



Общество с ограниченной ответственностью
«НОВЫЕ РЕСУРСЫ»

Заказчик – ПАО «Нижнекамскнефтехим»

**Строительство магистрального этиленопровода
«Нижнекамск - Казань» и модернизация объектов для
транспортировки этилена
(с учетом дополнительных объемов от ЭП-600)**

Конструктивные решения

НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2

Книга 2. Графическая часть

2024



Общество с ограниченной ответственностью
«НОВЫЕ РЕСУРСЫ»

Заказчик – ПАО «Нижнекамскнефтехим»

Строительство магистрального этиленопровода
«Нижнекамск - Казань» и модернизация объектов для
транспортировки этилена
(с учетом дополнительных объемов от ЭП-600)

Конструктивные решения

НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2

Книга 2. Графическая часть

Руководитель проектов

(подпись, дата)

А.С. Махов

Главный инженер проекта

(подпись, дата)

С.А. Дордий

Инд. № подл.	00000905
Подп. и дата	
Взам. инв. №	

2024



vira realtime
АВТОМАТИЗАЦИЯ И СВЯЗЬ

ООО «НПА ВИРА РЕАЛТАЙМ», 107589, МОСКВА, УЛ. КРАСНОЯРСКАЯ, ДОМ 1, КОРП. 1, ТЕЛ.: +7 (495) 723 75 59, ФАКС: +7 (495) 662 56 92,
HTTP://WWW.RLT.RU, E-MAIL: RLT@RLT.RU, ОКПО 52786027, ОГРН 1037739551904, ИНН/КПП 7719202425/771801001

Заказчик – ПАО «Нижнекамскнефтехим»

**Строительство магистрального этиленопровода
«Нижнекамск - Казань» и модернизация объектов для
транспортировки этилена
(с учетом дополнительных объемов от ЭП-600)**

Конструктивные решения

НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2

Книга 2. Графическая часть

Руководитель проектов

(подпись, дата)

Н.Ю. Бордунов

Главный инженер проекта

(подпись, дата)

А.В. Бабков

Инд. № подл. 00000905	Подп. и дата	Взам. инв. №
--------------------------	--------------	--------------

2024

СОДЕРЖАНИЕ ДОКУМЕНТА

Обозначение	Наименование	Примечание
НКНХ.5273-ПД-СП	Состав проектной документации	Выпускается отдельным документом
НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2-С	Содержание документа	Лист 2
НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2	Графическая часть. Конструктивные решения	Лист 3

Взам. инв. №									
	Подп. и дата								
Изм.		Кол.уч	Лист	Недок.	Подп.	Дата	НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2-С		
Инва. № подл. 00000905	Разраб.	Сысоев				Содержание документа	Стадия	Лист	Листов
	Рук. гр.	Бордунов							15
	Гл. спец.	Османов					 vira realtime автоматизация и связь		
	Н. контр.	Халтурин							
	ГИП	Бабков							

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Выполненный раздел текстовой части	Отдел, должность, И.О. Фамилия	Подпись Дата

Согласовано (при необходимости)

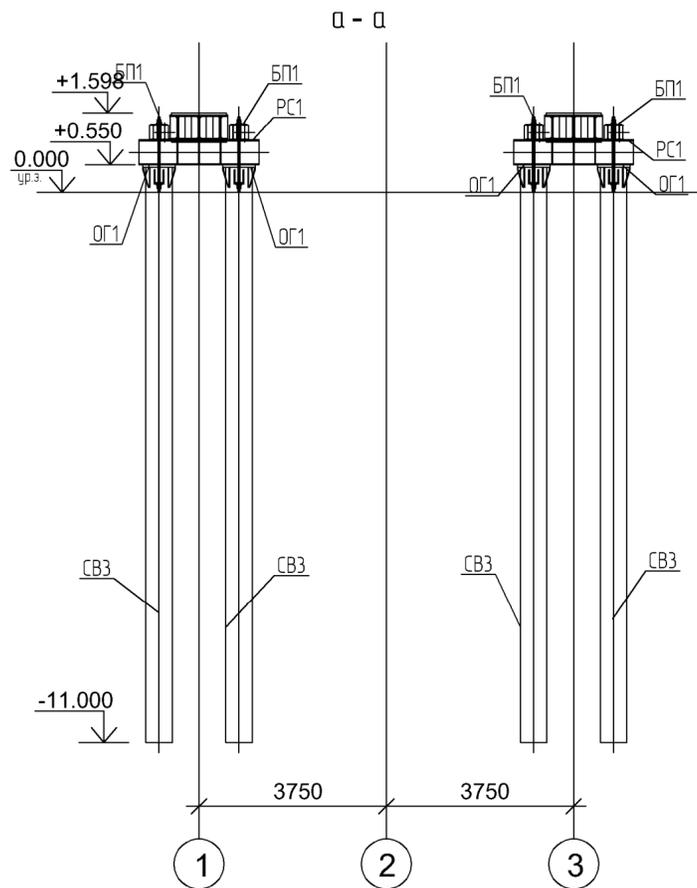
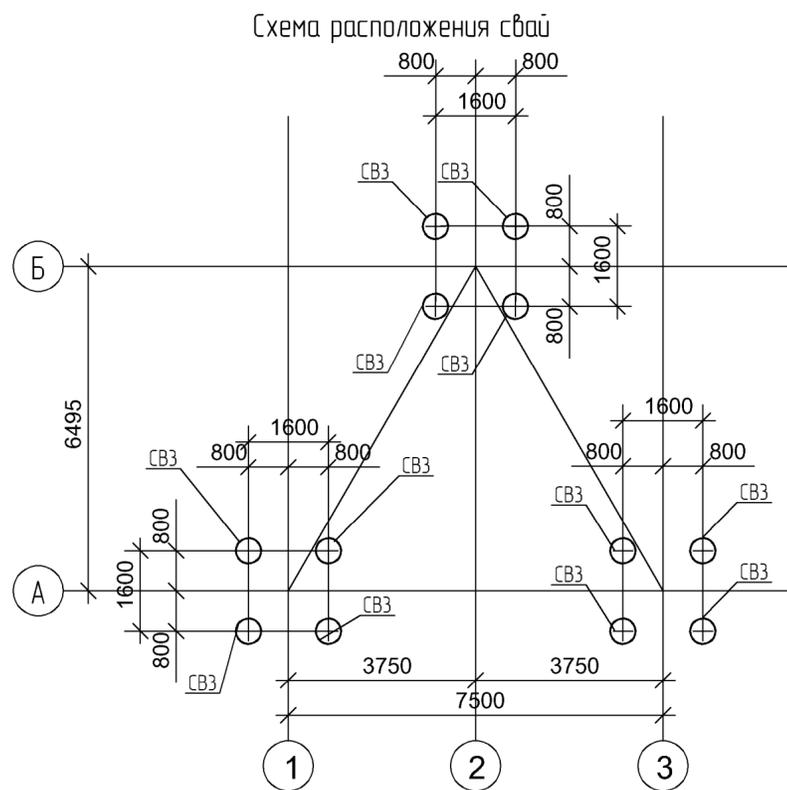
[Должность]

(Подпись, дата)

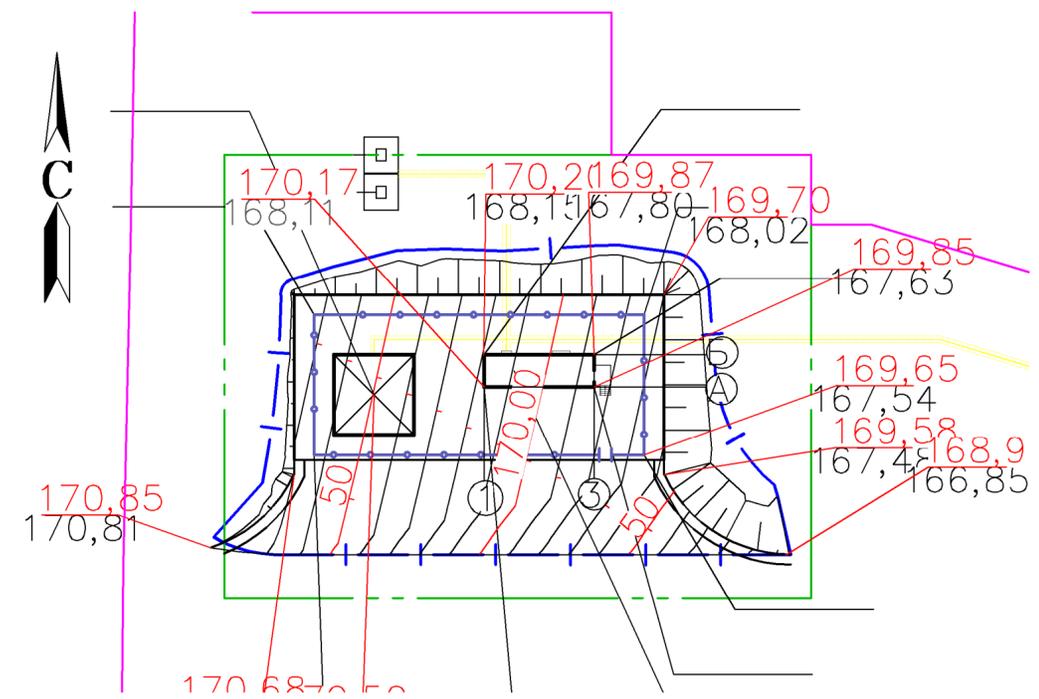
[И.О. Фамилия]

И.О. Фамилия	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
									4
И.О. Фамилия	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2
00000905									

Фундамент Тип 3



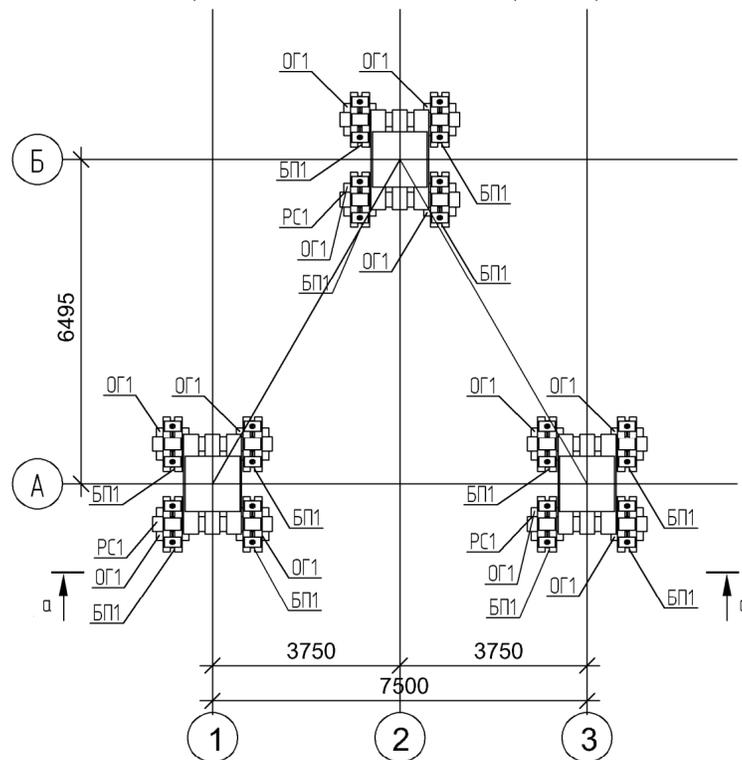
План расположения площадки монтажа башни связи



Спецификация к схеме расположения

Марка	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1		Свая СВ3	12	
2		Оголобок ОГ1	12	
3		Растверк РС1	3	
4		Балка прижимная БП1	12	

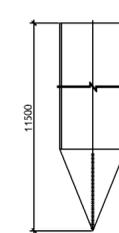
Схема расположения оголовок и растверков



Инженерно-геологическая колонка скважины

Местоположение скважины:					Скв. 2м/1	
М 1:100					Дата бурения: 15.03.2024	
Абсолютная отметка устья: 204.70					Уровень грунтовых вод	
					Дата замера	
					появившийся	
					установившийся	
Стратиграфический индекс	Абсолютная отметка, м	Глубина, полой слой, м	Толщина слоя, м	Описание грунта	Разрез скважины	Глубина отбора образцов грунта и проб воды
soIQIV	204.30	0.40	0.40	ПРС -		
	202.20	2.50	2.10	Суглинок тяжелый песчаный тугопластичный ненабухающий сладопучинистый	23200к-4	1 ■ 0.9 ■ 1.2-1.4
	200.40	4.30	1.80	Суглинок тяжелый песчаный полутвердый сладонабухающий сладопучинистый	23200к-4	2 ■ 2.8-3.0
сQI-III	199.50	5.20	0.90	Суглинок тяжелый песчаный тугопластичный ненабухающий сладопучинистый	23200к-4	3 ■ 4.7-4.8
						4 ■ 6.5-6.7
						5 ■ 8.0-8.2
						6 ■ 9.4-9.6
						7 ■ 11.00
						8 ■ 11.5-11.7
						9 ■ 13.4-13.6
						10 ■ 13.7-13.9
				Глина легкая пылеватая с щебнем полутвердая сладонабухающая сладопучинистая		
eP2t	189.70	15.00	9.80			

