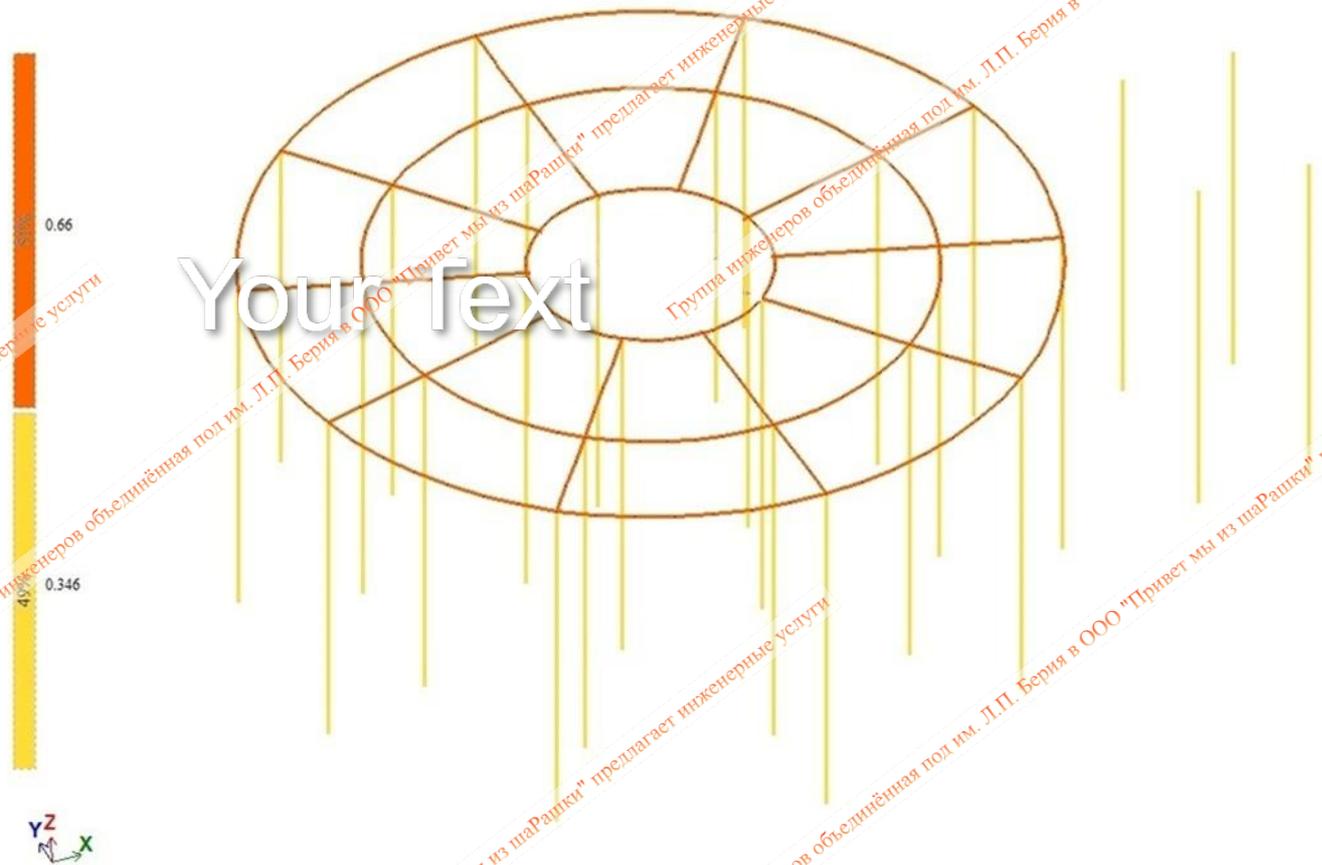


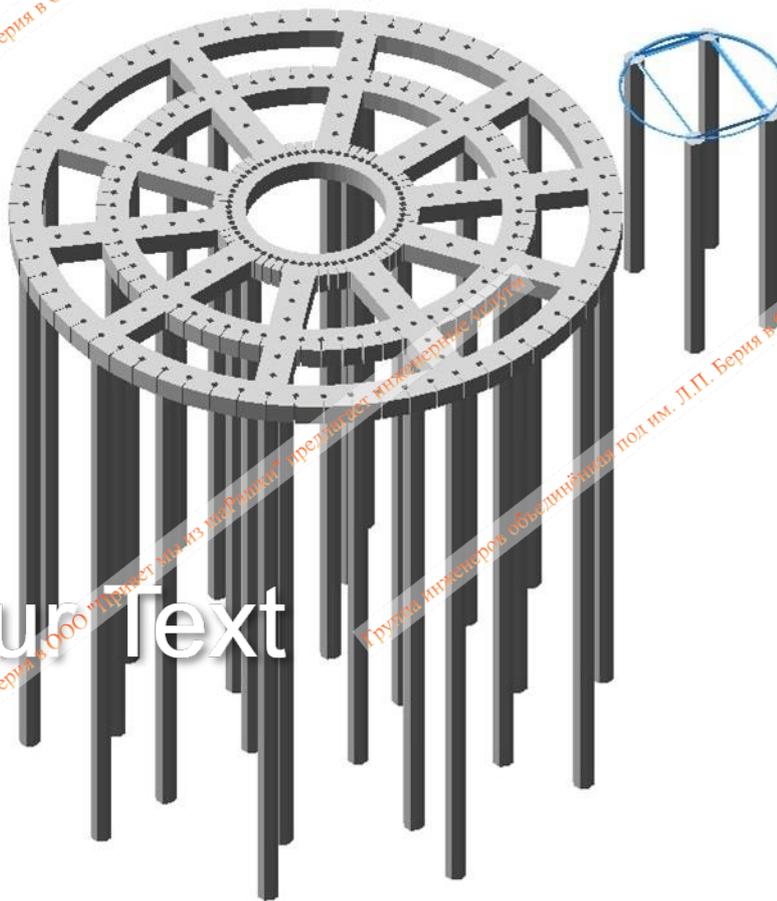
Рис.2.1. Собственный вес;

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №

### 3. Расчетная модель

В расчетной схеме нагрузки на ростверк и сваи передаются автоматически от РСН1:



Your Text

Рис.3. Расчетная схема (изометрия)

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

В расчетной схеме нагрузки на ростверк и сваи передаются автоматически от РСН1:

1. Собственный вес (I. Основная задача, С1. Основная задача, D1. Основная задача)  
 Мозаика N  
 Единицы измерения - т

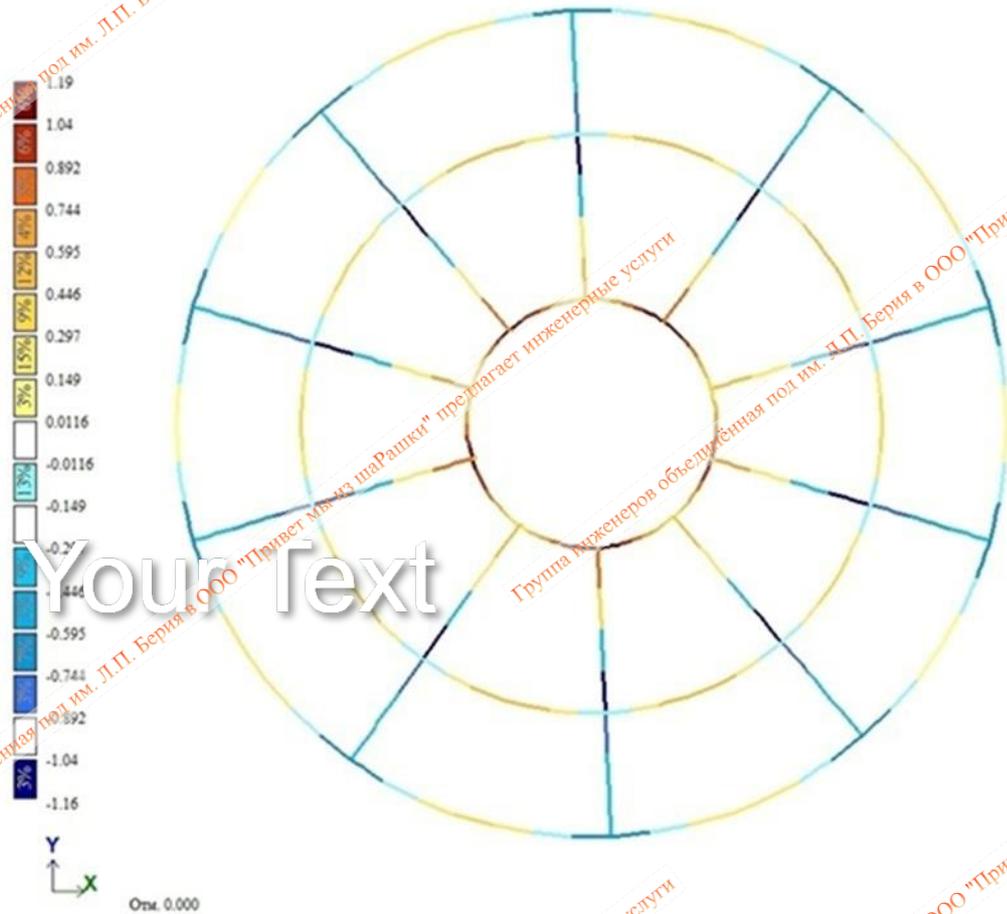


Рис.3.1. Усилия N в ростверке

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Ивв. № подл.	Подл. и дата	Взаим. инв. №			

В расчетной схеме нагрузки на ростверк и сваи передаются автоматически от РСН1:

1. Собственный вес [1. Основная задача; C1. Основная задача; D1. Основная задача]  
 Мозаика Mx  
 Единицы измерения - М

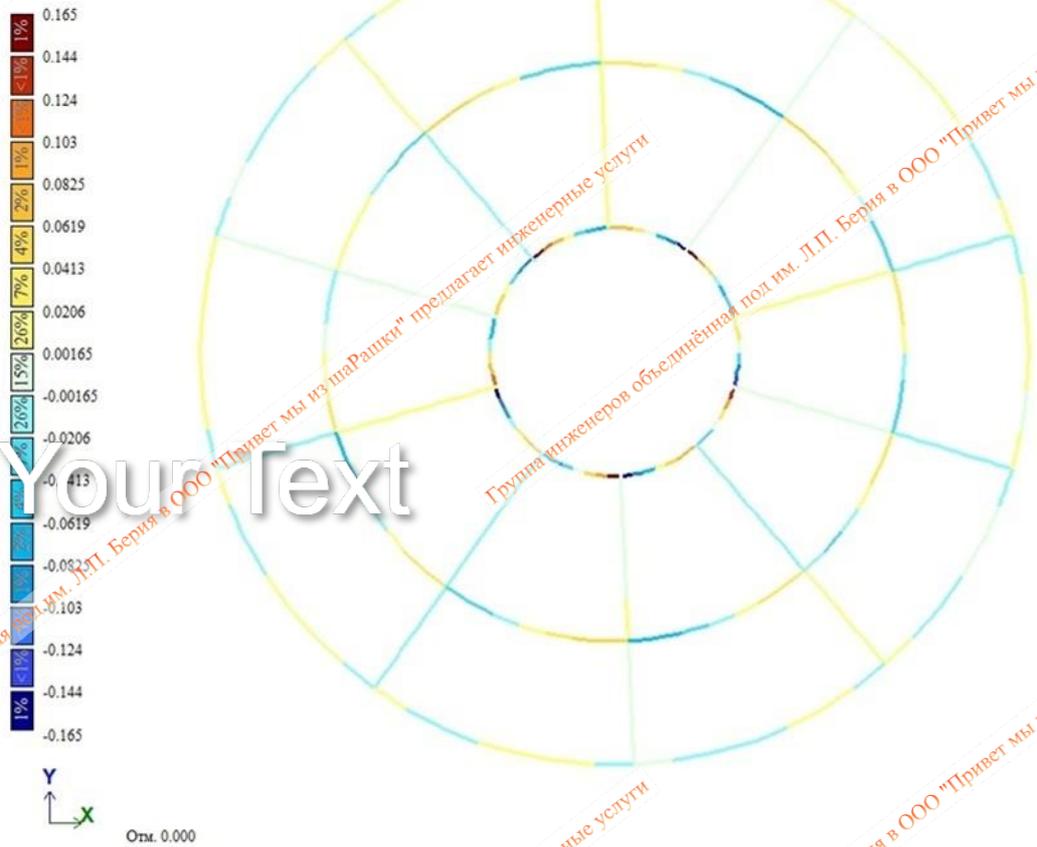


Рис.3.2. Усилия Mx в ростверке

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

В расчетной схеме нагрузки на ростверк и сваи передаются автоматически от РСН1:

1. Собственный вес [1. Основная задача; C1. Основная задача; D1. Основная задача]  
 Мозаика Mx  
 Единицы измерения: м