Свая СВ3



Расчетные нагрузки на фундамент

Максимальные нагрузки анкерную деталь:

	N, кН	Q, кН
Прижим	873,9	84,8
Отрыв	761,4	75,9

Максимальные нагрузки на фундамент в целом:

$N = 226,7 \text{ кН}$

$Q = 132,2 \text{ кН}$

$M = 5295,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Максимальные нагрузки на центральный ствол

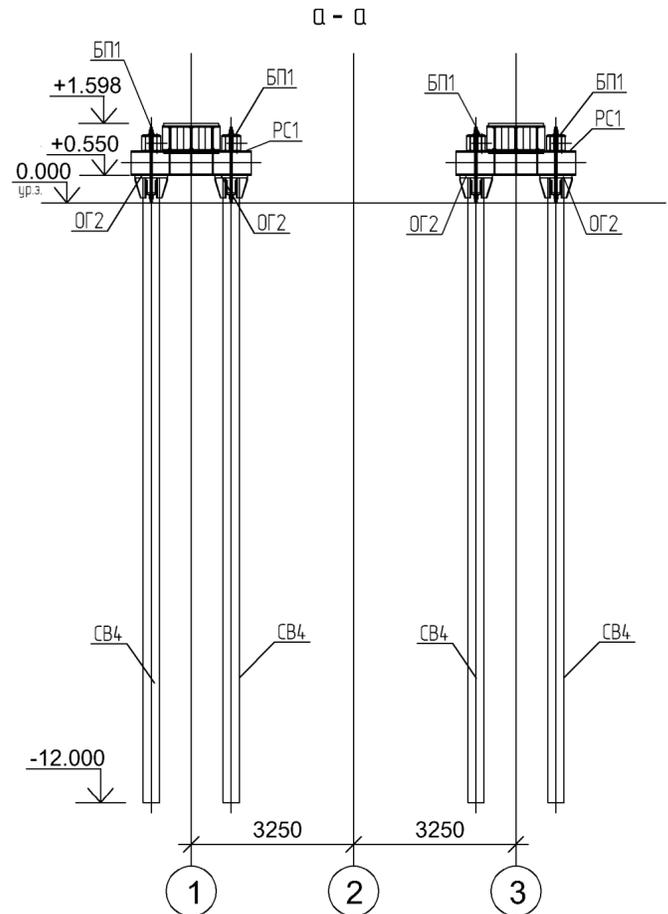
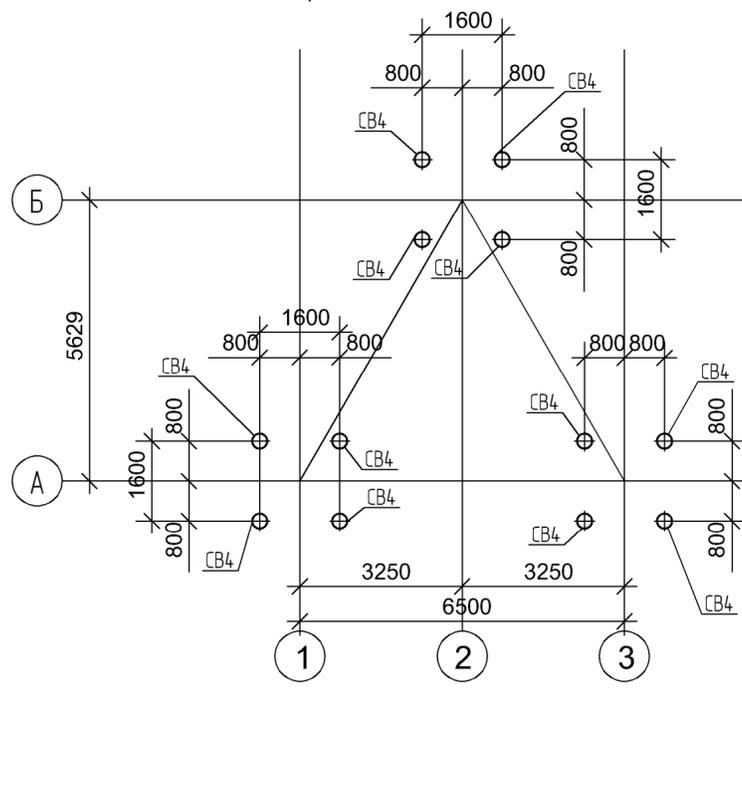
$N = 75,8 \text{ кН}$

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
		Детали			
1		○ 530x14.0 ГОСТ Р 58064-2018 C255 ГОСТ 27772-2015	L=1500	2047.7	2047.71

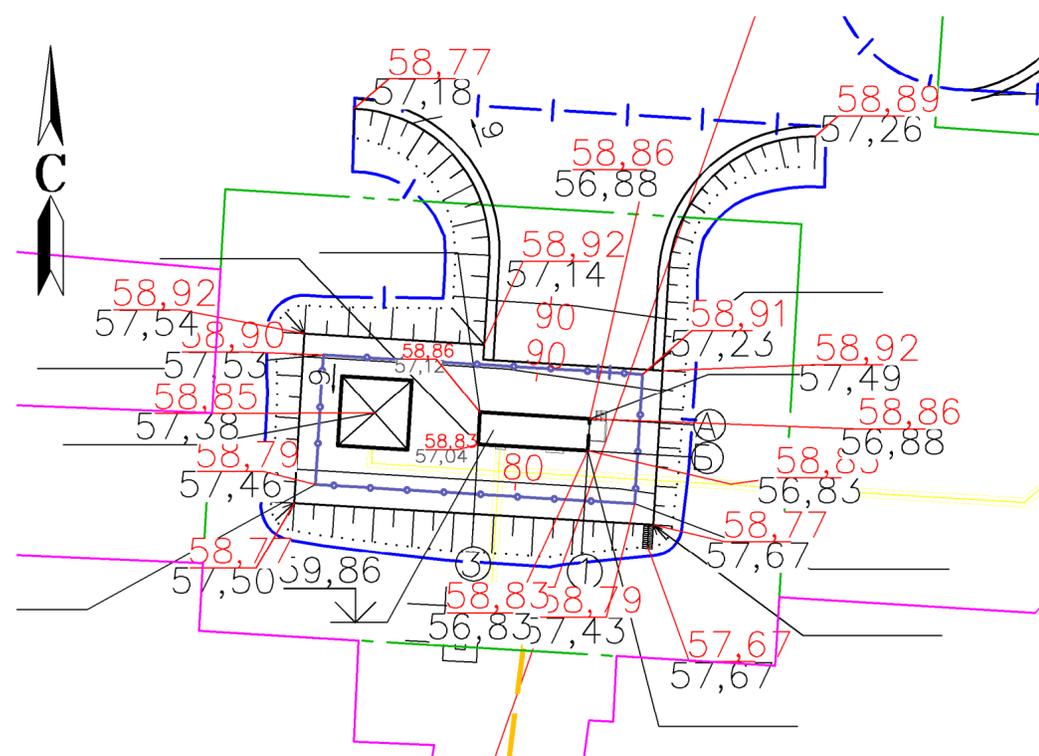
НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2					
"Реконструкция линейного сооружения - имуществомный комплекс «Управление этиленопроводов» на участке Нижнекамск - Казань. Модернизация объектов для транспортировки этилена с учётом дополнительных объёмов от ЭП-600"					
Изм.	Кол. уч.	Лист N док.	Подп.	Дата	
Разработал	Сысоев			08.24	
Рук. группы	Бордунов			08.24	
Гл. спец.	Османов			08.24	
Н.контр.	Халтурин			08.24	
ГИП	Байков			08.24	
Площадка монтажа АМС ОКУ Нижнекамской КС				Стадия	Лист
План расположения фундаментов М 1:500				П	3

Фундамент Тип 4

Схема расположения свай



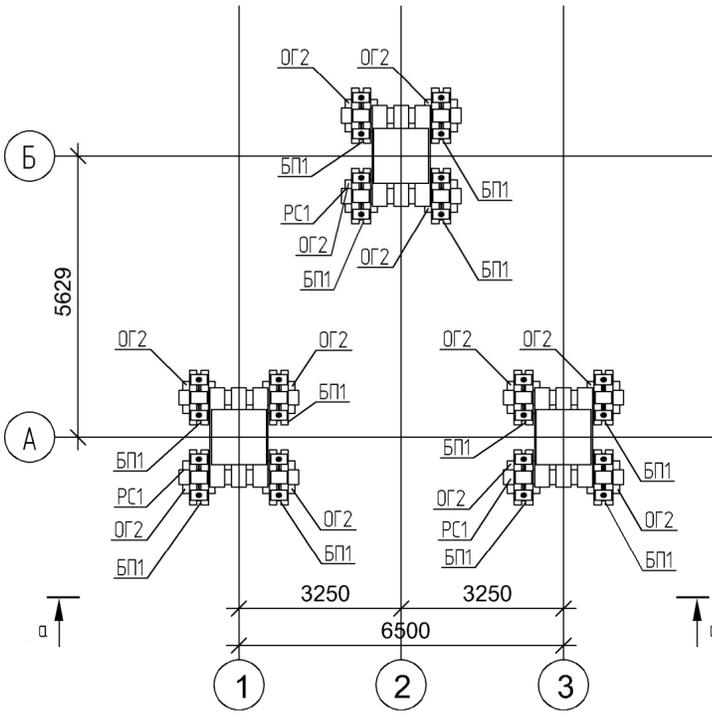
План расположения площадки монтажа башни связи



Спецификация к схеме расположения

Марка	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1		Свая СВ4	12	
2		Оголовок ОГ2	12	
3		Ростверк РС1	3	
4		Балка прижимная БП1	12	

Схема расположения оголовок и ростверков

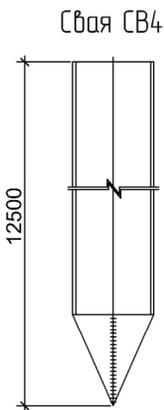


Инженерно-геологическая колонка скважины

Местоположение скважины: М 1:100 Скв. 5/ИМС

Абсолютная отметка устья: 80.20 Дата бурения: 16.05.2024

Спелитер. индекс	Абсолютная отметка, м	Глубина, м	Мощность слоя, м	Описание грунтов	Разрез скважины	Глубина отбора образцов грунта и проб воды	
						повысившийся	установившийся
IV	80.00	0.20	0.20	Почвенно-растительный слой	0.8		
а01-III	78.50	1.70	1.50	Суглинок темно-коричневый, коричневый, легкий, пылеватый, мелкопластичный	22400-7		
а01-III	72.80	7.40	5.70	Песок желтовато-коричневый, мелкий, средней плотности, малой степени водонасыщения	44220-7		
а01-III	68.20	12.00	4.60	Суглинок коричневый, легкий, пылеватый, тугопластичный, в инт. 11,2-12,0 м полутвердый, с прослойками песка	22300-7	11.20	12.00
а01-III	60.20	20.00	8.00	Песок коричневый, мелкий, средней плотности, водонасыщенный, с включениями гравия до 10%, с редкими прослойками суглинка, в инт. 12,0-17,7 с частыми включениями гравия и гальки	44320-7		



Расчетные нагрузки на фундамент

Максимальные нагрузки анкерную деталь:

	N, кН	Q, кН
Прижим	674,6	65,5
Отрыв	591,5	59,7

Максимальные нагрузки на фундамент в целом:

N = 169,7 кН
Q = 104,0 кН
M = 3563,3 кН·м

Максимальные нагрузки на центральный ствол:

N = 63,8 кН

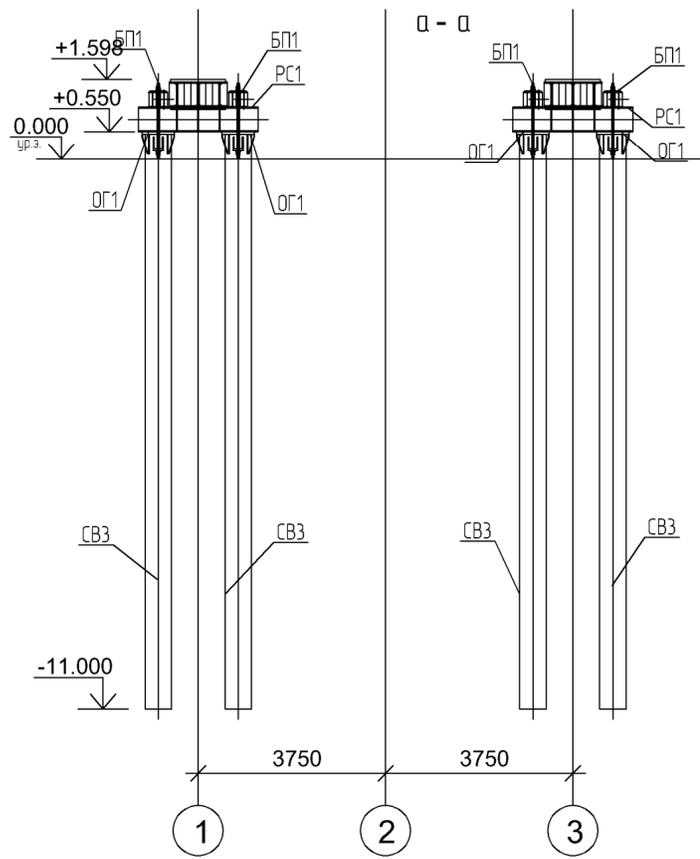
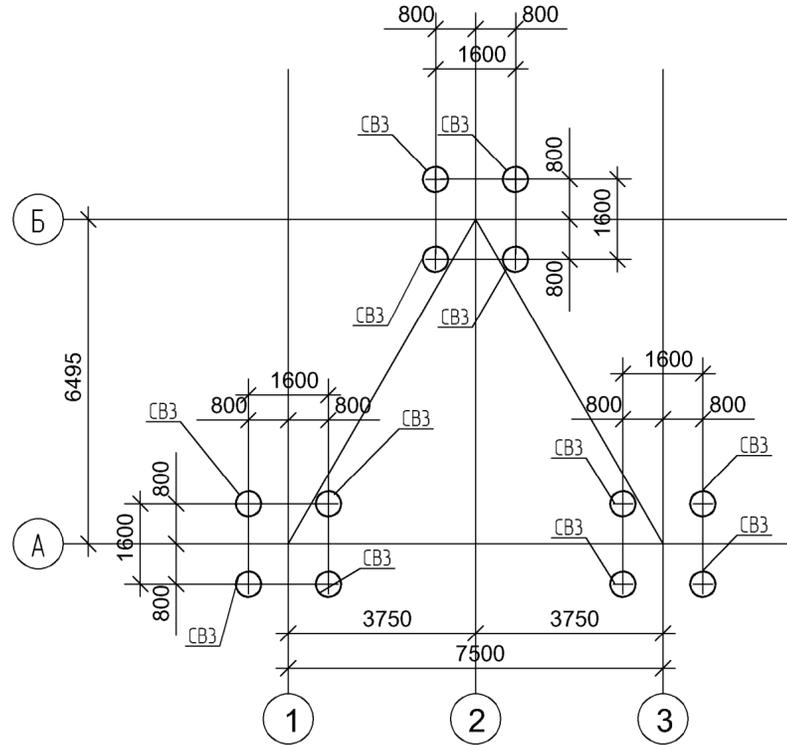
Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
1		Детали ○ 325x12.0 ГОСТ Р 58064-2018 C255 ГОСТ 27772-2015 L=42500	1	1157.29	157.29

НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2					
"Реконструкция линейного сооружения - имуществом комплекс «Управление этиленопроводов» на участке Нижнекамск - Казань. Модернизация объектов для транспортировки этилена с учётом дополнительных объёмов от ЭП-600"					
Изм.	Кол. уч.	Лист N док.	Подп.	Дата	
Разработал		Сысоев		08.24	
Рук. группы		Бордунов		08.24	
Гл. спец.		Османов		08.24	
Н.контр.		Халтурин		08.24	
ГИП		Байков		08.24	
Площадка монтажа АМС КУ 31 км				Стадия	Лист
План расположения фундаментов М 1:500				П	5

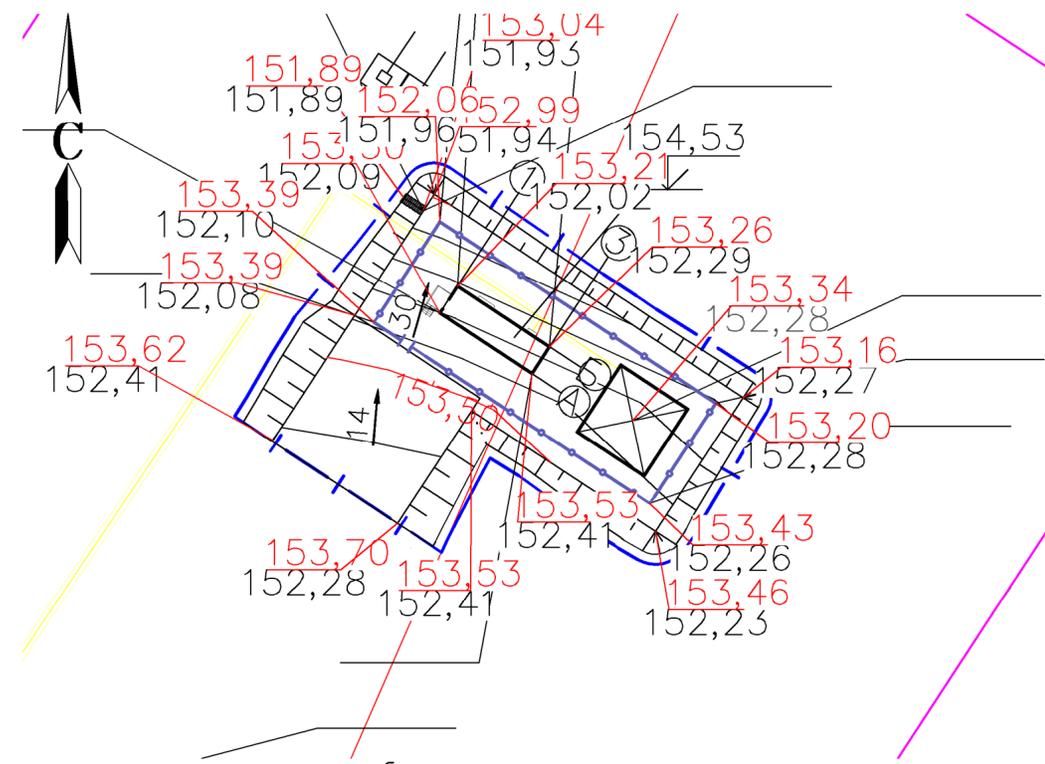
СВЛАСОВАНО
Фамилия Подпись Дата
Имя И.И.И. Подп. и дата
00000905

Фундамент Тип 3

Схема расположения свай



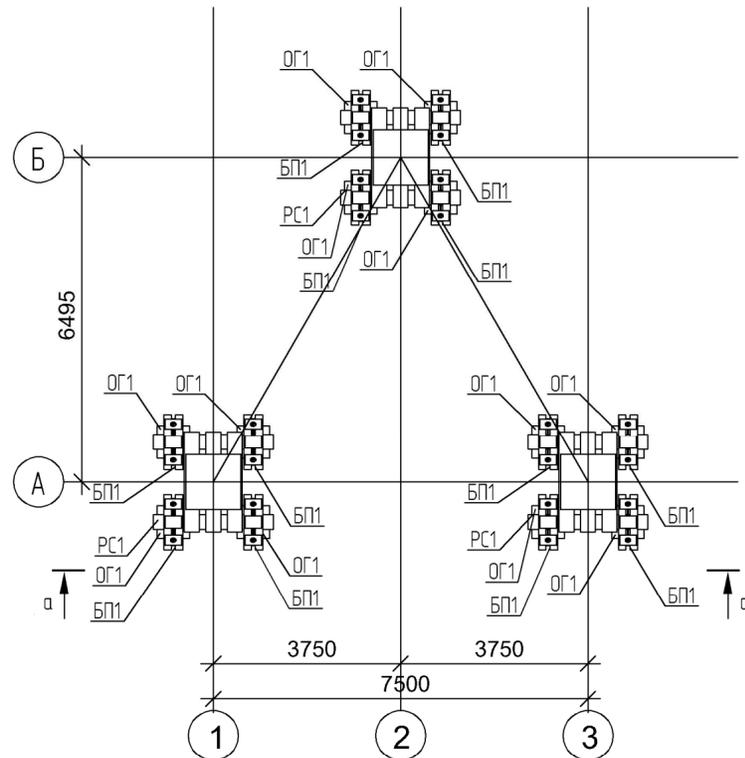
План расположения площадки монтажа башни связи



Спецификация к схеме расположения

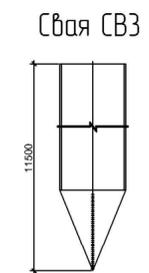
Марка	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1		Свая СВ3	12	
2		Оголовок ОГ1	12	
3		Растверк РС1	3	
4		Балка прижимная БП1	12	

Схема расположения оголовок и растверков



Местоположение свай: М 1:100
Абсолютная отметка устья: 149.80
Сейс. 30/03/2024
Дата вычисления: 30.03.2024

Сурфакт. индекс	Абсолютная отметка, м	Глубина погружения, м	Расстояние от ств. 1, м	Описание грунта	Разрез свай	Глубина отбора проб грунта и воды
42/IV	149.80	0.20	0.20	Пылево-растительный слой, 42/IV	42/IV-0.2	0.20
14/II	150	1.30	1.30	Песок мелкий коричневый, влажный, в интервале 15-155 прослой известняка выветрелого до дресвы, в интервале 4.0-5.0 прослой суглинка лессового, с обломками белоглинки дресвы известняка, 14-II	44220-4	1.30
40/III	144.80	5.00	3.50	Глина красно-коричневая, пластичная, в интервалах 5.3-5.4, 7.5-7.8 прослой лессовидной суглинка серого выветрелого до дресвы, в интервалах 5.2-5.4, 7.5-7.8 прослой известняка выветрелого до дресвы, 40/III	44220-5	5.00
14/II	148	8.00	3.00	Глина красно-коричневая, пластичная, в интервалах 8.3-8.4, 12.5-12.8 прослой лессовидной суглинка серого выветрелого до дресвы, 14/II	44220-8	8.00
14/II	140.10	9.70	1.70	Глина красно-коричневая, пластичная, в интервалах 9.3-9.4, 12.5-12.8 прослой лессовидной суглинка серого выветрелого до дресвы, 14/II	44220-9	9.70
14/II	138.40	11.20	1.50	Глина красно-коричневая, пластичная, в интервалах 11.3-11.4, 12.5-12.8 прослой лессовидной суглинка серого выветрелого до дресвы, 14/II	45220-10	11.20
14/II	137.30	12.50	1.30	Глина красно-коричневая, влажная, в интервале 12.4-12.5 прослой глины жирной и обломки известняка, 14/II	44220-10	12.50
19/II	130.80	19.00	6.50	Лесовидный выветрелый до песка мелкий, красно-коричневый, водонасыщенный, с прослойками до 15 см, 19/II	44220-19	19.00
19/II	127.80	22.00	3.00	Лесовидный выветрелый до песка мелкий, красно-коричневый, водонасыщенный, с прослойками до 15 см, 19/II	44220-19	22.00
19/II	126.80	23.00	1.00	Глина красно-коричневая, пластичная, в интервале 23.35-25.4 прослой в ленту, в интервалах 27.4-27.4, 28.4-28.4 прослой лессовидная выветрелого, 19/II	44220-19	23.00



Расчетные нагрузки на фундамент

Максимальные нагрузки анкерную деталь:

	N, кН	Q, кН
Прижим	873,9	84,8
Отрыв	761,4	75,9

Максимальные нагрузки на фундамент в целом:

N = 226,7 кН
Q = 132,2 кН
M = 5295,5 кН·м

Максимальные нагрузки на центральный ствол

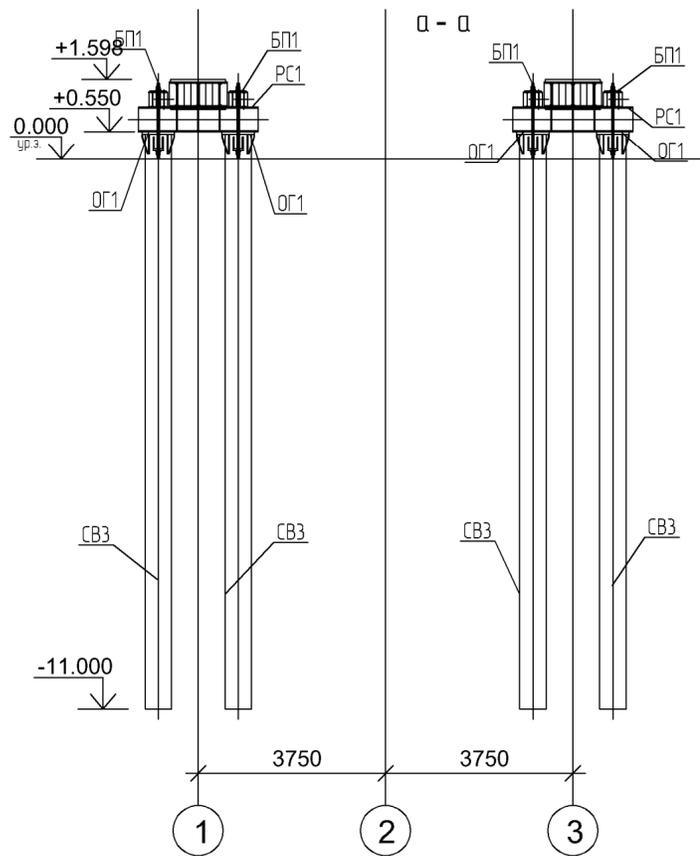
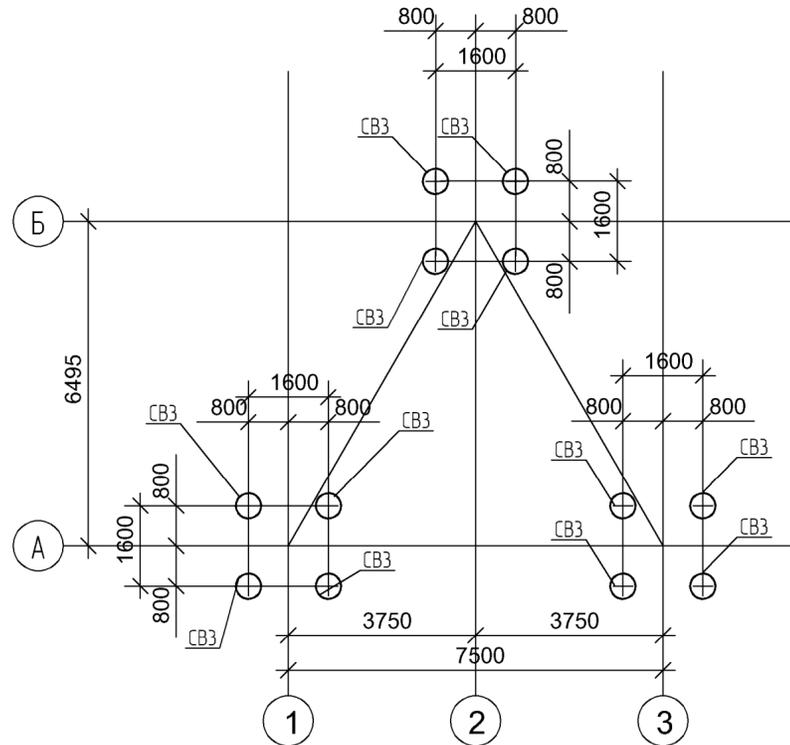
N = 75,8 кН

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
1		Детали			
		○ 530x14,0 ГОСТ Р 58064-2018 L=15001 C255 ГОСТ 27772-2015		2047.7	2047.71

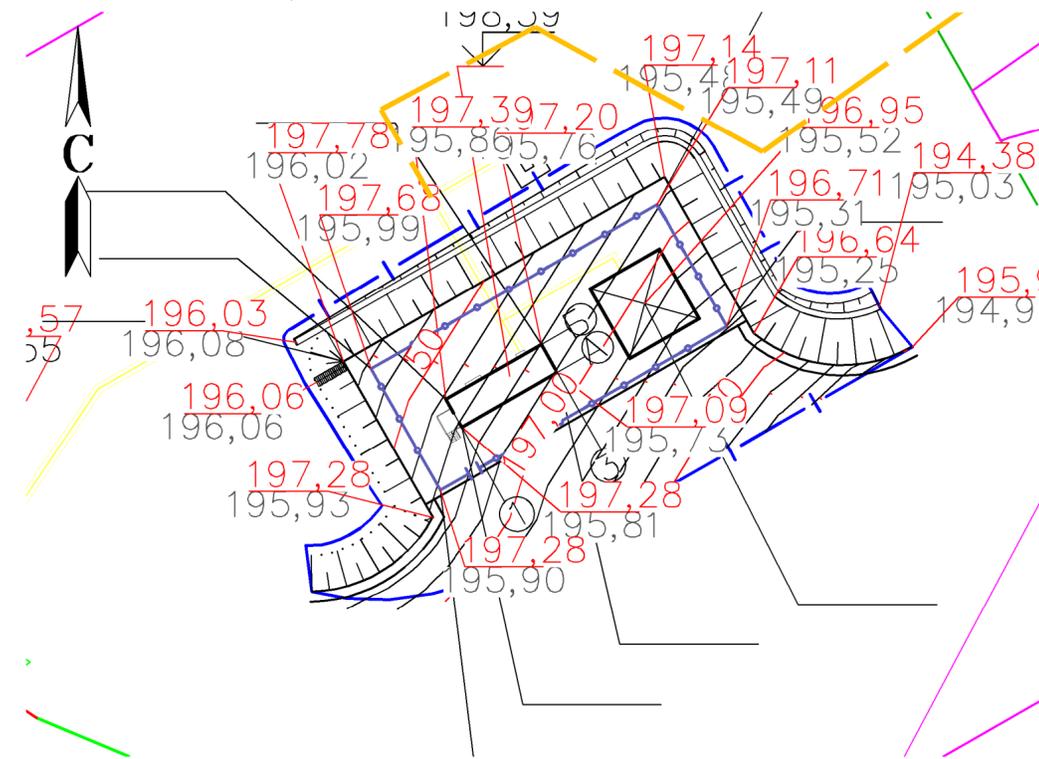
НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2					
"Реконструкция линейного сооружения - имуществом комплекс «Управление этиленопроводов» на участке Нижнекамск - Казань. Модернизация объектов для транспортировки этилена с учетом дополнительных объемов от ЭП-600"					
Изм.	Кол. уч.	Лист N док.	Подп.	Дата	
Разработал	Сысов			08.24	
Рук. группы	Бордунов			08.24	
Гл. спец.	Османов			08.24	
Н.контр.	Халтурин			08.24	
ГИП	Байков			08.24	
Площадка монтажа АМС КУ 45 км				Стадия	Лист
План расположения фундаментов М 1:500				П	6

Фундамент Тип 3

Схема расположения свай



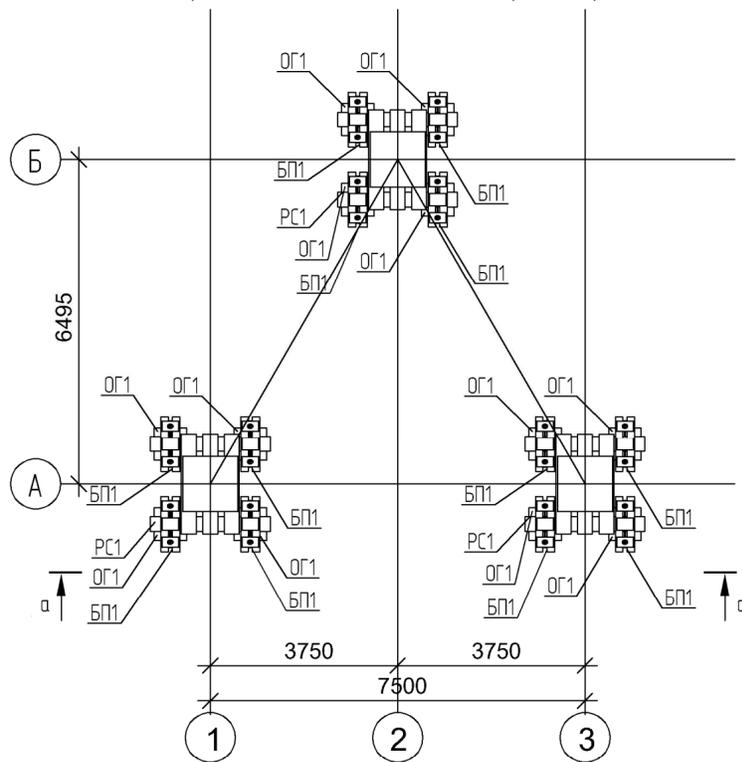
План расположения площадки монтажа дашни связи



Спецификация к схеме расположения

Марка	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1		Свая СВ3	12	
2		Оголовок ОГ1	12	
3		Растверк РС1	3	
4		Балка прижимная БП1	12	

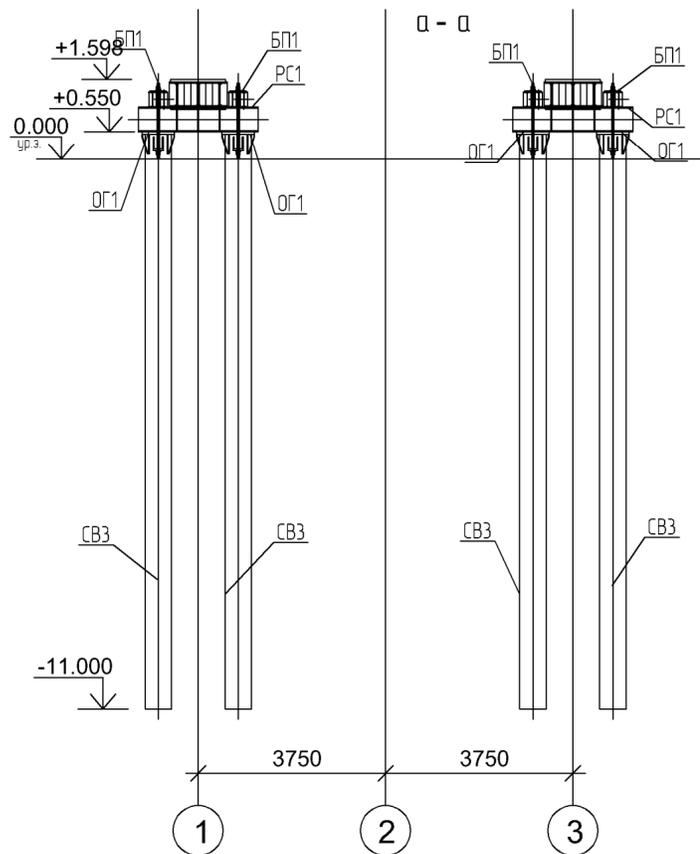
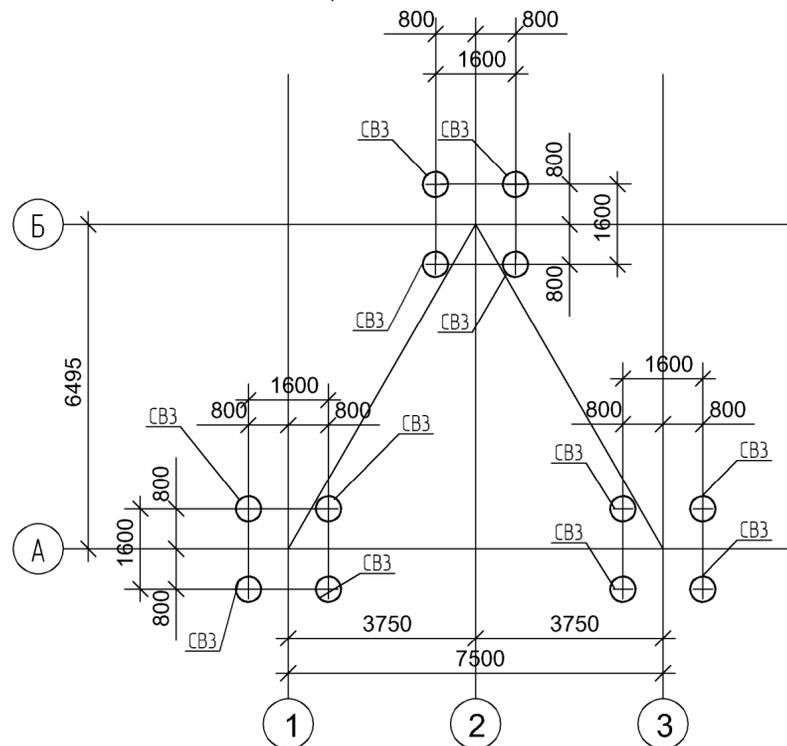
Схема расположения оголовок и растверков