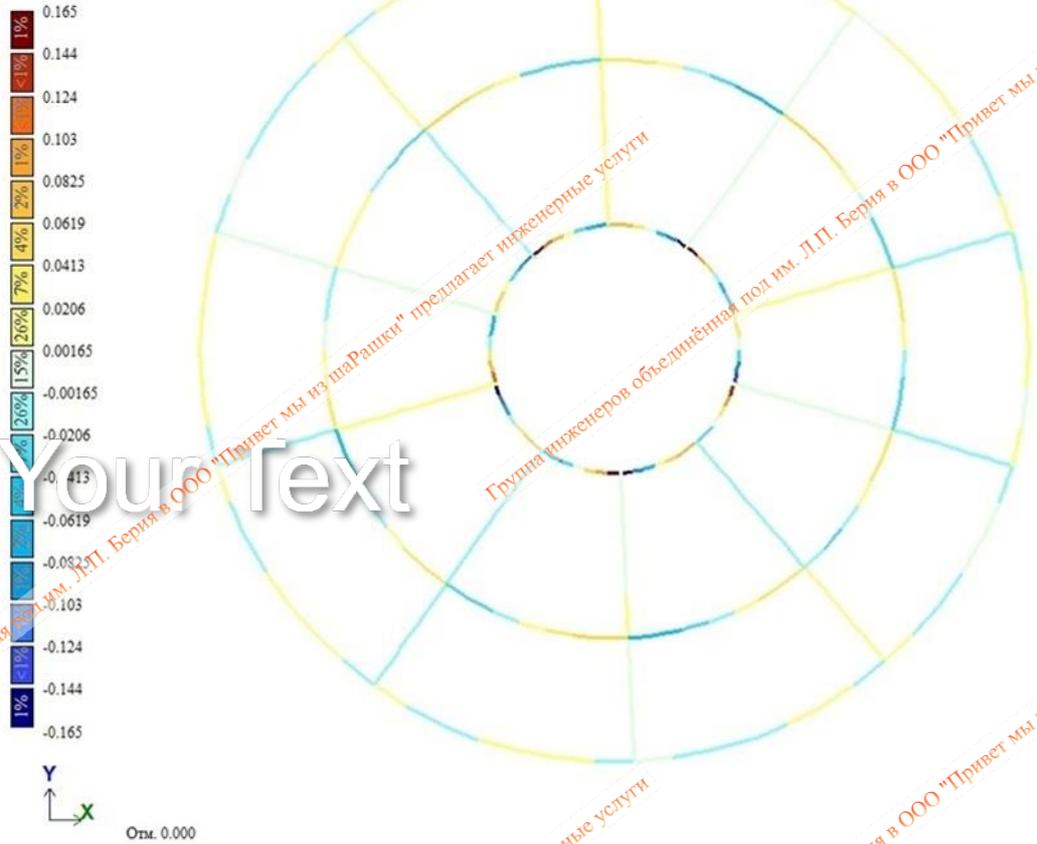


Рис. 3.3. Усилия Mu в ростверке

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

В расчетной схеме нагрузки на ростверк и сваи передаются автоматически от РСН1:

1. Собственный вес [1. Основная задача; Q1. Основная задача; D1. Основная задача]  
 Мозаика Q  
 Единицы измерения - т

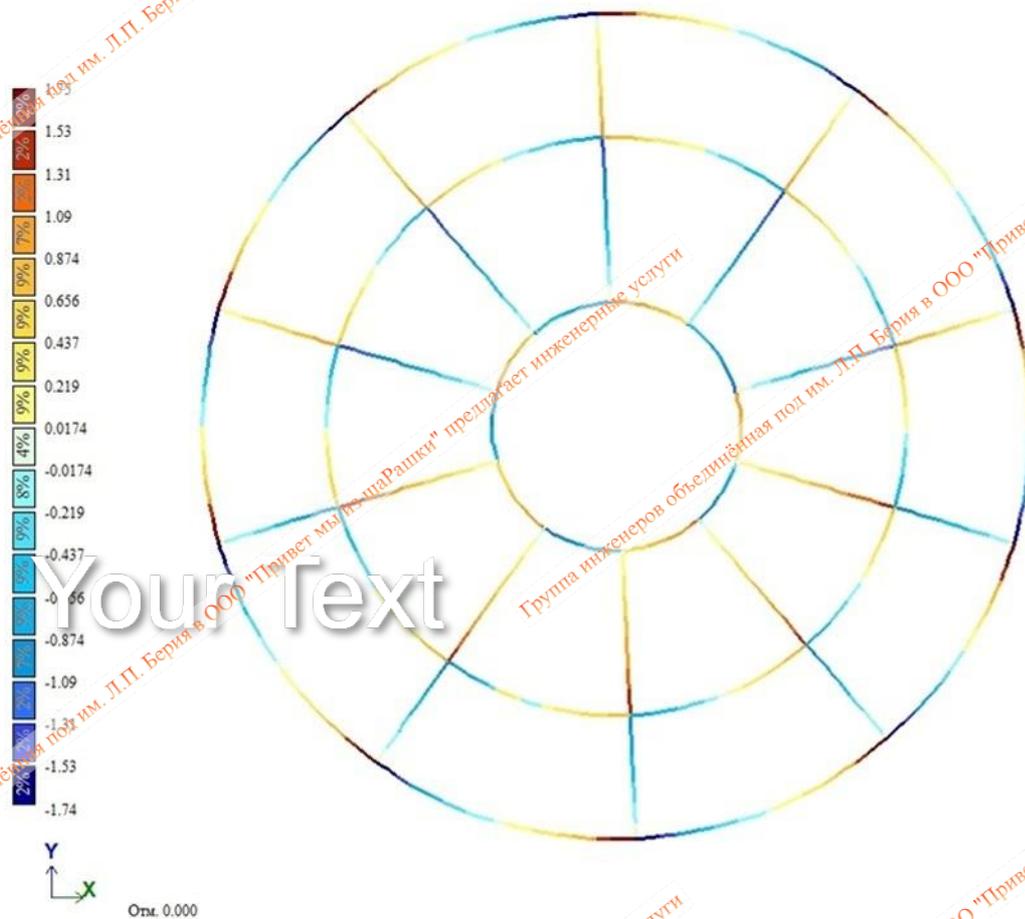


Рис. 3.4. Усилия Qx в ростверке

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

В расчетной схеме нагрузки на ростверк и сваи передаются автоматически от РСН1:

1. Собственный вес [1. Основная задача: C1. Основная задача; D1. Основная задача]  
 Мозаика Qu  
 Единицы измерения: т

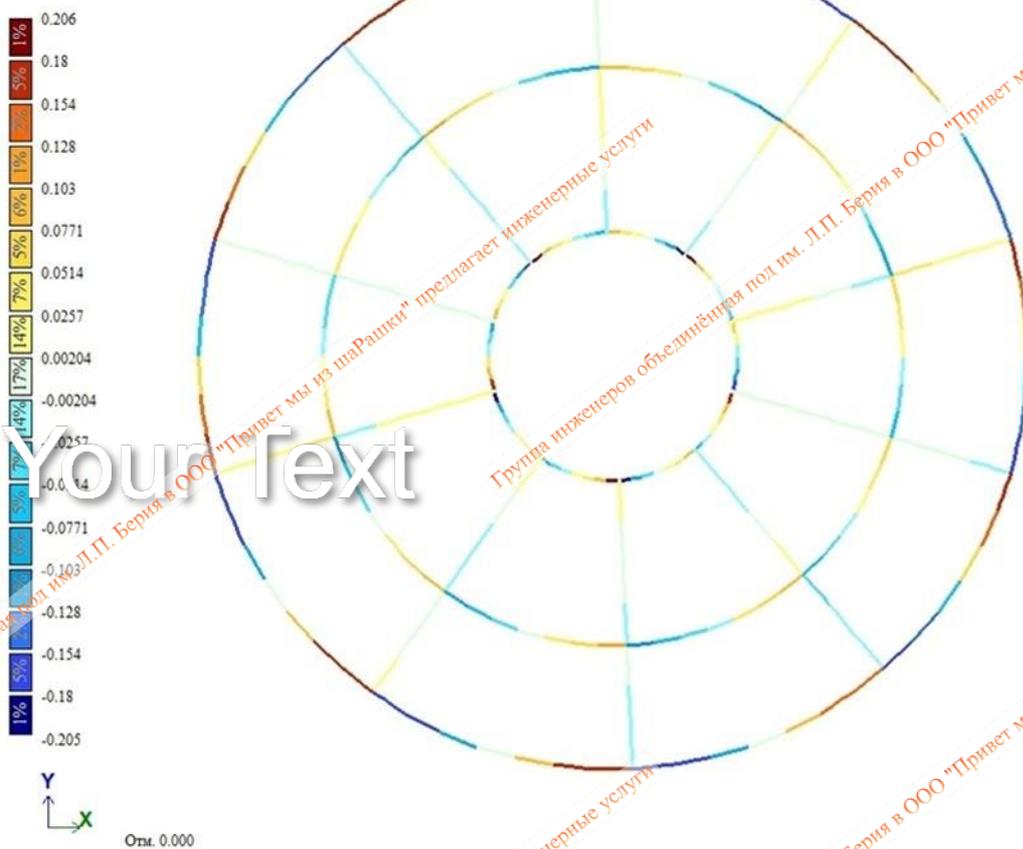
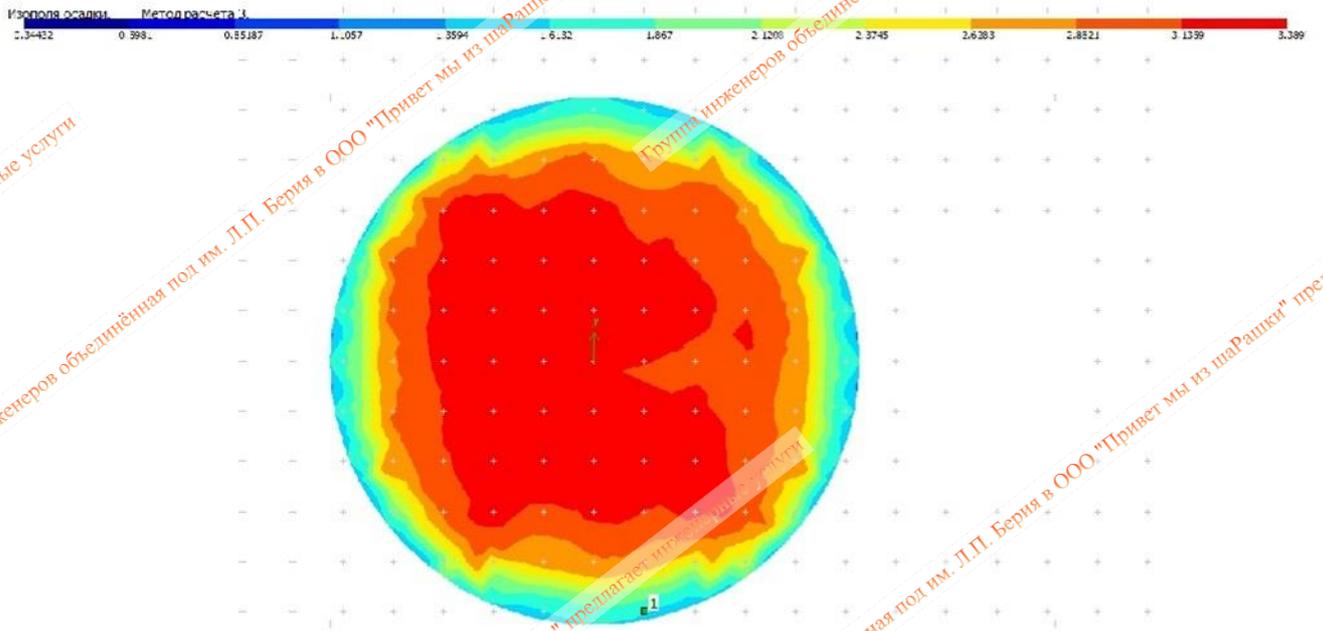


Рис. 3.5. Усилия Qu в ростверке

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

## 4. Результаты расчета

### 4.1. Осадки по оси Z



Your text

Рис.4.1. Максимальные деформации основания под РВС по оси Z

**Вывод:** Максимальные осадки 3.84мм, что меньше предельно допустимого (табл. Г.1 [3])  
150мм.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №					
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись
			ЕО2314-23-КР.Р				
			Watermarkly				
			Лист 12				

#### 4. Результаты расчета

##### 4.2. Осадки по оси Z

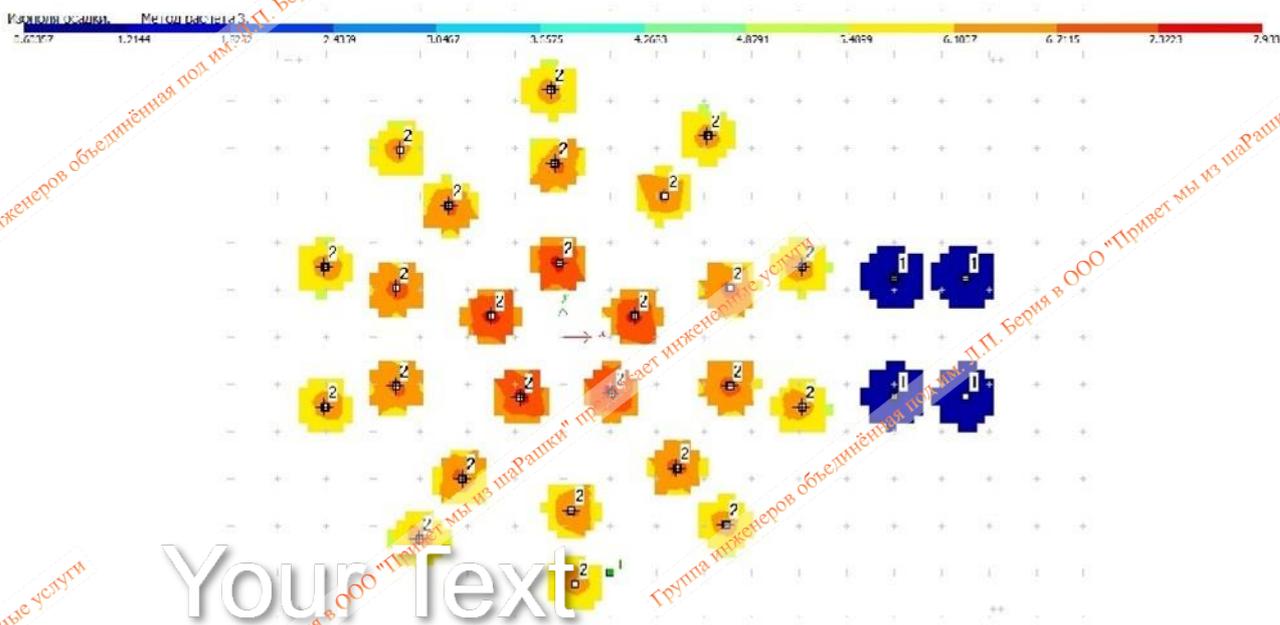


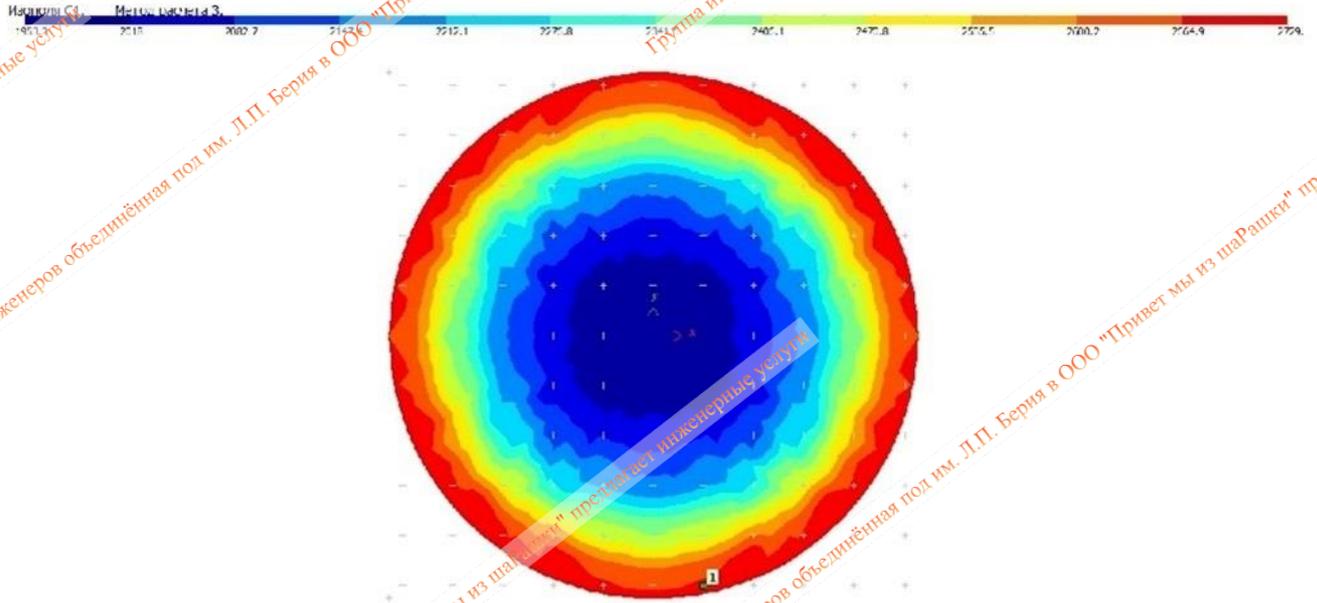
Рис.4.2. Максимальные деформации под свайным фундаментом РВС и шахтной лестницы по оси Z

**Вывод:** Максимальные осадки 0.93мм, что меньше предельно допустимого  $S < S_u$  согласно СП 24.13330.21

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

#### 4. Результаты расчета

##### 4.3 Коэффициент постели



Your Text

Рис.4.3. Коэффициент постели C1 под дном РВС

**Вывод:** Коэффициент постели C1 составил  $\min 1953\text{т/м}^3$  /  $\max 2729\text{т/м}^3$

Инв. № подл.	Июль 2014 г.	Взаим. инв. №
Изм.	Кол.уч.	Лист
№ док.	Подпись	Дата

#### 4. Результаты расчета

##### 4.4 Коэффициент постели

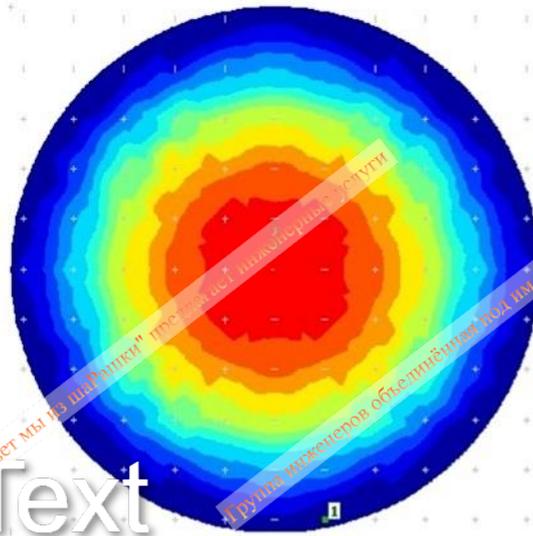
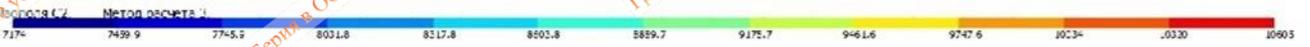


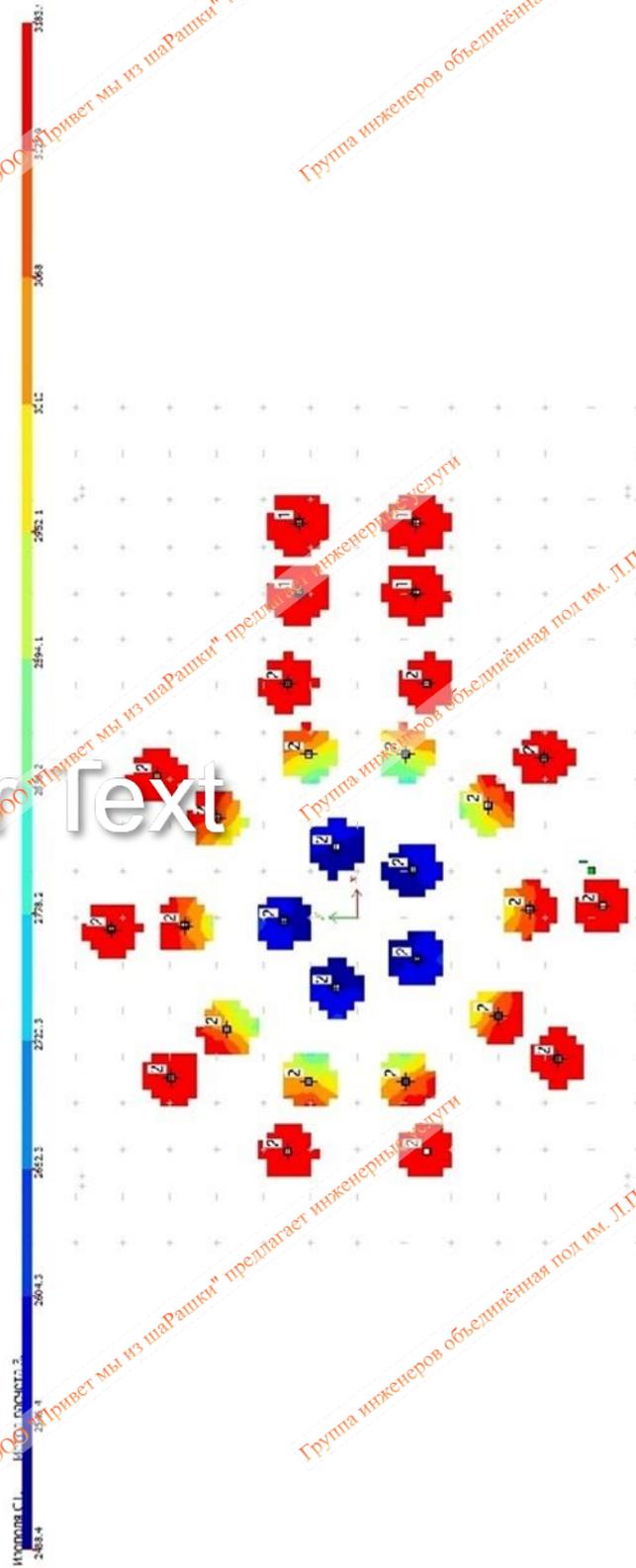
Рис.4.4. Коэффициент постели C2 под дном РВС

**Вывод:** Коэффициент постели C2 составил min 7174т/м / max 10605т/м

Инв. № подл.	Июль 2014 г.	Взаим. инв. №								
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата					