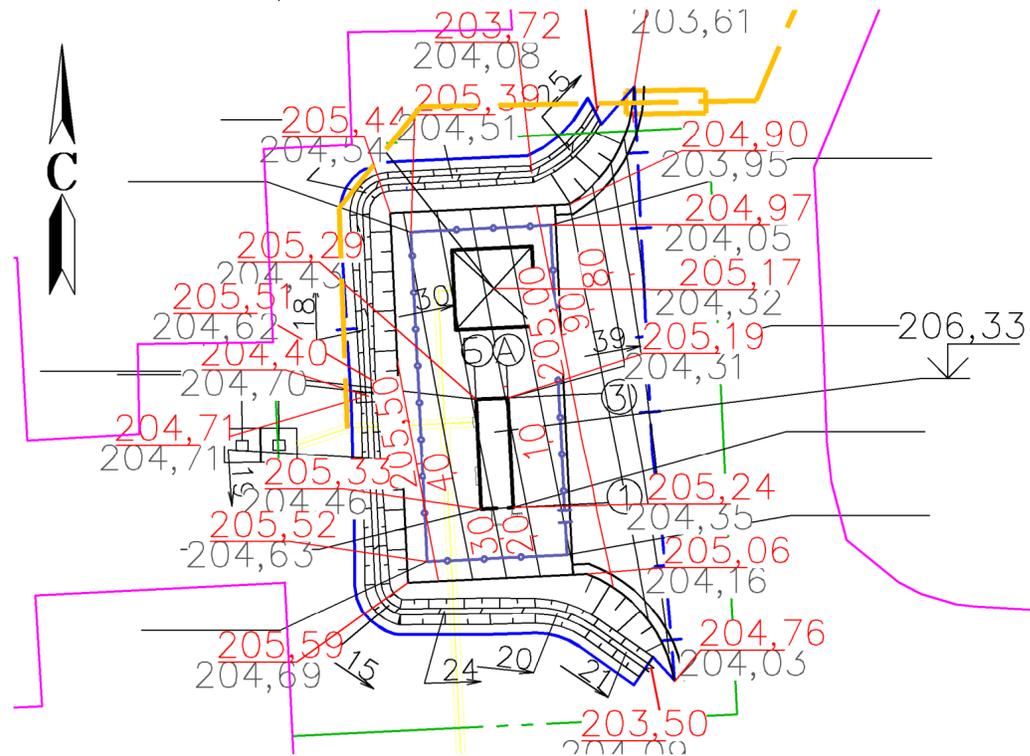
Местоположение скважины:					Скв. № 2/МС	
М 1:100					Дата бурения: 05.06.2024	
Абсолютная отметка устья: 195.56					Уровень грунтовых вод	
					Дата замера	
Степень завершенности	Абсолютная отметка, м	Глубина скважины, м	Мощность слоя, м	Описание грунтов	Разрез скважины	Глубина отбора образцов грунта и проб воды
заг.IV	195.26	0.30	0.30	ПС -	11200к-4	0.5-0.7
	194.26	1.30	1.00	Глина легкая песчаная полутвердая слабовдухающая слабодушистая	11200к-4	1.8-2.0
					11300к-4	3.0-3.2
					11300к-4	4.4-5.0
					11300к-4	5.0-5.5
					11300к-4	6.0-6.5
					11300к-4	7.0-7.5
					11300к-4	8.0-9.0
					12230к-10	10.0-11.0
					12230к-10	12.0-13.0
					12230к-10	14.0-15.0
					12230к-10	16.0-17.0
					12230к-10	18.0-19.0
					12230к-10	20.0-21.0
					12230к-10	22.0-23.0
					12230к-10	24.0-25.0
					12230к-10	26.0-27.0
					12230к-10	28.0-29.0
					12230к-10	30.0-31.0
					12230к-10	32.0-33.0
					12230к-10	34.0-35.0
					12230к-10	36.0-37.0
					12230к-10	38.0-39.0
					12230к-10	40.0-41.0
					12230к-10	42.0-43.0
					12230к-10	44.0-45.0
					12230к-10	46.0-47.0
					12230к-10	48.0-49.0
					12230к-10	50.0-51.0
					12230к-10	52.0-53.0
					12230к-10	54.0-55.0
					12230к-10	56.0-57.0
					12230к-10	58.0-59.0
					12230к-10	60.0-61.0
					12230к-10	62.0-63.0
					12230к-10	64.0-65.0
					12230к-10	66.0-67.0
					12230к-10	68.0-69.0
					12230к-10	70.0-71.0
					12230к-10	72.0-73.0
					12230к-10	74.0-75.0
					12230к-10	76.0-77.0
					12230к-10	78.0-79.0
					12230к-10	80.0-81.0
					12230к-10	82.0-83.0
					12230к-10	84.0-85.0
					12230к-10	86.0-87.0
					12230к-10	88.0-89.0
					12230к-10	90.0-91.0
					12230к-10	92.0-93.0
					12230к-10	94.0-95.0
					12230к-10	96.0-97.0
					12230к-10	98.0-99.0
					12230к-10	100.0-101.0
					12230к-10	102.0-103.0
					12230к-10	104.0-105.0
					12230к-10	106.0-107.0
					12230к-10	108.0-109.0
					12230к-10	110.0-111.0
					12230к-10	112.0-113.0
					12230к-10	114.0-115.0
					12230к-10	116.0-117.0
					12230к-10	118.0-119.0
					12230к-10	120.0-121.0
					12230к-10	122.0-123.0
					12230к-10	124.0-125.0
					12230к-10	126.0-127.0
					12230к-10	128.0-129.0
					12230к-10	130.0-131.0
					12230к-10	132.0-133.0
					12230к-10	134.0-135.0
					12230к-10	136.0-137.0
					12230к-10	138.0-139.0
					12230к-10	140.0-141.0
					12230к-10	142.0-143.0
					12230к-10	144.0-145.0
					12230к-10	146.0-147.0
					12230к-10	148.0-149.0
					12230к-10	150.0-151.0
					12230к-10	152.0-153.0
					12230к-10	154.0-155.0
					12230к-10	156.0-157.0
					12230к-10	158.0-159.0
					12230к-10	160.0-161.0
					12230к-10	162.0-163.0
					12230к-10	164.0-165.0
					12230к-10	166.0-167.0
					12230к-10	168.0-169.0
					12230к-10	170.0-171.0
					12230к-10	172.0-173.0
					12230к-10	174.0-175.0
					12230к-10	176.0-177.0
					12230к-10	178.0-179.0
					12230к-10	180.0-181.0
					12230к-10	182.0-183.0
					12230к-10	184.0-185.0
					12230к-10	186.0-187.0
					12230к-10	188.0-189.0
					12230к-10	190.0-191.0
					12230к-10	192.0-193.0
					12230к-10	194.0-195.0
					12230к-10	196.0-197.0
					12230к-10	198.0-199.0
					12230к-10	200.0-201.0
					12230к-10	202.0-203.0
					12230к-10	204.0-205.0
					12230к-10	206.0-207.0
					12230к-10	208.0-209.0
					12230к-10	210.0-211.0
					12230к-10	212.0-213.0
					12230к-10	214.0-215.0
					12230к-10	216.0-217.0
					12230к-10	218.0-219.0
					12230к-10	220.0-221.0
					12230к-10	222.0-223.0
					12230к-10	224.0-225.0
					12230к-10	226.0-227.0
					12230к-10	228.0-229.0
					12230к-10	230.0-231.0
					12230к-10	232.0-233.0
					12230к-10	234.0-235.0
					12230к-10	236.0-237.0
					12230к-10	238.0-239.0
					12230к-10	240.0-241.0
					12230к-10	242.0-243.0
					12230к-10	244.0-245.0
					12230к-10	246.0-247.0
					12230к-10	248.0-249.0
					12230к-10	250.0-251.0
					12230к-10	252.0-253.0
					12230к-10	254.0-255.0
					12230к-10	256.0-257.0
					12230к-10	258.0-259.0
					12230к-10	260.0-261.0
					12230к-10	262.0-263.0
					12230к-10	264.0-265.0
					12230к-10	266.0-267.0
					12230к-10	268.0-269.0
					12230к-10	270.0-271.0
					12230к-10	272.0-273.0
					12230к-10	274.0-275.0
					12230к-10	276.0-277.0
					12230к-10	278.0-279.0
					12230к-10	280.0-281.0
					12230к-10	282.0-283.0
					12230к-10	284.0-285.0
					12230к-10	286.0-287.0
					12230к-10	288.0-289.0
					12230к-10	290.0-291.0
					12230к-10	292.0-293.0
					12230к-10	294.0-295.0
					12230к-10	296.0-297.0
					12230к-10	298.0-299.0
					12230к-10	300.0-301.0
					12230к-10	302.0-303.0
					12230к-10	304.0-305.0
					12230к-10	306.0-307.0
					12230к-10	308.0-309.0
					12230к-10	310.0-311.0
					12230к-10	312.0-313.0
					12230к-10	314.0-315.0
					12230к-10	316.0-317.0
					12230к-10	318.0-319.0
					12230к-10	320.0-321.0
					12230к-10	322.0-323.0
					12230к-10	324.0-325.0
					12230к-10	326.0-327.0
					12230к-10	328.0-329.0
					12230к-10	330.0-331.0
					12230к-10	332.0-333.0
					12230к-10	334.0-335.0
					12230к-10	336.0-337.0
					12230к-10	338.0-339.0
					12230к-10	340.0-341.0
					12230к-10	342.0-343.0

Фундамент Тип 3

Схема расположения свай



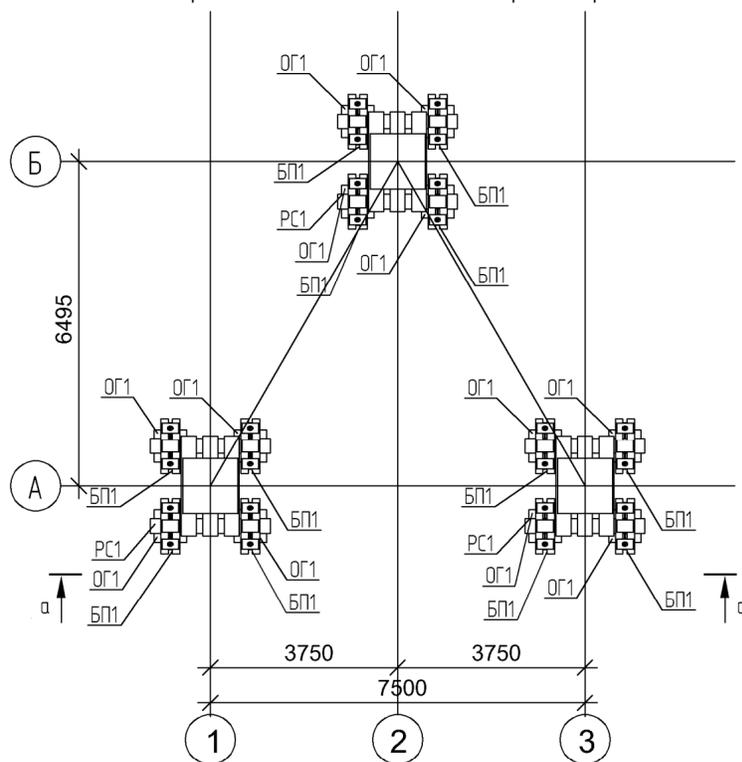
План расположения площадки монтажа дашни связи



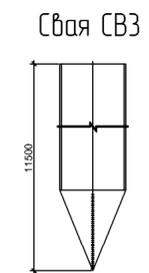
Спецификация к схеме расположения

Марка	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1		Свая СВ3	12	
2		Оголобок ОГ1	12	
3		Растверк РС1	3	
4		Балка прижимная БП1	12	

Схема расположения оголовок и растверков



Местоположение скважины:					Скв. 2а/2МС	
М 1:100					Дата бурения: 04.06.2024	
Абсолютная отметка устья: 204.51					Уровень грунтовых вод	
					Дата замера	
Стратиграфический индекс	Абсолютная отметка, м	Глубина породы, м	Мощность слоя, м	Описание грунтов	Разрез скважины	Глубина отбора образцов грунта от уровня воды
					появившийся	
					установившийся	
зоI/IV	204.11	0.40	0.40	ПРС -	0.0-1.0	
					1.0-2.0	
					2.0-3.0	
				Суглинок тяжелый песчаный пылеватый незначительно слоистый	3.0-4.0	
					4.0-5.0	
					5.0-6.0	
					6.0-7.0	
					7.0-8.0	
доI-III	199.51	5.00	4.60	Глина легкая пылеватая с щебнем полутвердая слабоупругая	8.0-8.5	
					8.5-8.8	
					9.4-9.6	
					10.4-10.6	
					11	
					12.4-12.6	
					13.5-13.7	
					14	
					15	
					15.4-15.6	
					16	
					17.5-17.7	
					18	
					19.7-19.9	
					20	
					21.5-21.7	
					22	
					23.3-23.5	
					23	
					24	
					25	
					26	
					27	
					28	
					29	
					30	
					31	
					32	
					33	
					34	
					35	
					36	
					37	
					38	
					39	
					40	
					41	
					42	
					43	
					44	
					45	
					46	
					47	
					48	
					49	
					50	
					51	
					52	
					53	
					54	
					55	
					56	
					57	
					58	
					59	
					60	
					61	
					62	
					63	
					64	
					65	
					66	
					67	
					68	
					69	
					70	
					71	
					72	
					73	
					74	
					75	
					76	
					77	
					78	
					79	
					80	
					81	
					82	
					83	
					84	
					85	
					86	
					87	
					88	
					89	
					90	
					91	
					92	
					93	
					94	
					95	
					96	
					97	
					98	
					99	
					100	



Расчетные нагрузки на фундамент

Максимальные нагрузки анкерную деталь:

	N, кН	Q, кН
Прижим	873,9	84,8
Отрыв	761,4	75,9

Максимальные нагрузки на фундамент в целом:

N = 226,7 кН
Q = 132,2 кН
M = 5295,5 кН·м

Максимальные нагрузки на центральный ствол

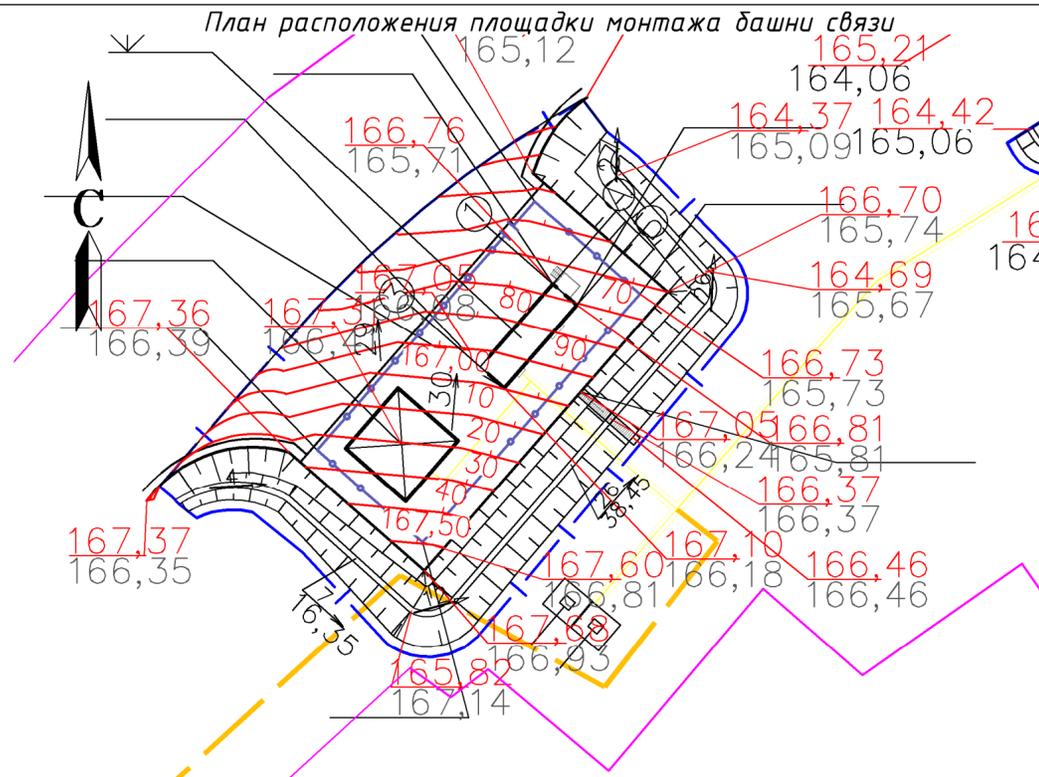
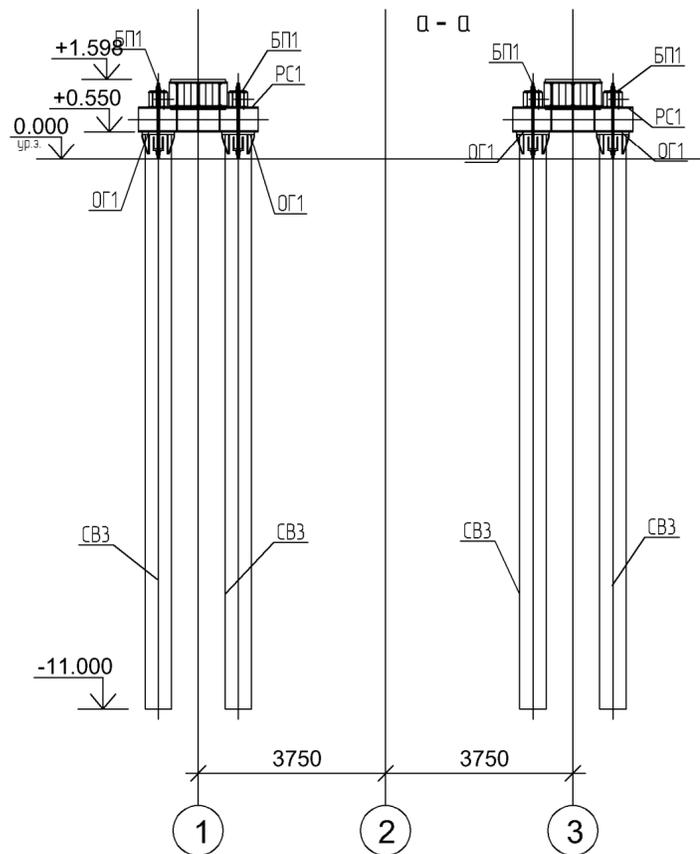
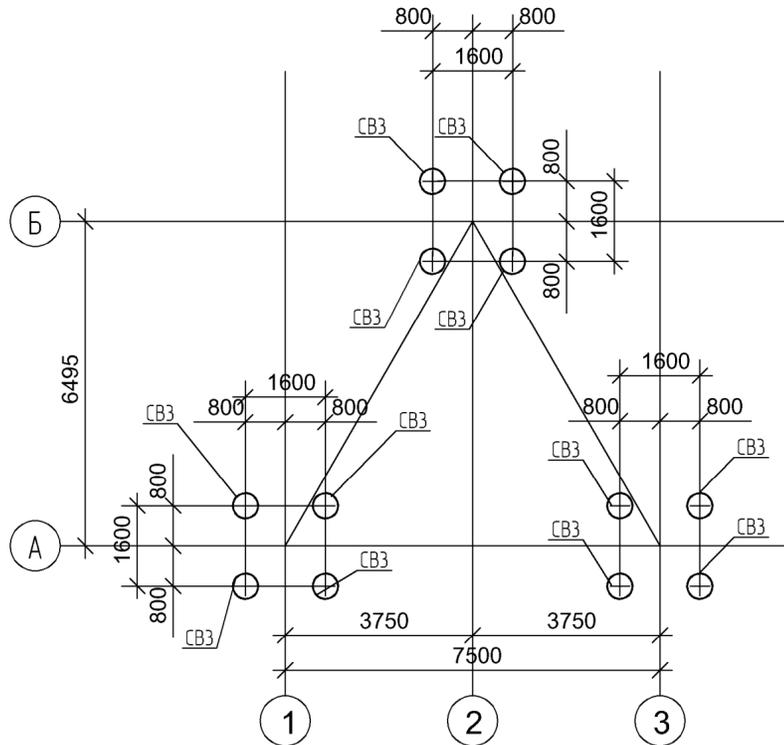
N = 75,8 кН

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
		Детали			
1		○ 530x14,0 ГОСТ Р 58064-2018 C255 ГОСТ 27772-2015	L=15001	2047.7	2047.71

НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2					
"Реконструкция линейного сооружения - имуществомный комплекс «Управление этиленопроводов» на участке Нижнекамск - Казань. Модернизация объектов для транспортировки этилена с учётом дополнительных объёмов от ЭП-600"					
Изм.	Кол. уч.	Лист N док.	Подп.	Дата	
Разработал	Сысоев			08.24	
Рук. группы	Бордунов			08.24	
Гл. спец.	Османов			08.24	
Н.контр.	Халтурин			08.24	
ГИП	Байков			08.24	
Площадка монтажа АМС ЧПЗ СОД 79 км			Стадия	Лист	Листов
План расположения фундаментов М 1:500			П	8	

Фундамент Тип 3

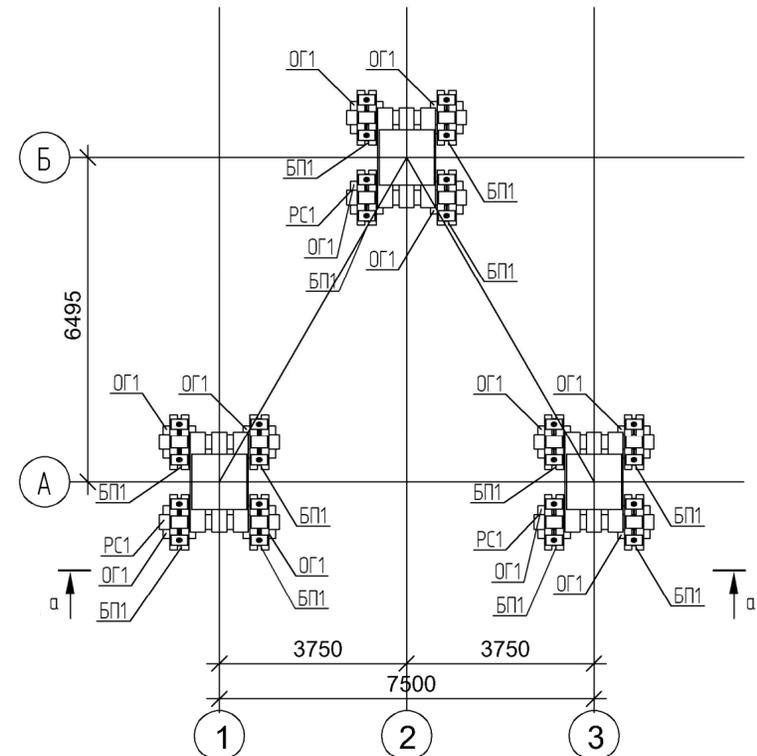
Схема расположения свай



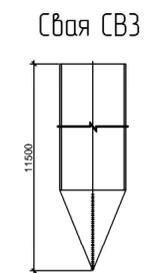
Спецификация к схеме расположения

Марка	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1		Свая СВ3	12	
2		Оголобок ОГ1	12	
3		Растверк РС1	3	
4		Балка прижимная БП1	12	

Схема расположения оголовок и растверков



Местоположение скважины:		М 1:100		Скв. За/2МС		
Абсолютная отметка устья: 166.31		Дата бурения: 04.06.2024		Уровень грунтовых вод		
Дата замера		появившийся		установившийся		
Спиритур индекс	Абсолютная отметка, м	Глубина пазухи, м	Мощность слоя, м	Описание грунтов	Разрез скважины	Глубина отбора проб грунтов и проб воды
за I/IV	166.11	0.20	0.20	ПРС -	2330к-4	1
	165.31	1.00	0.80	Суглинок тяжелый песчаный полутвердый сланцабухающий славопучинистый	2330к-4	2
до I-III	164.31	2.00	1.00	Суглинок тяжелый песчаный тугопластичный ненабухающий славопучинистый	1230к-10	3
	160.81	5.50	3.50	Глина легкая пылеватая с щебнем полутвердая сланцабухающая славопучинистая	1230к-10	4
сР21	157.71	8.60	3.10	Глина легкая пылеватая с щебнем твердая сланцабухающая славопучинистая	4.60	5
сР21	155.71	10.60	2.00	Песок мелкий неоднородный водонасыщенный средней плотности непучинистый	44320-10	6
					15.00	7
					1230к-10	8
						9
						10
						11
						12
						13
						14
						15
						16
						17
						18
						19
						20
						21
						22
						23
сР21	142.31	24.00	13.40	Глина легкая пылеватая с щебнем твердая сланцабухающая славопучинистая	1230к-10	24



Расчетные нагрузки на фундамент

Максимальные нагрузки анкерную деталь:

	N, кН	Q, кН
Прижим	873,9	84,8
Отрыв	761,4	75,9

Максимальные нагрузки на фундамент в целом:
 $N = 226,7 \text{ кН}$
 $Q = 132,2 \text{ кН}$
 $M = 5295,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$