#### 4. Результаты расчета

##### 4.5 Коэффициент постели



#### 4. Результаты расчета

##### 4.6 Коэффициент постели

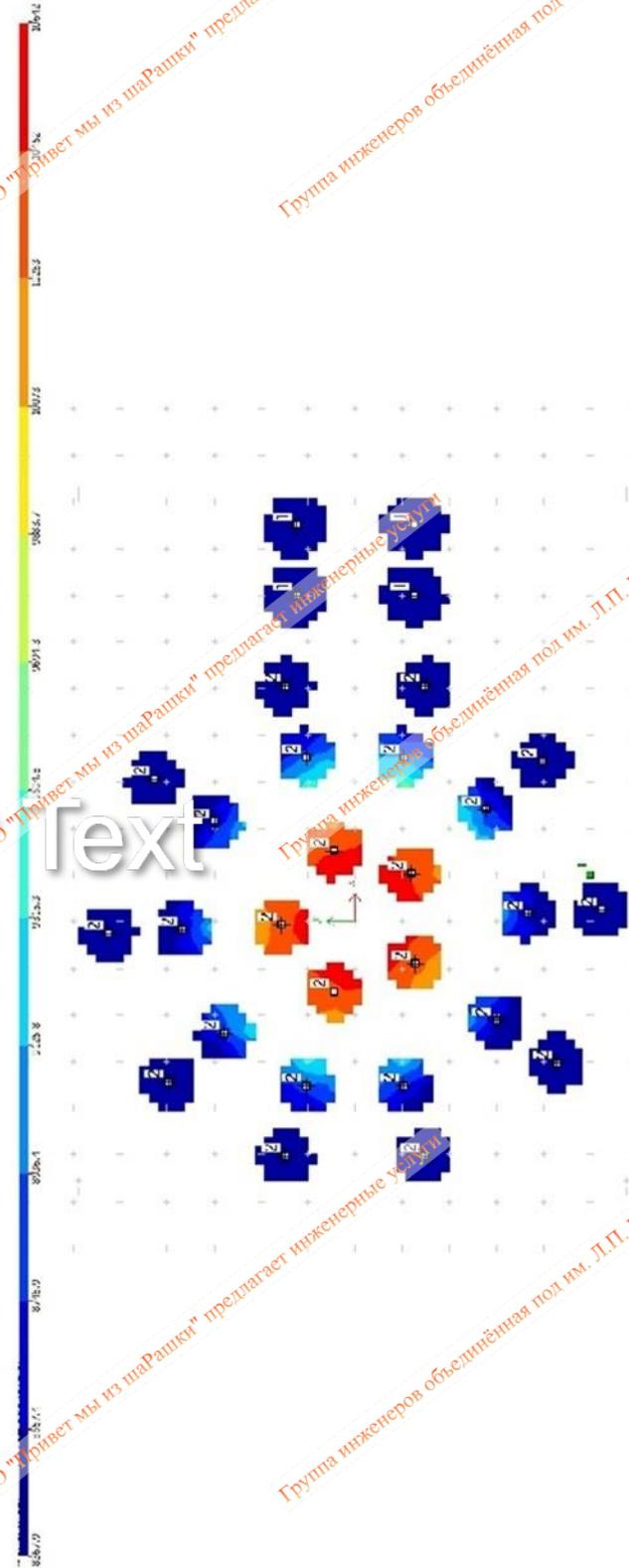


Рис.4.6. Коэффициент постели C2 под свайным полем

**Вывод:** Коэффициент постели C2 составил min 8368т/м / max 10642т/м

Инв. № подл.	Июль и дата	Взаим. инв. №

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

#### 4. Результаты расчета

##### 4.7 Расчетное сопротивление грунта основания

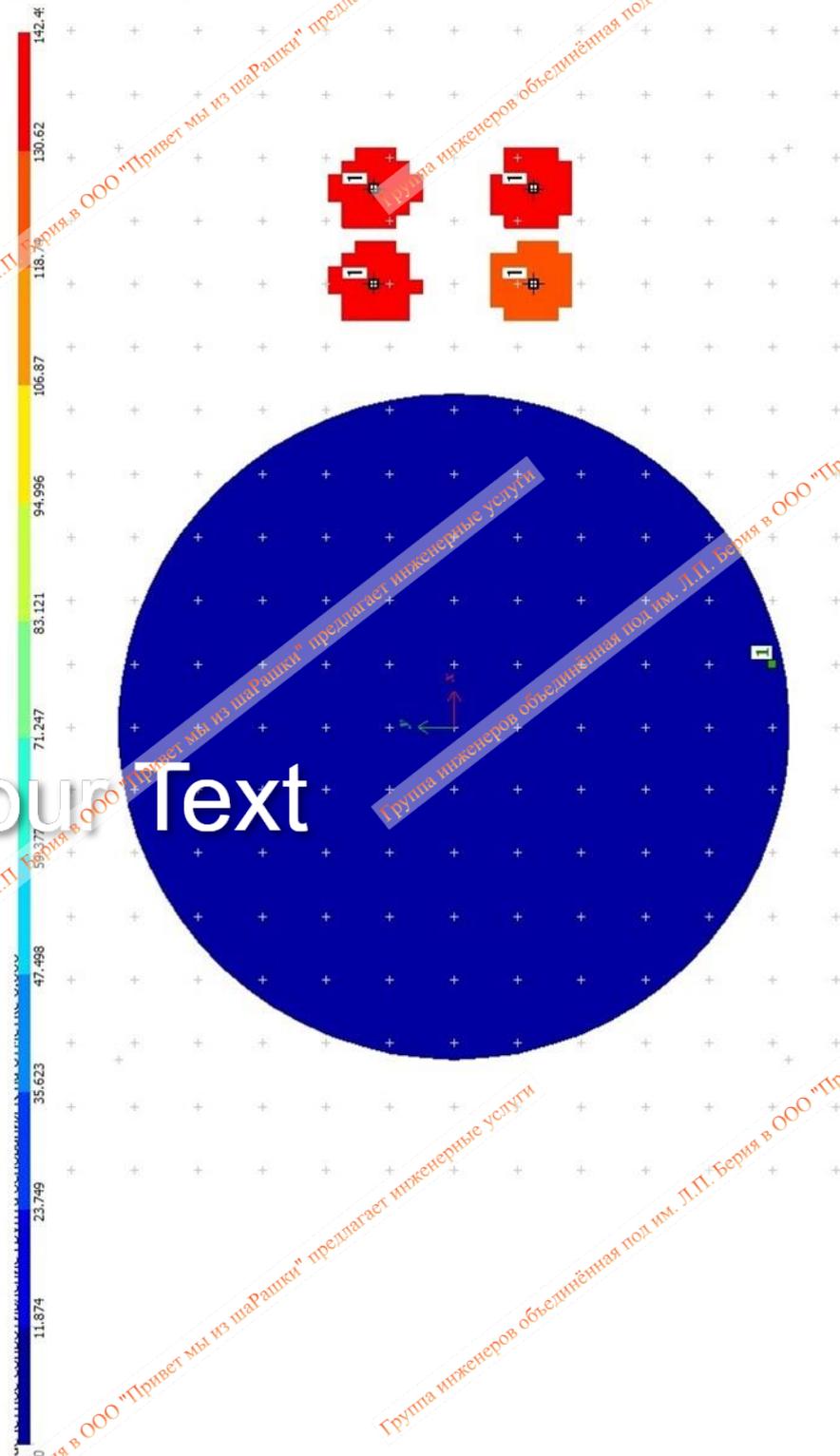


Рис. 4.7 Расчетное сопротивление R грунта под под PBC и сваями шахтной лестницы

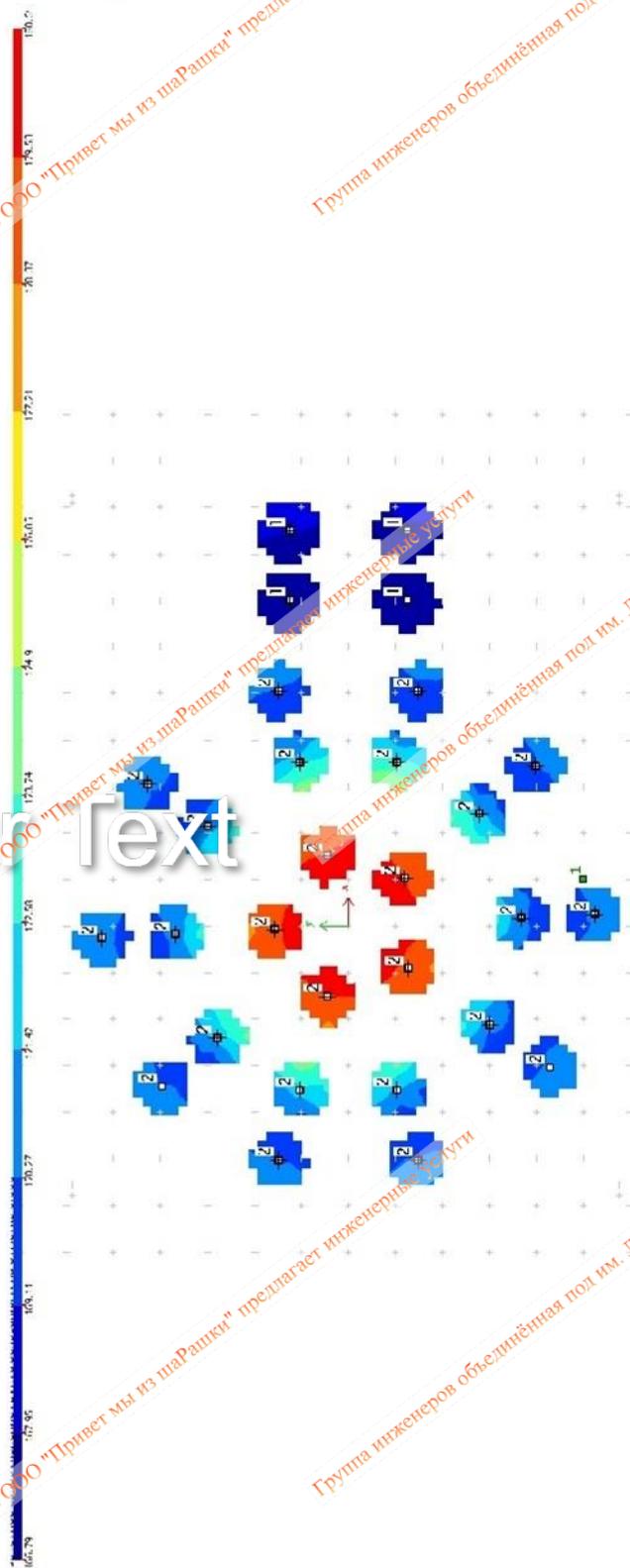
**Вывод:** Расчетное сопротивление R грунта основания под PBC составило min 11.87т/м2 / max 142.49т/м2

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

#### 4. Результаты расчета

##### 4.8 Расчетное сопротивление грунта основания



Your text

Рис.4.8. Расчетное сопротивление R грунта основания под свайным фундаментом

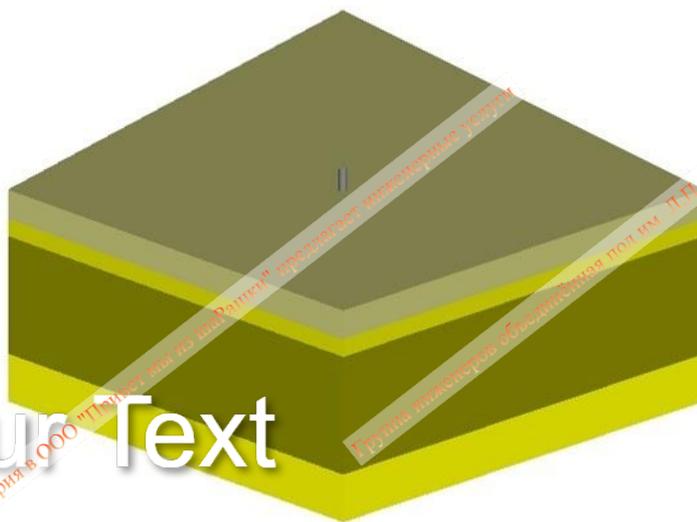
**Вывод:** Расчетное сопротивление R грунта основания под свайным фундаментом составило min 166.8т/м2 / max 180.6т/м2

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

#### 4. Результаты расчета

##### 4.9 Модель грунта основания в 3D



Your Text

Рис.4.9. Модель грунта основания в 3D

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

#### 4. Результаты расчета

##### 4.10 Геологический разрез "А"

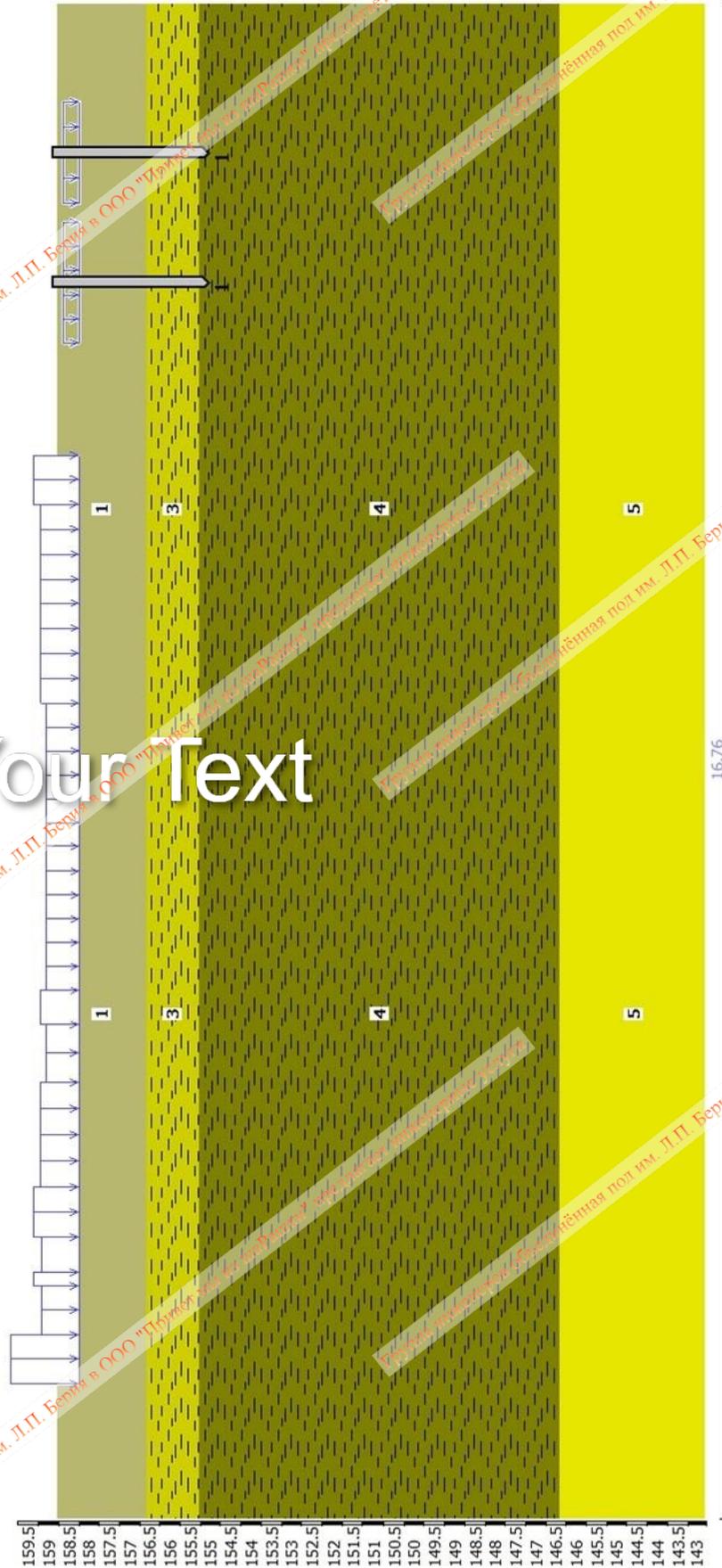


Рис.4.10. Геологический разрез вдоль дна РВС и свай шахтной лестницы

Индв. № подл.	Подл. и дата	Взаим. инв. №

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

#### 4. Результаты расчета

##### 4.11 Геологический разрез "Б"

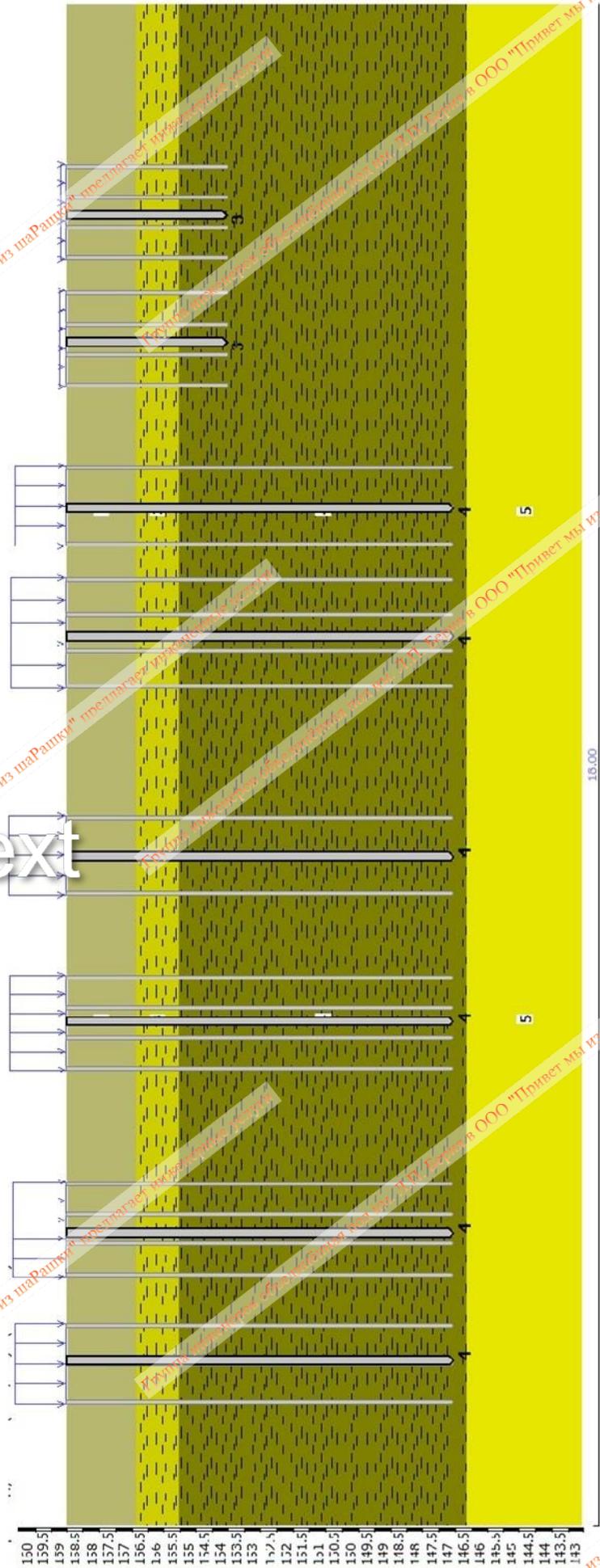


Рис.4.11. Геологический разрез вдоль свайного поля

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

#### 4. Результаты расчета

#### 4.12 Геологический разрез "В"

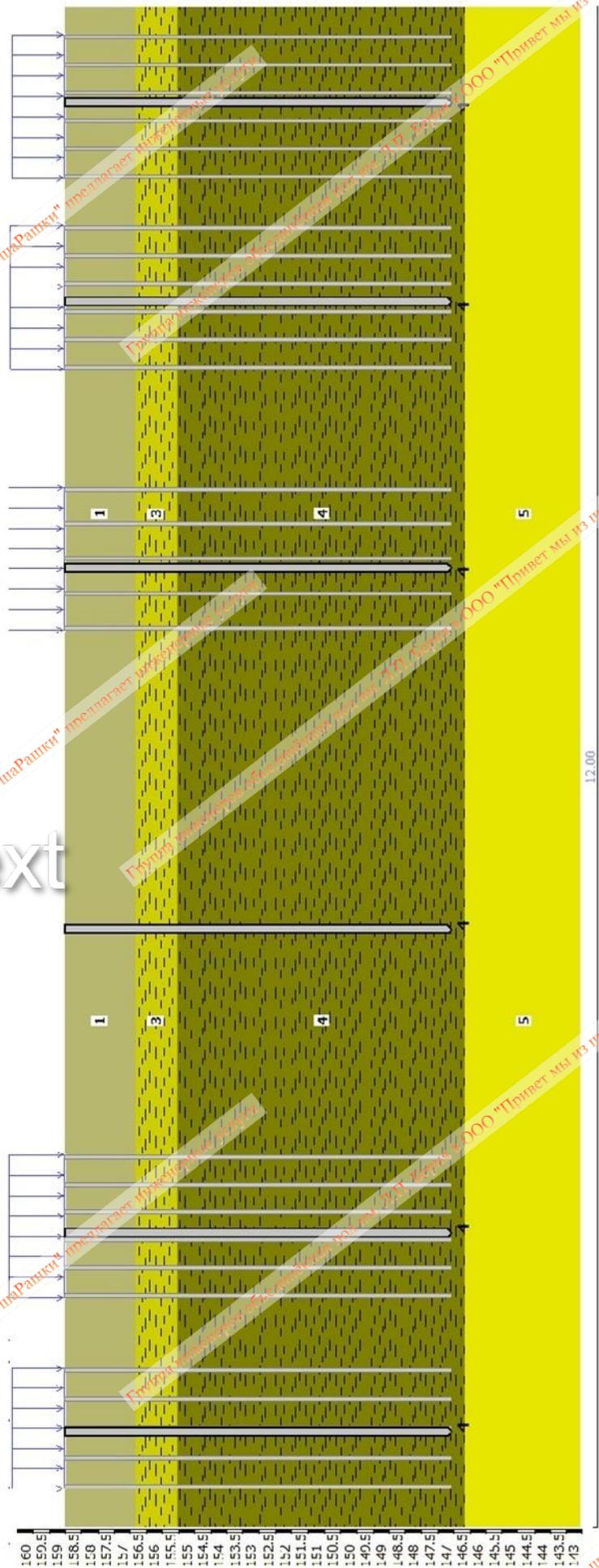


Рис.4.12. Геологический разрез поперек свайного поля

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

#### 4. Результаты расчета

##### 4.13 Геологический разрез "Г"

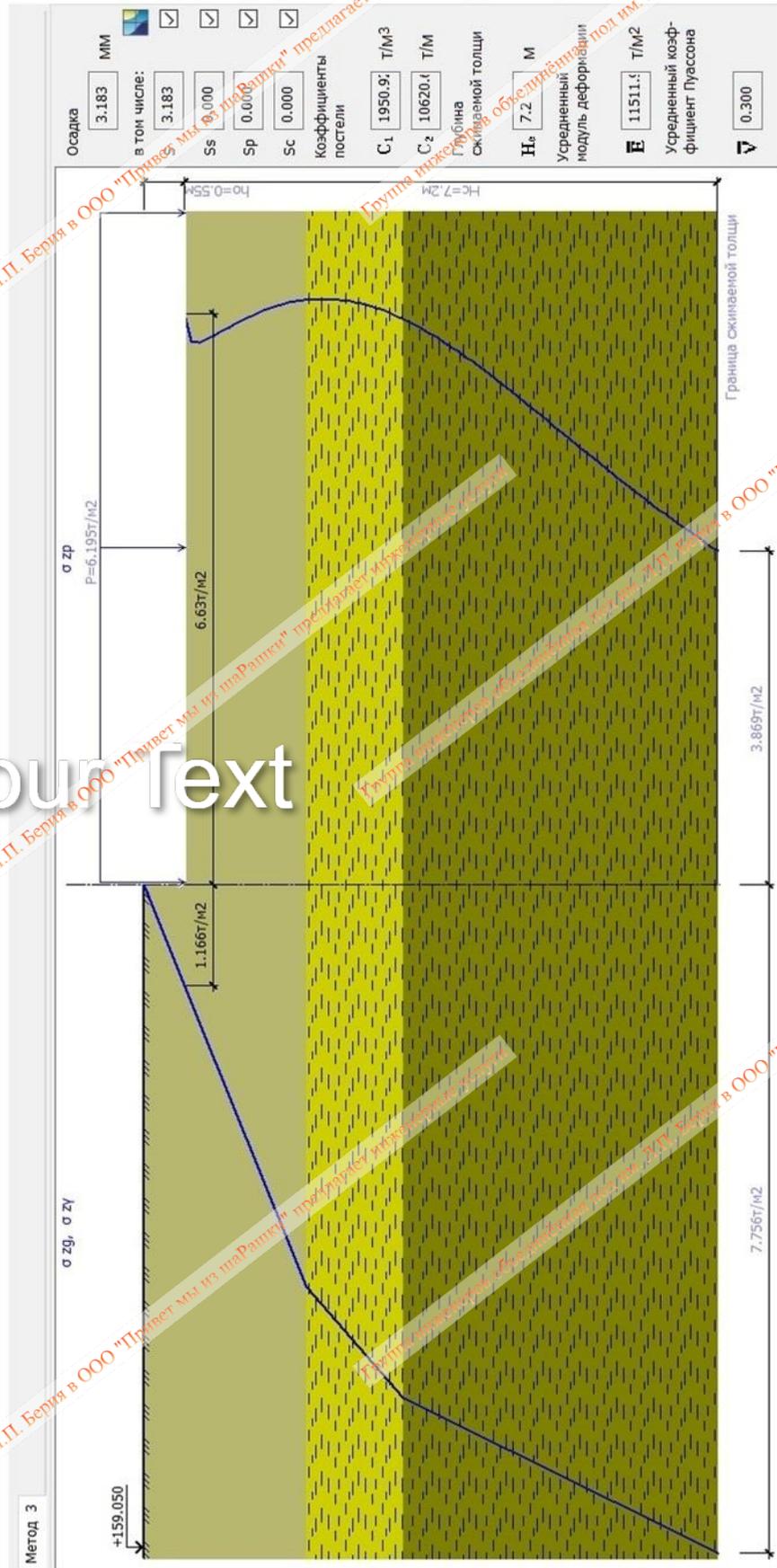
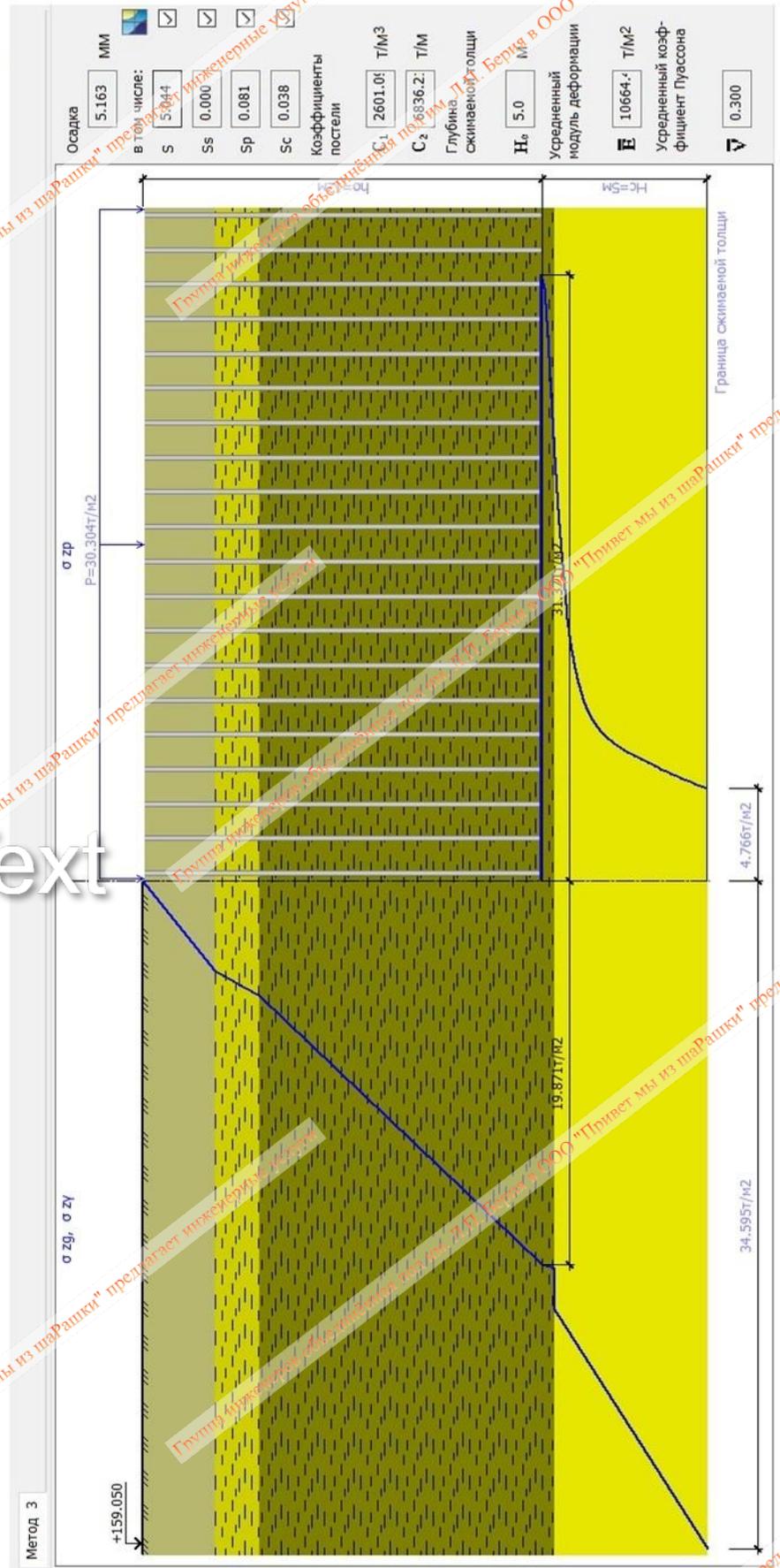


Рис.4.13. Геологическое сечение по котловану под РВС

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

#### 4. Результаты расчета

##### 4.14 Геологический разрез "Д"



Your Text

Рис.4.14. Геологическое сечение по свая под РВС

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



#### 4. Результаты расчета

1. Собственный вес [1. Основная задача; C1. Основная задача; D1. Основная задача]  
 Мозаика жесткости  $R_y$  для свай  
 Единицы измерения - т/м

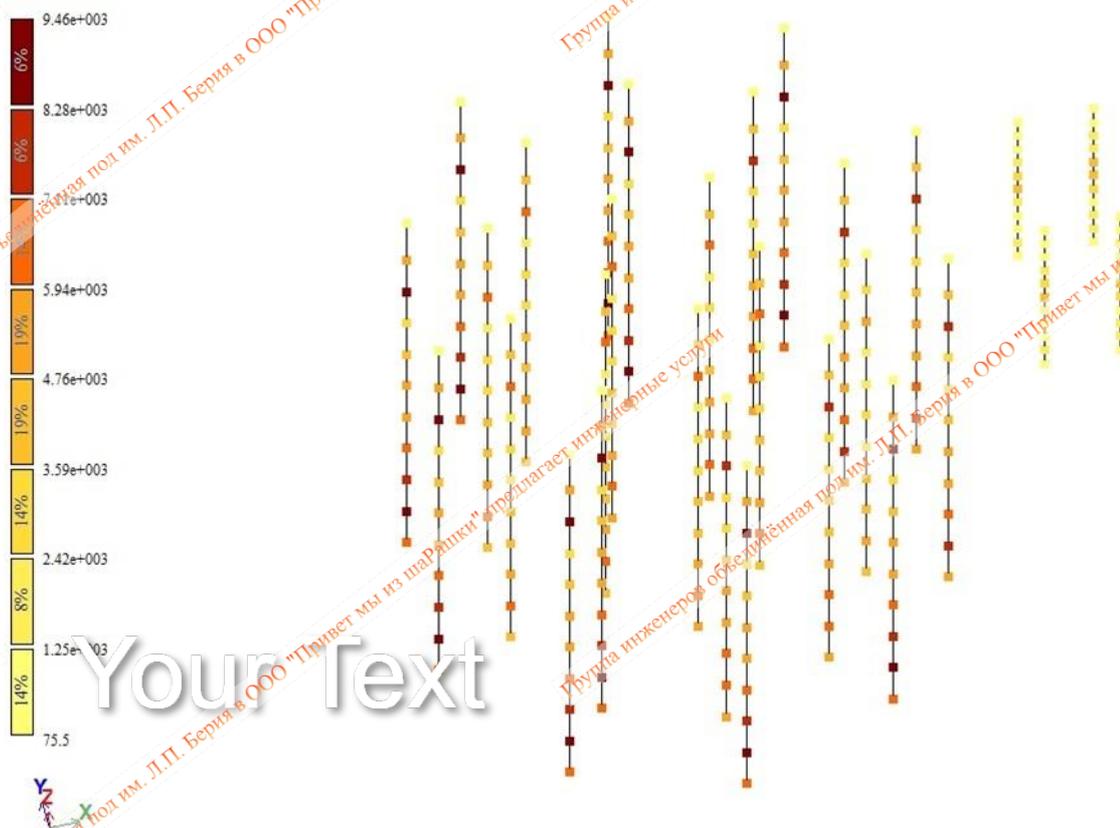


Рис.4.16. Мозаика жесткости по  $R_y$  для свай

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

#### 4. Результаты расчета

1. Собственный вес [1. Основная задача; C1. Основная задача; D1. Основная задача]  
 Мозаика жесткости Rz для свай  
 Единицы измерения - тм

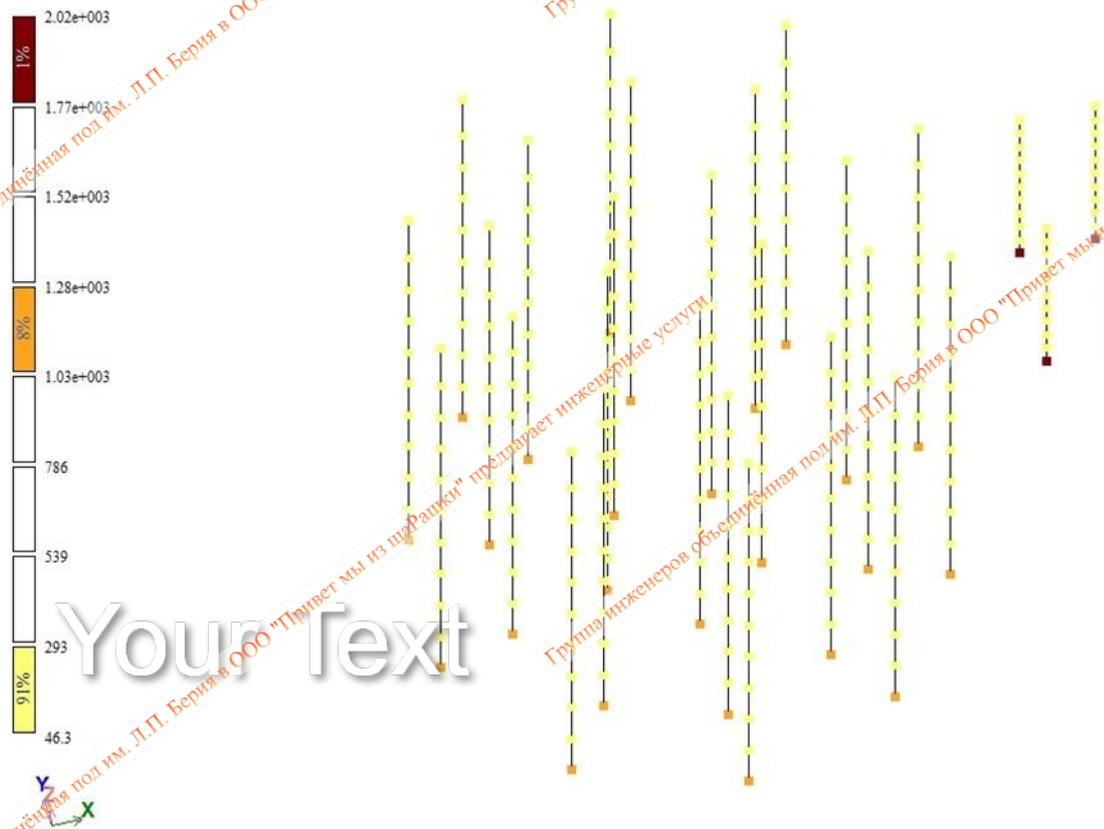


Рис.4.17. Мозаика жесткости по Rz для свай

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

#### 4. Результаты расчета

1. Собственный вес [1. Основная задача; С1. Основная задача; D1. Основная задача]  
 Мозаика нагрузок на сваи N  
 Единицы измерения - т