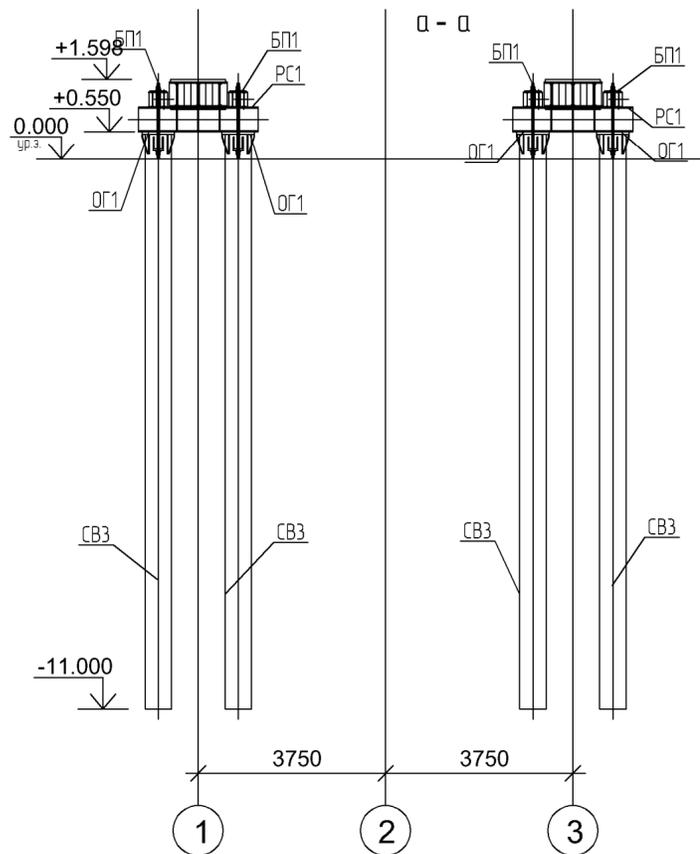
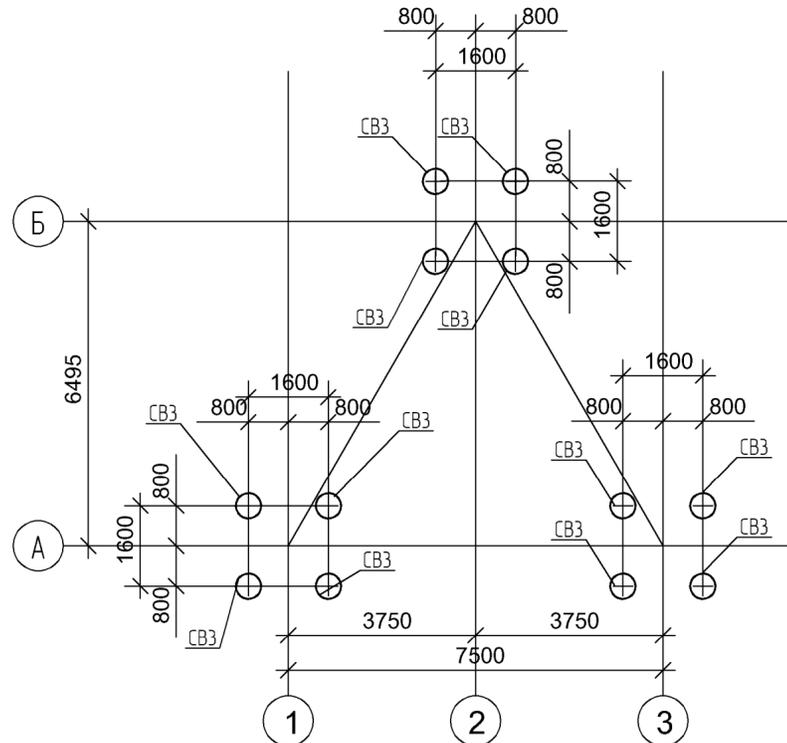
Максимальные нагрузки на центральный ствол
 $N = 75,8 \text{ кН}$

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
Детали					
1		○ 530x14,0 ГОСТ Р 58064-2018 C255 ГОСТ 27772-2015 L=15001	2047.7	2047.71	

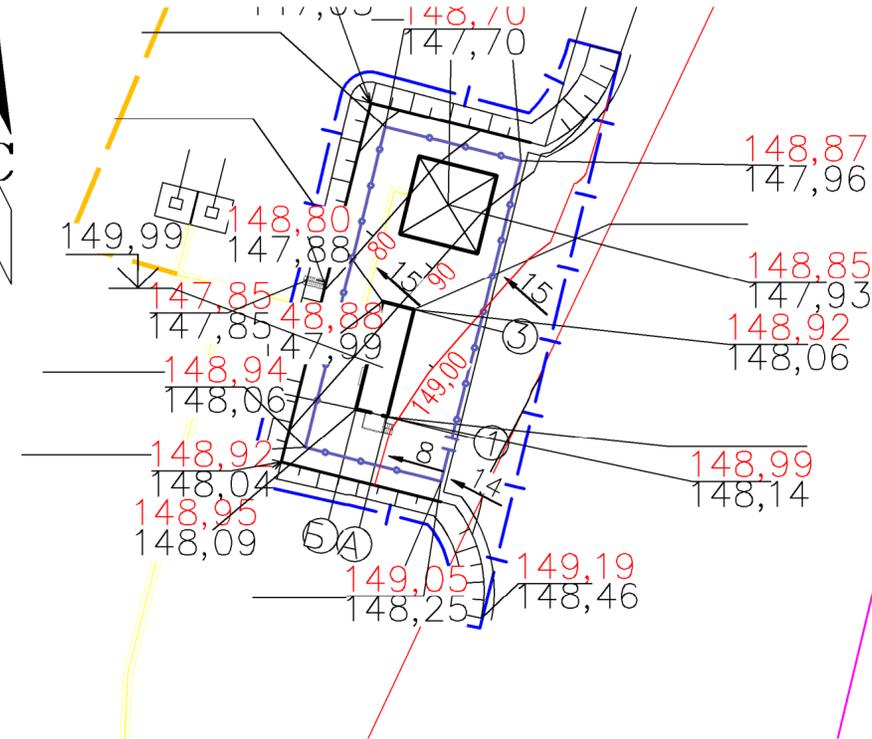
НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2					
"Реконструкция линейного сооружения - имуществом комплекс «Управление этиленопроводов» на участке Нижнекамск - Казань. Модернизация объектов для транспортировки этилена с учётом дополнительных объёмов от ЭП-600"					
Изм.	Кол. уч.	Лист N док.	Подп.	Дата	
Разработал		Сысоев		08.24	Площадка монтажа АМС КУ 99 км
Рук. группы		Бордунов		08.24	
Гл. спец.		Османов		08.24	
Н.контр.		Халтурин		08.24	План расположения фундаментов М 1:500
ГИП		Байков		08.24	

Фундамент Тип 3

Схема расположения свай



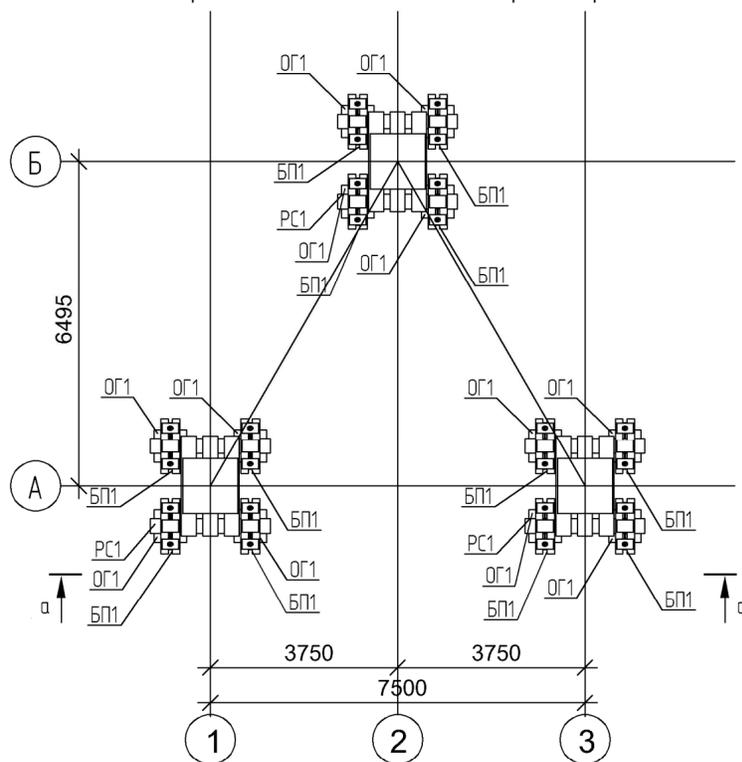
План расположения площадки монтажа башни связи



Спецификация к схеме расположения

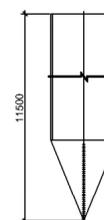
Марка	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1		Свая СВ3	12	
2		Оголовок ОГ1	12	
3		Ростверк РС1	3	
4		Балка прижимная БП1	12	

Схема расположения оголовок и ростверков



Местоположение скважины:					Скв. За/2МС	
М 1:100					Дата бурения: 04.06.2024	
Абсолютная отметка устья: 166.31					Уровень грунтовых вод	
					Дата замера	
Спиритур индекс	Абсолютная отметка, м	Глубина пазухи, м	Мощность слоя, м	Описание грунтов	Разрез скважины	Глубина отбора образцов грунта и проб воды
					появившийся	установившийся
за I/IV	166.11	0.20	0.20	ПРС -	2330к-4	
	165.31	1.00	0.80	Суглинок тяжелый песчаный полутвердый сланобухающий славопучинистый	2330к-4	13-15
до I-III	164.31	2.00	1.00	Суглинок тяжелый песчаный тугопластичный ненабухающий славопучинистый	2330к-4	
	160.81	5.50	3.50	Глина легкая пылеватая с щебнем полутвердая сланобухающая славопучинистая	2330к-10	4.2-4.4
еР21	157.71	8.60	3.10	Глина легкая пылеватая с щебнем твердая сланобухающая славопучинистая	2330к-10	7.4-7.6
еР21	155.71	10.60	2.00	Песок мелкий неоднородный водонасыщенный средней плотности непучинистый	44320-10	8.60
						15.00
						18.0-18.2
						23.0-23.2
еР21	142.31	24.00	13.40	Глина легкая пылеватая с щебнем твердая сланобухающая славопучинистая		

Свая СВ3



Расчетные нагрузки на фундамент

Максимальные нагрузки анкерную деталь:

	N, кН	Q, кН
Прижим	873,9	84,8
Отрыв	761,4	75,9

Максимальные нагрузки на фундамент в целом:

$N = 226,7 \text{ кН}$
 $Q = 132,2 \text{ кН}$
 $M = 5295,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Максимальные нагрузки на центральный ствол

$N = 75,8 \text{ кН}$

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
		Детали			
1		○ 530x14,0 ГОСТ Р 58064-2018 C255 ГОСТ 27772-2015 L=15001	2047.7	2047.71	

НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2					
"Реконструкция линейного сооружения - имуществом комплекс «Управление этиленопроводов» на участке Нижнекамск - Казань. Модернизация объектов для транспортировки этилена с учетом дополнительных объемов от ЭП-600"					
Изм.	Кол. уч.	Лист N док.	Подп.	Дата	
Разработал	Сысоев			08.24	Площадка монтажа АМС КУ 137 км
Рук. группы	Бордунов			08.24	
Гл. спец.	Османов			08.24	
Н.контр.	Халтурин			08.24	План расположения фундаментов М 1:500
ГИП	Байков			08.24	