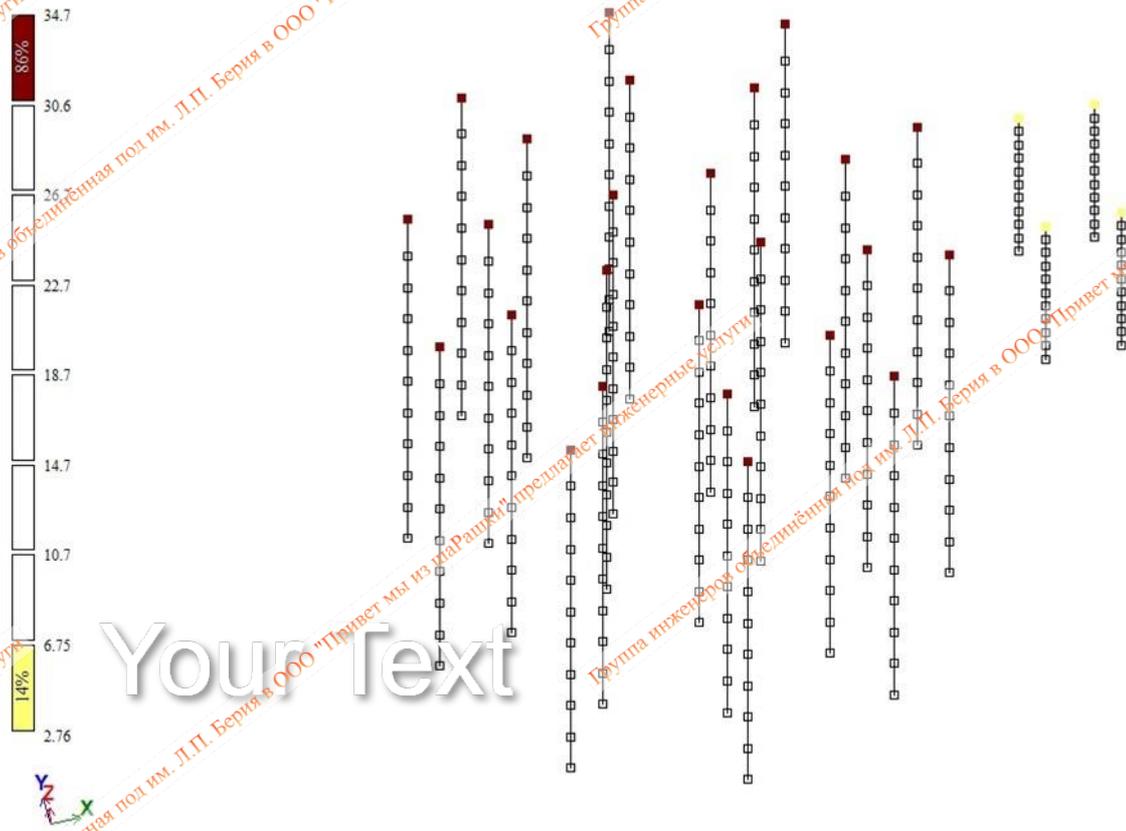


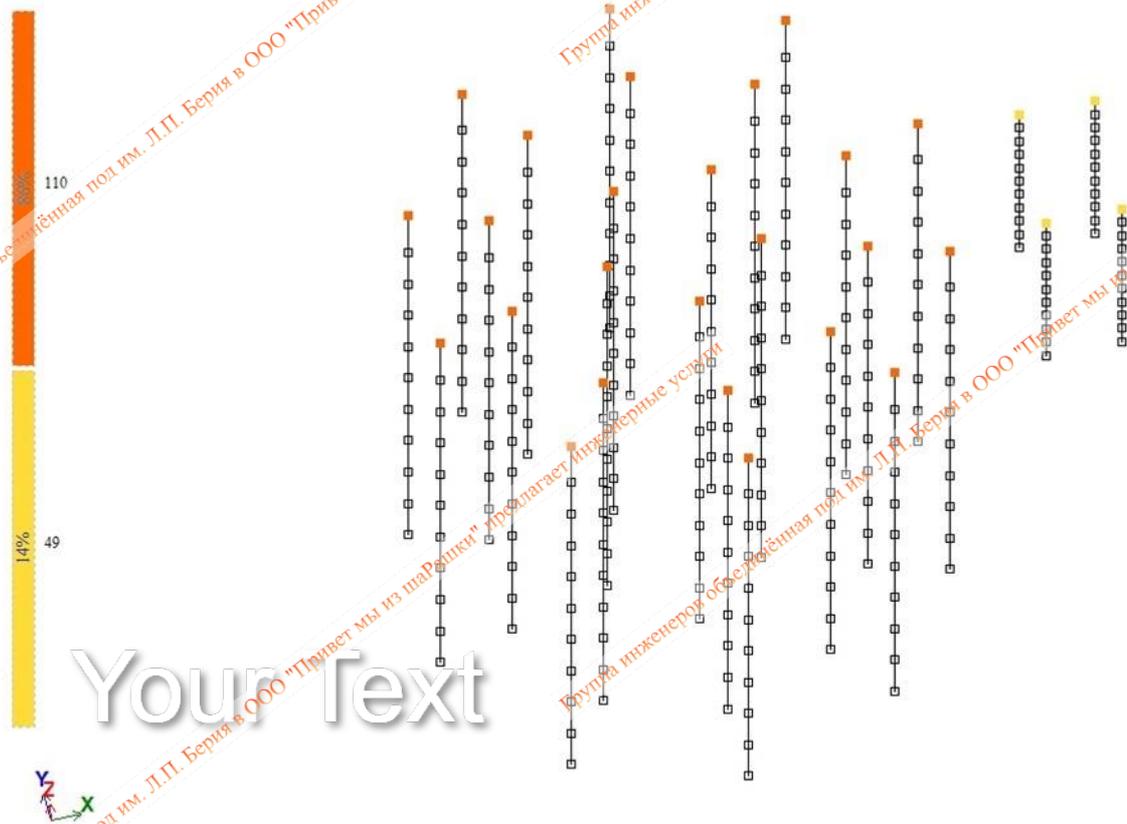
Рис.4.18. Мозаика нагрузок на сваи

**Вывод:** Максимальная расчетная нагрузка на сваю под РВ составила 34.7т. Максимальная нагрузка на сваю под шахтную лестницу составила 6.75т.

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

## 4. Результаты расчета

1. Собственный вес [1. Основная задача: C1. Основная задача; D1. Основная задача]  
 Мозаика несущей способности свай  
 Единицы измерения - т



Your Text

Рис.4.19. Мозаика несущей способности свай

### Вывод:

1. Расчетная несущая способность по грунту свай под РВС составляет 110т. Допускаемую нагрузку на сваю  $F_d/\gamma_{c,g}$  в составе фундамента определяем исходя из условия согласно п.7.1.11 в СП 24.13330.2021

$$\gamma_n \cdot N \leq \frac{F_d}{\gamma_{c,g}}$$

$1 \cdot 34,7 \text{ т} < F_d/\gamma_{c,g} = 110/1,5 = 77,33 \text{ т}$ , то есть, условие по п.7.1.11 в СП 24.13330.2021 удовлетворяется.

**Коэффициент использования несущей способности свай по грунту  $K_{исп} = 34,7/77,33 = 0,449$ .**

2. Расчетная несущая способность по грунту свай под шахтную лестницу составляет 49т.

$1 \cdot 6,75 \text{ т} < F_d/\gamma_{c,g} = 49/1,5 = 32,67 \text{ т}$ , то есть, условие по п.7.1.11 в СП 24.13330.2021 удовлетворяется.

**Коэффициент использования несущей способности свай по грунту  $K_{исп} = 6,75/32,67 = 0,207$ .**

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №					
			Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись
			Лист 30				

#### 4. Результаты расчета

1. Собственный вес [1. Основная задача; С1. Основная задача; D1. Основная задача]  
 Мозаика несущей способности свай на выдергивание  
 Единицы измерения - т

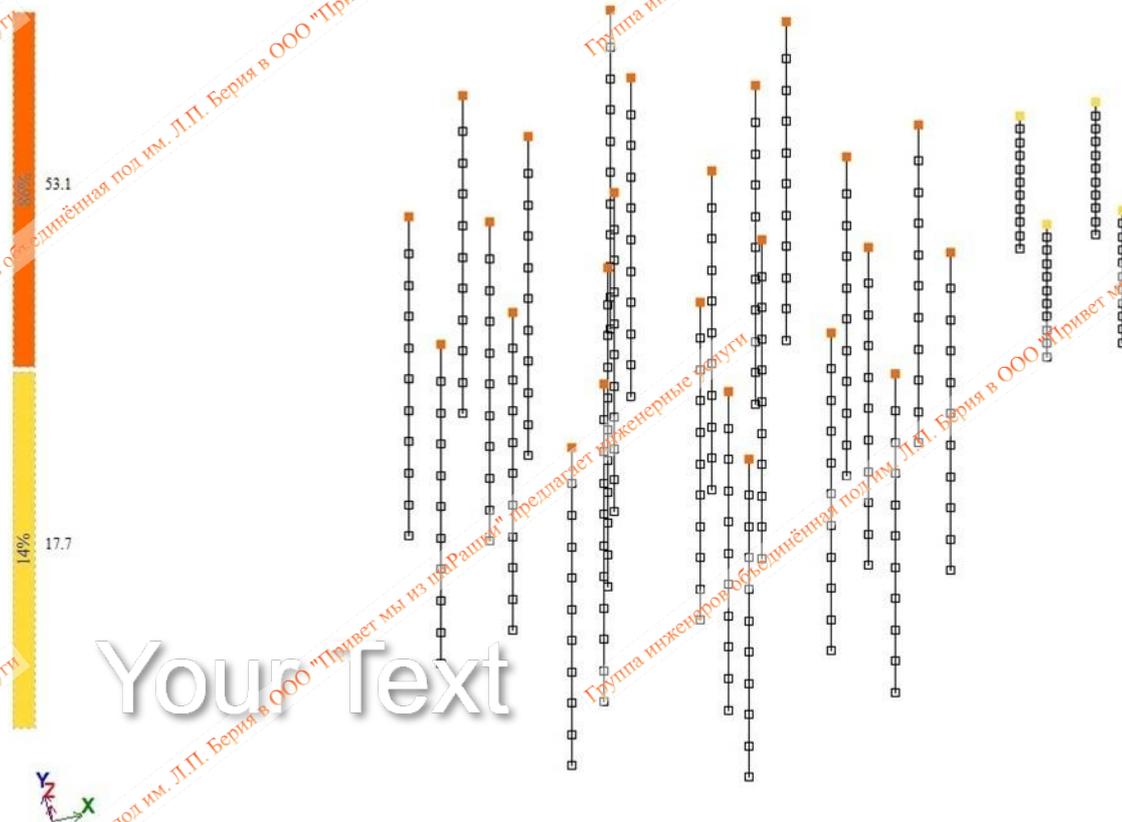


Рис.4.20. Мозаика несущей способности свай на выдергивание

#### Вывод:

1. Расчетная несущая способность по грунту свай на выдергивание под РВС составляет 53,1т. Допускаемую нагрузку на сваю  $F_d/\gamma_{c,g}$  в составе фундамента определим исходя из условия согласно п.7.1.11 в СП 24.13330.2021

$$\gamma_n \cdot N \leq \frac{F_d}{\gamma_{c,g}}$$

$1 \cdot 34,7 \text{ т} < F_d/\gamma_{c,g} = 53,1/1,5 = 35,4 \text{ т}$ , то есть, условие по п.7.1.11 в СП 24.13330.2021 удовлетворяется.

**Коэффициент использования несущей способности свай по грунту  $K_{исп} = 34,7/35,4 = 0,98$ .**

2. Расчетная несущая способность по грунту свай на выдергивание под шахтную лестницу составляет 17,7т.

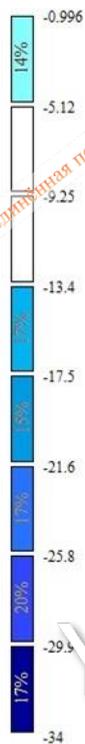
$1 \cdot 6,75 \text{ т} < F_d/\gamma_{c,g} = 17,7/1,5 = 11,8 \text{ т}$ , то есть, условие по п.7.1.11 в СП 24.13330.2021 удовлетворяется.

**Коэффициент использования несущей способности свай по грунту  $K_{исп} = 6,75/11,8 = 0,572$ .**

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взаим. инв. №					
			Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись

#### 4. Результаты расчета

1.РСН1(СП 20.13330.2011/2016\_1)  
 Мозаика N  
 Единицы измерения - г



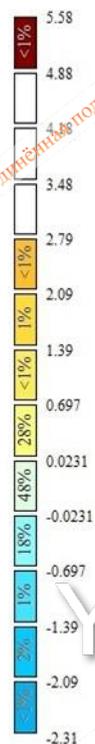
Your text

Рис.4.21. Мозаика усилия N в связях под РВС и шахтной лестницы

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

#### 4. Результаты расчета

1.PCH1(СП 20.13330.2011/2016\_1)  
 Мозаика Mz  
 Единицы измерения - т\*м



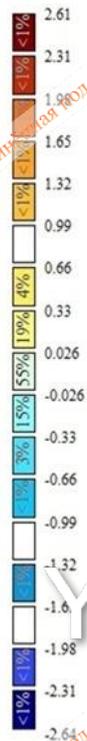
Your text

Рис.4.22. Мозаика усилия Mx

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

#### 4. Результаты расчета

1.РСН1(СП 20.13330.2011/2016\_1)  
 Мозаика Му  
 Единицы измерения - т\*м



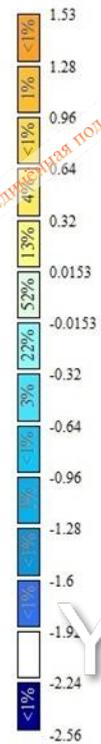
Your Text

Рис.4.23. Мозаика усилия Му

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

#### 4. Результаты расчета

1.PCH1(СП 20.13330.2011/2016\_1)  
 Мозаика Qy  
 Единицы измерения - т



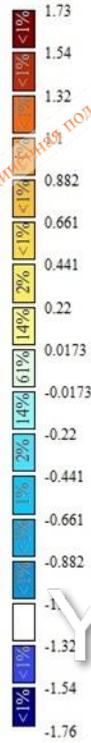
Your text

Рис.4.25. Мозаика усилия Qy

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

#### 4. Результаты расчета

1 РСН(СП 20.13330.2011/2016\_1)  
 Мозаика Qx  
 Единицы измерения - т



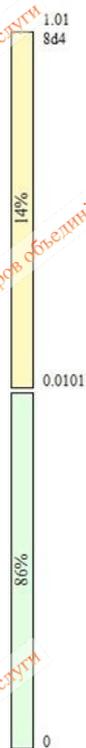
Your Text

Рис.4.26. Мозаика усилия Qx

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

#### 4. Результаты расчета

Вариант конструирования: Вариант 1  
 Расчет по РСН: СП 20.13330.2011/2016\_1 (СП 63.13330.2012/2018)  
 Основной режим  
 Единицы измерения - см<sup>2</sup>  
 Шаг, Диаметр - мм



Your text



Рис.4.27. Мозаика армирования свай

**Вывод:** Подбранное продольное армирование в сваях под РВС и сваях под шахтной лестницей составило Ф4х8А500С ГОСТ 34028-2016.

Рекомендуемое армирование Ф10х8А500С ГОСТ 34028-2016 с конструктивной поперечной спиралью из арматуры Ф6А240С ГОСТ 34028-2016

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

#### 4. Результаты расчета

Вариант конструирования: Вариант 1  
 Расчет по РСН: СП 20.13330.2011/2016\_1 (СП 63.13330.2012/2018)  
 Основной режим  
 Единицы измерения - см2  
 Шаг, Диаметр - мм

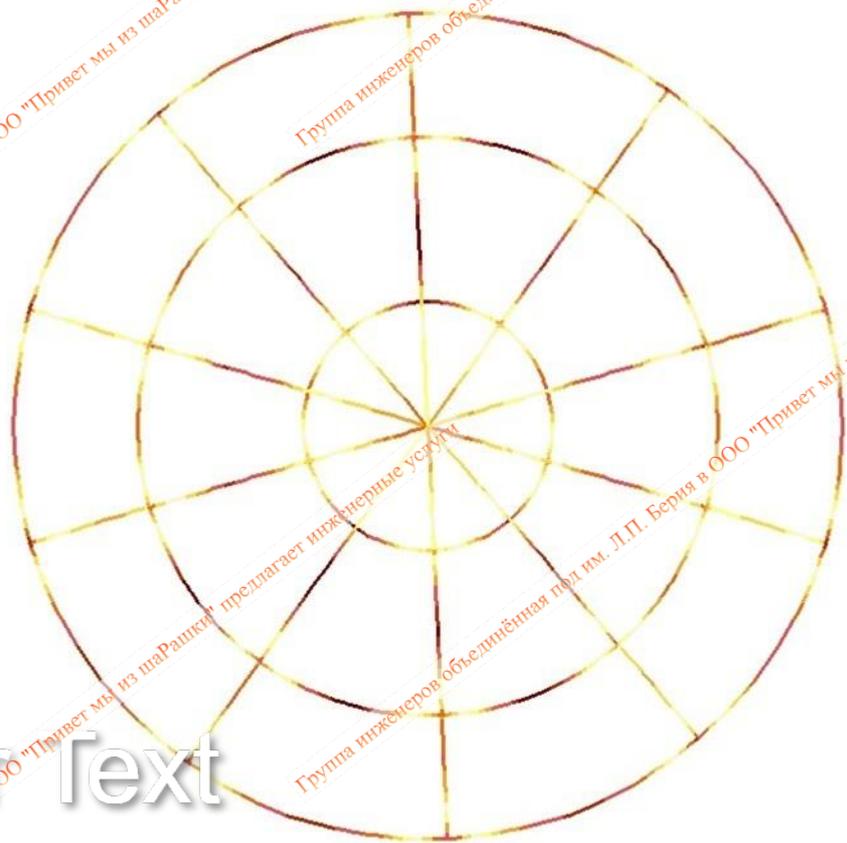
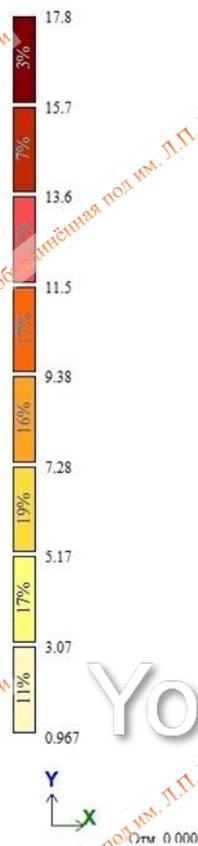


Рис.4.28. Мозаика продольного армирования ростверка

**Вывод:** Подбранное продольное армирование в ростверке под РВС составило 17.8см2.

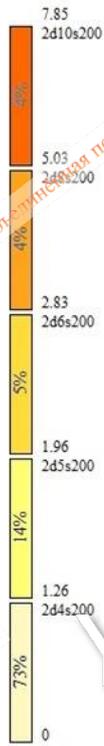
Принимаем из расчета  $17.8 \text{ см}^2 / 8 \text{ шт.} = 2.225 \text{ см}^2 / \text{шт.}$ . Тогда, нижнее продольное армирование составляет Ф18х4А500С ГОСТ 34028-2016.

Верхнее продольное армирование составляет Ф18х4А500С ГОСТ 34028-2016.

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взаим. инв. №					
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись
						Лист	
						38	

#### 4. Результаты расчета

Вариант конструирования: Вариант 1  
 Расчет по РСН-СП 20.13330.2011/2016\_1 (СП 63.13330.2012/2018)  
 Основной режим  
 Единицы измерения - см/1м  
 Шаг, Диаметр - мм



Y ↑  
 Отм. 0.000

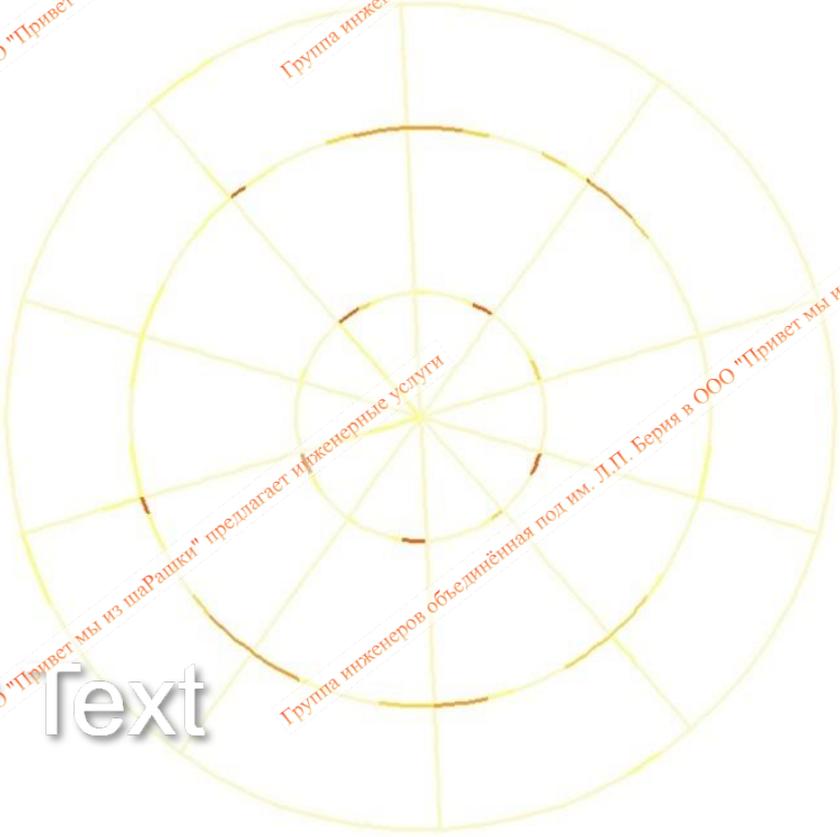


Рис.4.29. Мозаика поперечного армирования ростверка

**Вывод:** Подбранное поперечное армирование в ростверке составило  $\Phi 10A240C$  ГОСТ 34028-2016, рекомендуемый шаг поперечного армирования в ростверке принять 100мм.

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

#### 4. Результаты расчета

Расчет на продавливание сваей ростверка

Расчет выполнен по СП 63.13330.2018 с изменениями №1

Коэффициент надежности по ответственности  $\gamma_n = 1$

Площадка приложения нагрузки расположена внутри элемента



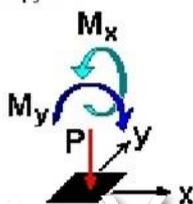
#### Бетон

Вид бетона: Тяжелый  
Класс бетона: В25

#### Коэффициенты условий работы бетона

Коэффициент	Условие	Значение
$\gamma_{lc}$	учет нагрузок длительного действия	0.9
$\gamma_{bz}$	учет характера разрушения	1
$\gamma_{bz}$	учет вертикального положения при бетонировании	1
$\gamma_{bt}$	учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1

#### Нагрузки



№	Р	$M_x$	$M_y$
	Т	Т*м	Т*м
1	34	5.58	2.64

#### Результаты расчета по комбинациям загрузений

$P = 34$   
 $M_x = 5.58$  Т\*м  
 $M_y = 2.64$  Т\*м

Проверено по СП	Проверка	Коэффициент использования
п. 8.1.49	прочность на продавливание бетонного элемента при действии сосредоточенной силы и изгибающие моменты с векторами вдоль осей X, Y	0.616

Коэффициент использования толщины ростверка усилиями по всему пакету комбинаций 0.616

**Вывод:** Коэффициент использования толщины ростверка усилиями свай по всему пакету

комбинаций составил 0.616

Изнв. № подл.	Подл. и дата	Взаим. инв. №
---------------	--------------	---------------

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



Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Изм. № подл.	Подл. и дата	Взаим. инв. №			

**Группы свайного поля**

№	Компен...	L, Разм...	d, Y, k...	У, к...	Ес	Н...	С...	Р...	Г...	В...	Р...	А...	К...
1-1	Свая	5 40	0.. 1 0..	3e+0...	10	2Xv	4.5	40	T..	6D	Вр	а..	а 0
1-2	Свая	12 40	0.. 1 0..	3e+0...	10	0	3...	40	T..	6D	Вр	а..	а 0

**Калькулятор нагрузки на сваю**

От всего здания: 788 т

От n этажей: 25

Нагрузка на сваю N, т: 31.52

OK Отмена

Таблица с заданными характеристиками свай. Сваи под резервуар тип 2.

Параметры определения теоретической несущей способности свайного основания СП 24.13330.2011-2021

Идентификация: T2R4Yrr3Yrf4, T1Yrr1

В  Фундамент моста  
 Учет сеймики

T 1  Висячие забивные, вдавливаемые всех видов и сваи-оболочки, погружаемые без выемки грунта (забивные сваи трения)  
2  Висячие набивные, буровые и сваи-оболочки, погружаемые с выемкой грунта и заполняемые бетоном (сваи трения)

R 1  Сваи фундаментов под внутренние перегородки одноэтажных производственных зданий  
2  Плотность песков определена по данным статического зондирования, сваи погружены без подныва или лидерных скважин  
x  Заполнение бетоном на высоту не менее трех диаметров полости свай

Буровые сваи:  
 сваи по п.б.4а\* или набивные виброштампованные, устраиваемые в пробитых скважинах путем заполнения скважин жесткой бетонной смесью  
 набивная и буровая свая с уширением и без уширения, свая-оболочка, погружаемая с полным удалением грунтового ядра  
 свая-оболочка, погружаемая с сохранением грунтового ядра на высоту 0,5 м  
 свая-оболочка, погружаемая с частичной выемкой грунта, но с сохранением грунтового ядра высотой не менее трех диаметров оболочки на последнем этапе ее погружения (при условии, что грунтовое ядро образовано из грунта, имеющего те же характеристики, что и грунт под нижним концом сваи-оболочки)

Y<sub>R,R</sub> 1  Сваи с камуфлетными расширениями или буроинъекционные РИТ (разрядно-импульсная технология)  
2  Сваи с уширениями, бетонируемые подводным способом  механическое разбуривание грунта, без бурового шлама "  
3  Другая (ни одна из пп. 1, 2, 4)  
4  Сваи с уширениями, бетонируемые насухо, механическое разбуривание грунта  без бурового шлама "

Y<sub>R,f</sub> 1  Набивные, а также сваи, устраиваемые с вытеснением грунта по 6.4а\* при погружении инвентарной трубы с теряемым наконечником или бетонной пробкой  
2  Набивные виброштампованные  
3  при отсутствии воды в скважине (сухим способом) и при использовании обсадных инвентарных труб, а также при выполнении их методом непрерывно перемещающегося шнека (НПШ)  
4  под водой или под глинистым раствором  
5  жесткими бетонными смесями, укладываемыми с помощью глубинной вибрации (сухим способом)  
6  Сваи-оболочки, погружаемые с выемкой грунта  
7  Сваи-столбы  
8  Буроинъекционные, изготовляемые под защитой обсадных труб или бентонитового раствора с опрессовкой давлением 200-400 кПа (2-4 атм), а также при выполнении их с инъекцией бетонной смеси через колонну проходных полых шнеков  
9  Буроинъекционная РИТ (разрядно-импульсная технология)

\* Сваи по п.б.4а — это набивные, устраиваемые путем погружения (забивкой, вдавливанием или завинчиванием) инвентарных труб, нижний конец которых закрыт и устанавливаемым в грунте башмаком (наконечником) или бетонной пробкой, с последующим заполнением скважин бетонной смесью, в том числе после устройства уширения из трамбованной сухой бетонной смеси.

YOU TEXT

Таблица с заданными параметрами свай в грунте для свай типа 1 и свай типа 2.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Изм. № подл.	Изд. и дата	Взаим. инв. №

Характеристики грунтов

№ ИГЭ	Наименование грунта	Пробная высность (длин)	Показатель текучести	Коэффициен т пористости	Модуль деформации (т/м <sup>2</sup> )	Коэффициен т Пуассона	Удельный вес грунта (т/м <sup>3</sup> )
1	Ил с пыльной	0.75		0.37	4000.000	0.300	2.120
2	Г алевникоый грунт, с песчаным заполнителем	0.75		0.39	5000.000	0.300	2.120
3	Г алевникоый грунт с песчаным заполнителем	0.26	W	0.38	5000.000	0.300	2.170
4	Песок средней крупности	0.89	W	0.50	5000.000	0.300	2.060
5	Г рандорит средней прочности	0.40		0.70	3896.000	0.300	2.690

Таблица с характеристиками грунтов основания

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

ИГЭ	Исполнитель (румял)	Мощность слоя	Глубина залегания
Средняя I	Абсолютная отметка устья 159.05	156.85	2.20
Координаты (1.00,-5.00)	Глубина свежести 15.00	155.55	1.30
1: Неясный		146.65	8.90
3: Галечниковый грунт с песчаным загелителем		144.05	2.60
4: Песок средней крупности			
5: Гранодисредней прочести			

Таблица с заданными параметрами в скважине

## 5. Список использованной литературы

1. СП 20.13330.2016 (Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\* «Нагрузки и воздействия») - М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2016;
2. СП 63.13330.2018 (Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции») - М.: Минрегион России, 2018;
3. СП 22.13330.2016 (Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\* «Основания зданий и сооружений») - М.: Минрегион России, 2016;
4. СП 52-103-2007 «Железобетонные монолитные конструкции зданий» - М.: ФГУП «НИЦ «Строительство», 2007;
5. СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры» - М.: ГУП «НИИЖБ», ФГУП ЦПП, 2004;
6. ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования» - М.: Стандартинформ, 2014;
7. Справочное пособие к СНиП 2.09.03-85 «Проектирование подпорных стен и стен подвалов».
8. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. «Компьютерные модели конструкций». – М.: Ассоциация строительных вузов, 2003;
9. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций ЛИРА2022 R1.1 (руководство пользователя) - Киев: НИИ АСС, 2002;
10. ЛИРА 2022 Примеры расчета и проектирования (учебное пособие) - Киев: ФАКТ, 2021;
11. ЛИРА 2022 Примеры расчета и проектирования (учебное пособие) - Киев: ФАКТ, 2021;

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

6. Сертификат

Система добровольной сертификации  
«Федеральный центр  
сертификации программного обеспечения «АВОК»  
(СДС ФЦСПО «АВОК»)

Регистрационный номер в реестре зарегистрированных систем  
добровольной сертификации № РОСС RU.32123.04АВКО

Создатель Системы ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС»  
Адрес: 127235, г. Москва, Дмитровское шоссе, дом 46, корпус 2, ком. 17

**СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ**

**№ 002-2021**

Настоящий сертификат удостоверяет, что программа

**«Программный комплекс  
ЛПРА-САПР»**

соответствует требованиям

ГОСТ 28195-92, ГОСТ 28866-92, ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93, ГОСТ Р ИСО 9127-94,  
ГОСТ ИСО/МЭК 21521:2010, СП 14.13330.2018 (СНиП II-7-81\*),  
СП 15.13330.2020 (СНиП II-22-81\*), СП 16.13330.2017 (СНиП II-23-81\*),  
СП 20.13330.2016 (СНиП 2.01.07-85\*), СП 22.13330.2016 (СНиП 2.02.01-83\*),  
СП 24.13330.2011 (СНиП 2.02.03-85\*), СП 35.13330.2011 (СНиП 2.05.03-84\*),  
СП 63.13330.2018 (СНиП 52-01-2003), СП 266.1325800.2016, СП 263.1325800.2016,  
СП 294.1325800.2017, СП 295.1325800.2017, СП 328.1325800.2020,  
СП 331.1325800.2017, СП 333.1325800.2020, СП 335.1325800.2017,  
СП 260.1325800.2016, СП 296.1325800.2017, СП 385.1325800.2018,  
СТО 36554501-ОС6-2006, СП 50-101-2004, СП 50-102-2003, СП 52-101-2003,  
СП 52-103-2007, СП 53-102-2004, СП 31-114-2004, ГОСТ 27751-2014, ТСН 192-00\*,  
НП 031-01.

Дата выдачи: 19.08.2021  
Действительно до: 10.08.2024



СИСТЕМА ДОБРОВОЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ

Руководитель СДС ФЦСПО «АВОК»  
Жучков А.Г.



Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

## Расчет анкерных болтов в опорных узлах стоек шахтной лестницы

Нагрузка для расчета фундаментных болтов принята суммой расчетных усилий в четырех стойках шахтной лестницы. Линейные размеры для расчета приняты по размерам между болтами шахтной лестницы, т.е. эмитируется сквозное коробчатое сечение опоры (габаритами в плане шахтной лестницы) оперирующееся на фундамент.

### Расчетная нагрузка в опорном узле:

$$N = 11.72\text{т};$$

$$N_{\min} = 0.7 \times 11.72 = 8.204\text{т};$$

$$M = 1.076\text{т};$$

$$Q = 0.888\text{т}.$$

### Расчет

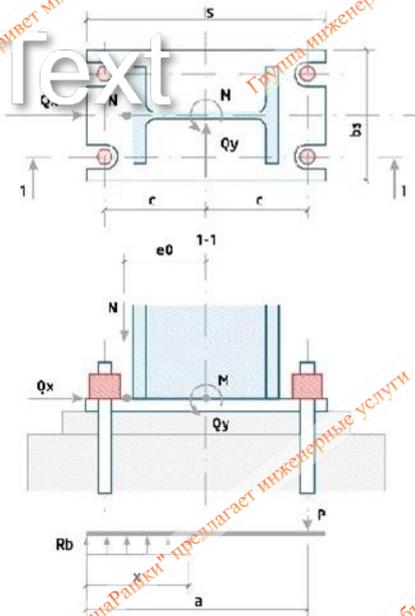
#### ДЛЯ КАКИХ ЦЕЛЕЙ

ДЛЯ СКВОЗНЫХ  
КОЛОНН

Your Text

#### УСИЛИЯ РАЗМЕРЫ

$N$ (Т)	1	$l_s$
(ММ)		
$N_{\min}$	1	$b_s$
(Т)		(ММ)
$M$	$\epsilon$	$c$
(Т·М)		(ММ)
$Q$ (Т)	$n$	$p$
		(ШТ)



$N$  - нормальная сила, положительно направлена вниз

$N_{\min}$  - минимальная нормальная сила от которой определяется сдвиговое усилие

$M$  - момент в плоскости колонны

$Q$  - горизонтальная нагрузка

$l_s$  - длина опорной плиты колонны

$b_s$  - ширина опорной плиты колонны

$c$  - расстояние от оси колонны до болта; считается что болты располагаются симметрично; не может быть больше  $l_s/2$

$n$  - количество болтов на одной стороне

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Изм. № подл.	Подл. и дата	Взаим. инв. №			

## БОЛТЫ

Диаметр

(мм)

Тип

Сталь

## БЕТОН

Класс

## КОЭФФИЦИЕНТ

## ДИНАМ. НАГРУЗКА

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА

[Перейти к  
результату](#)

Диаметр болта - выбрать из списка

Тип болта - выбрать из списка: с отгибом, в анкерной плитой глухой или съёмный, прямой, конический (распорный).

Марка стали болта - выбрать из списка из двух возможным вариантов согласно СП 16.13330.2011

Класс бетона - выбрать из списка класс бетона фундамента.

Коэффициент  $k_0$  - выбрать из списка; коэффициент, зависящий от типа сооружения, типа нагрузки и типа болта.

Проверка на выносливость - поставить или убрать галочку; выполняется при наличии динамических нагрузок. При выборе коэффициента  $k_0$  автоматически принимает значение для динамических нагрузок.

Коэффициент  $\alpha$  - выбрать из списка; зависит от количества циклов нагружения.

1. Расстояние от равнодействующей усилий в растянутых болтах до противоположной грани плиты:

$$l_a = l_s - (l_s - 2 \cdot c) / 2 = 1920 - (1920 - 2 \cdot 860) / 2 = 1820 \text{ мм} = 1.820 \text{ м}$$

2. Эксцентриситет приложения нагрузки:

$$e_0 = M / N = 1.076 / 11.72 = 0.092 \text{ м}$$

3. Расчётное сопротивление бетона фундамента осевому сжатию:

$$\text{Для бетона класса B25 } R_b = 14.5 \text{ МПа} = 1478.08 \text{ т/м}^2$$

4. Высота сжатой зоны бетона под опорной плитой базы колонны:

$$\chi = l_a - \sqrt{(l_a^2 - 2 \cdot N \cdot (e_0 + c)) / (R_{bt} \cdot b_s)} = 1.820 - \sqrt{(1.820^2 - 2 \cdot 11.72 \cdot (0.092 + 0.860)) / (1478.084 \cdot 1.920)} = 0.002 \text{ м}$$

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

5. Расчётное сопротивление стали 09Г2С-4, 09Г2С-6 растяжению для болта М24

$$R_{ba} = 245 \text{ МПа}$$

6. Проверка прочности бетонного основания:

$$\xi_R = (0.85 - 0.008 \cdot R_b) / (1 + (R_{ba} / 400) \cdot (1 - (0.85 - 0.008 \cdot R_b) / 1.1)) =$$

$$(0.85 - 0.008 \cdot 14.5) / (1 + (245 / 400) \cdot (1 - (0.85 - 0.008 \cdot 14.5) / 1.1)) = 0.610$$

$$x \leq \xi_R \cdot l_a \rightarrow 0.002 \leq 0.610 \cdot 1.820 \rightarrow 0.002 \leq 1.110 \rightarrow \text{Условие выполняется}$$

7. Значение расчётной нагрузки, приходящейся на один болт:

$$P = (R_b \cdot b_s \cdot x - N) / n = (1478.084 \cdot 1.920 \cdot 0.002 - 11.72) / 2 = -2.794 \text{ т}$$

8. Площадь поперечного сечения болта (по резьбе) по условию прочности:

Нагрузка на болт отрицательная, следовательно болты ставятся конструктивно

9. Проверка площади сечения болтов при динамической нагрузке на выносливость:

Нагрузка на болт отрицательная, следовательно болты ставятся конструктивно

10. Величина предварительной затяжки болта:

Конструктивные болты следует затягивать на допустимый максимальный крутящий момент

11. Проверка возможности восприятия сдвигающей силы в плоскости сопряжения базы колонны с фундаментом:

коэффициент трения  $f = 0.25$

$$Q_x \leq f \cdot (n \cdot A_{sa} \cdot R_{ba} / 4 + N_{\min})$$

$$0.888 \leq 0.25 \cdot (2 \cdot 3.52 \cdot 2.497 / 4 + 8.204)$$

$$0.888 \leq 3.15 \rightarrow \text{Условие выполняется}$$

12. Минимальная глубину заделки болтов в бетон:

Расчётное сопротивление бетона растяжению:

$$R_{bt}^{12.5} = 0.66 \text{ МПа}$$

$$R_{bt}^{B25} = 1.05 \text{ МПа}$$

$$m_1 = R_{bt}^{12.5} / R_{bt}^{B25} = 0.66 / 1.05 = 0.63$$

Расчётное сопротивление стали растяжению:

$$R_{ba}^{BСтЗкп2} = 185 \text{ МПа}$$

$$R_{ba}^{09Г2С} = 245 \text{ МПа}$$

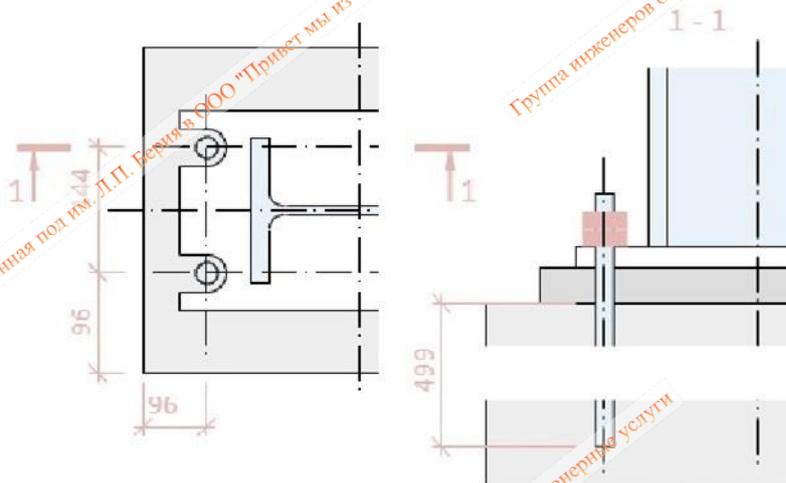
Изм. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата

$$m_2 = R^{09Г2С}_{ba} / R^{ВСтЗкп2}_{ba} = 245 / 185 = 1.32$$

$$H_0 = H \cdot m_1 \cdot m_2 = 25 \cdot 24 \cdot 0.63 \cdot 1.32 = 499.46 \text{ мм}$$

### Минимальные расстояния



### Подобранный фундаментный болт

болт фундаментный 1, M24x600 сталь 09Г2С-12 по ГОСТ 24379.1-12

Your text

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

Your text