Фундамент Тип 3

Схема расположения свай

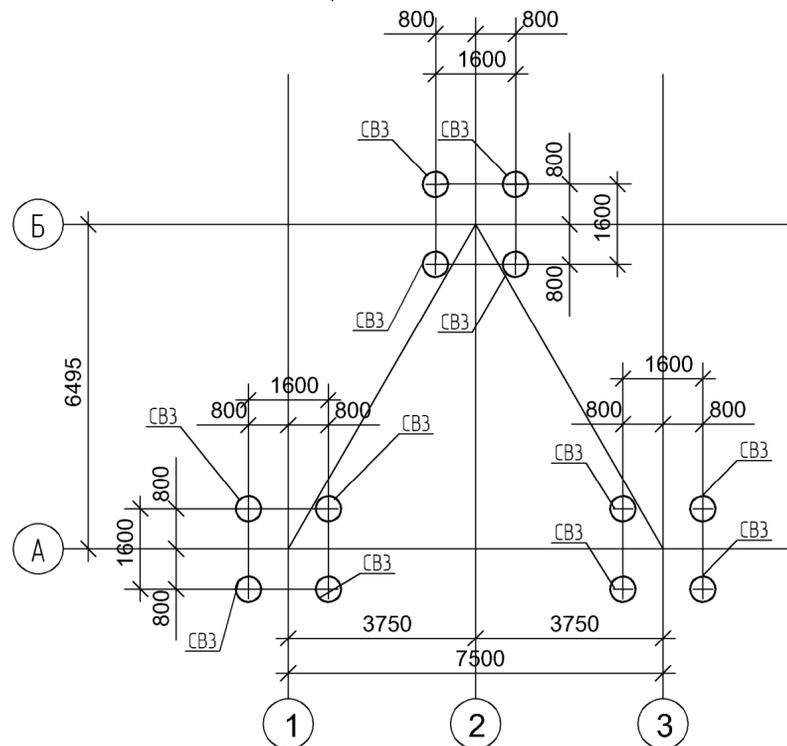
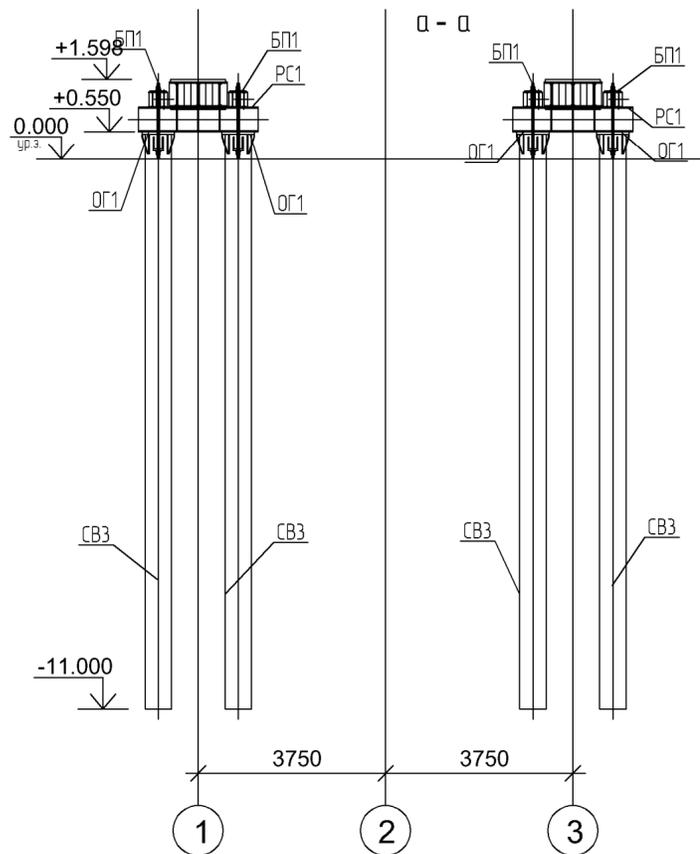
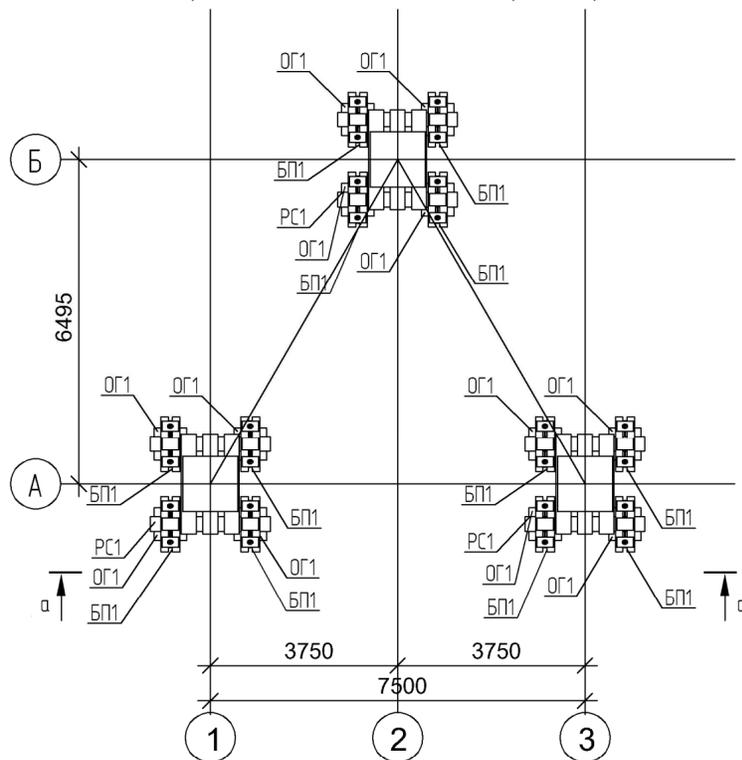
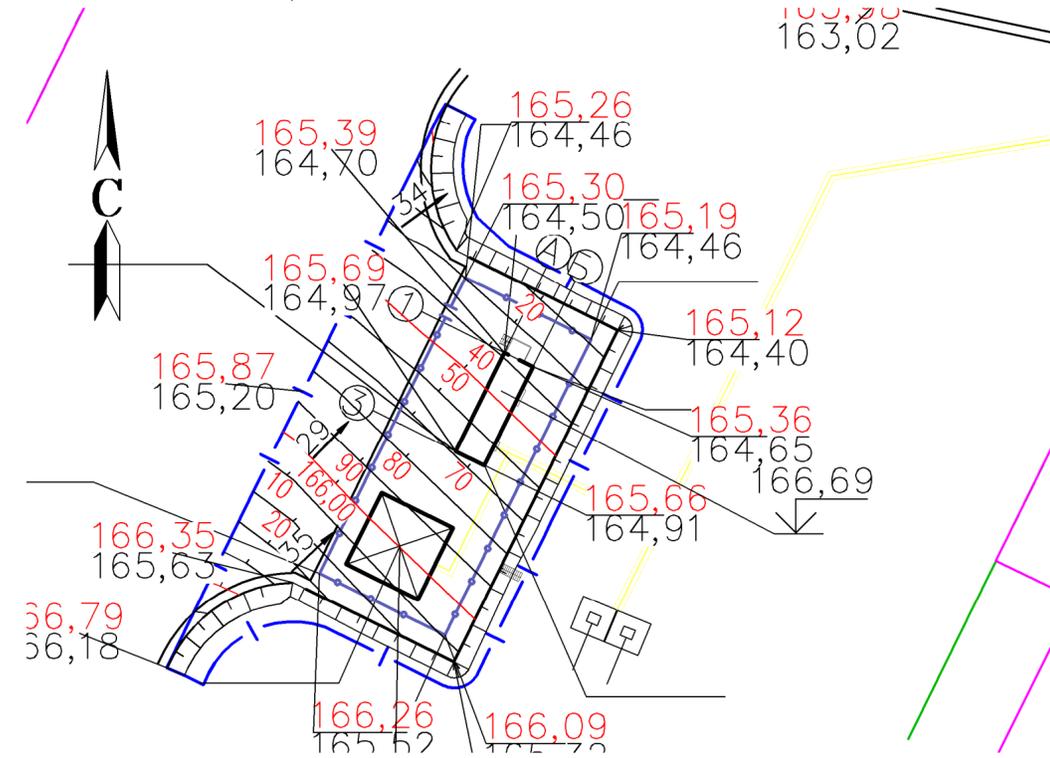


Схема расположения оголовок и растверков



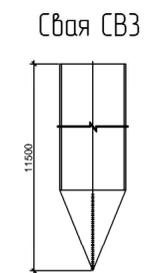
План расположения площадки монтажа башни связи



Спецификация к схеме расположения

Марка	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1		Свая СВ3	12	
2		Оголовок ОГ1	12	
3		Растверк РС1	3	
4		Балка прижимная БП1	12	

Местоположение скважины:					Скв. За/2МС	
М 1:100					Дата бурения: 04.06.2024	
Абсолютная отметка устья: 166.31					Уровень грунтовых вод	
					Дата замера	
Спиритур индекс	Абсолютная отметка, м	Глубина пьезометра, м	Мощность слоя, м	Описание грунтов	Разрез скважины	Глубина отбора проб грунтов и проб воды
за I/IV	166.11	0.20	0.20	ПС -	2300к-4	1
	165.31	1.00	0.80	Суглинок тяжелый песчаный полутвердый сланца бухающий славопучинистый	2300к-4	2
до I-III	164.31	2.00	1.00	Суглинок тяжелый песчаный тугопластичный ненабухающий славопучинистый	2300к-4	3
	160.81	5.50	3.50	Глина легкая пылеватая с щебнем полутвердая сланца бухающая славопучинистая	2300к-10	4
	157.71	8.60	3.10	Глина легкая пылеватая с щебнем твердая сланца бухающая славопучинистая	2300к-10	5
	155.71	10.60	2.00	Песок мелкий неоднородный водонасыщенный средней плотности непучинистый	44320-10	6
	142.31	24.00	13.40	Глина легкая пылеватая с щебнем твердая сланца бухающая славопучинистая	2300к-10	7



Расчетные нагрузки на фундамент

Максимальные нагрузки анкерную деталь:

	N, кН	Q, кН
Прижим	873,9	84,8
Отрыв	761,4	75,9

Максимальные нагрузки на фундамент в целом:
 $N = 226,7 \text{ кН}$
 $Q = 132,2 \text{ кН}$
 $M = 5295,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$

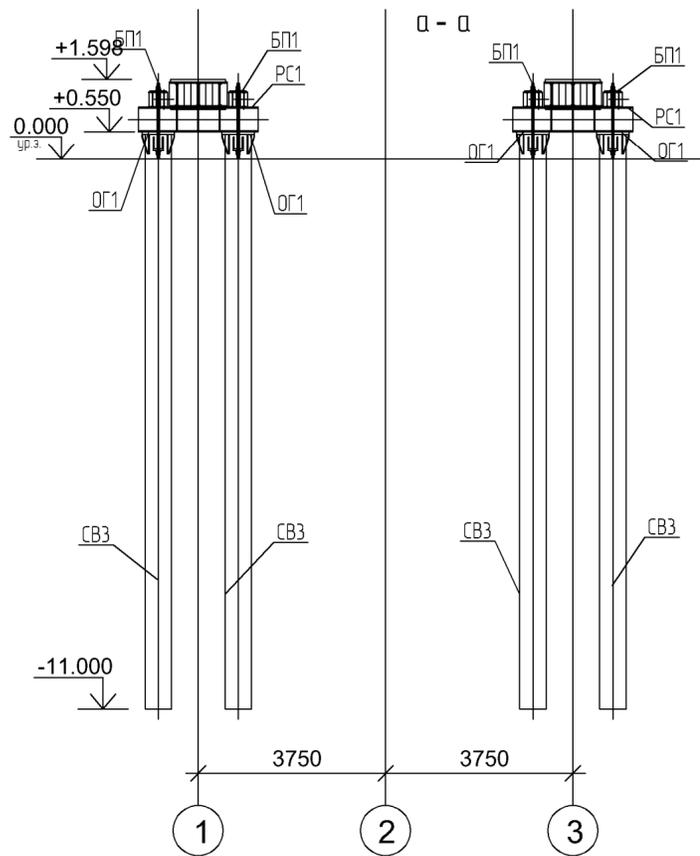
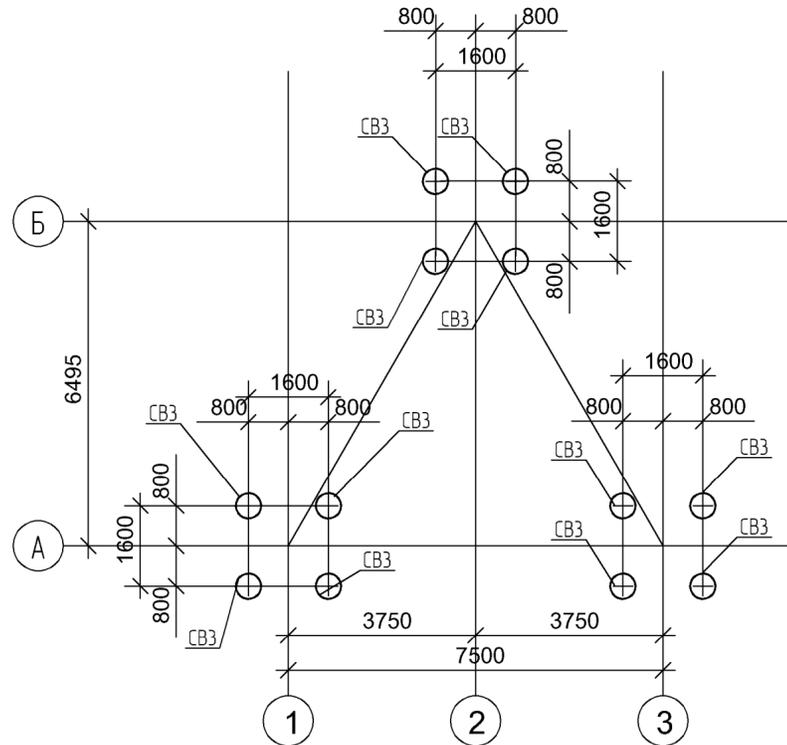
Максимальные нагрузки на центральный ствол
 $N = 75,8 \text{ кН}$

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
1		Детали			
		○ 530x14,0 ГОСТ Р 58064-2018 C255 ГОСТ 27772-2015 L=15001	2047.7	2047.71	

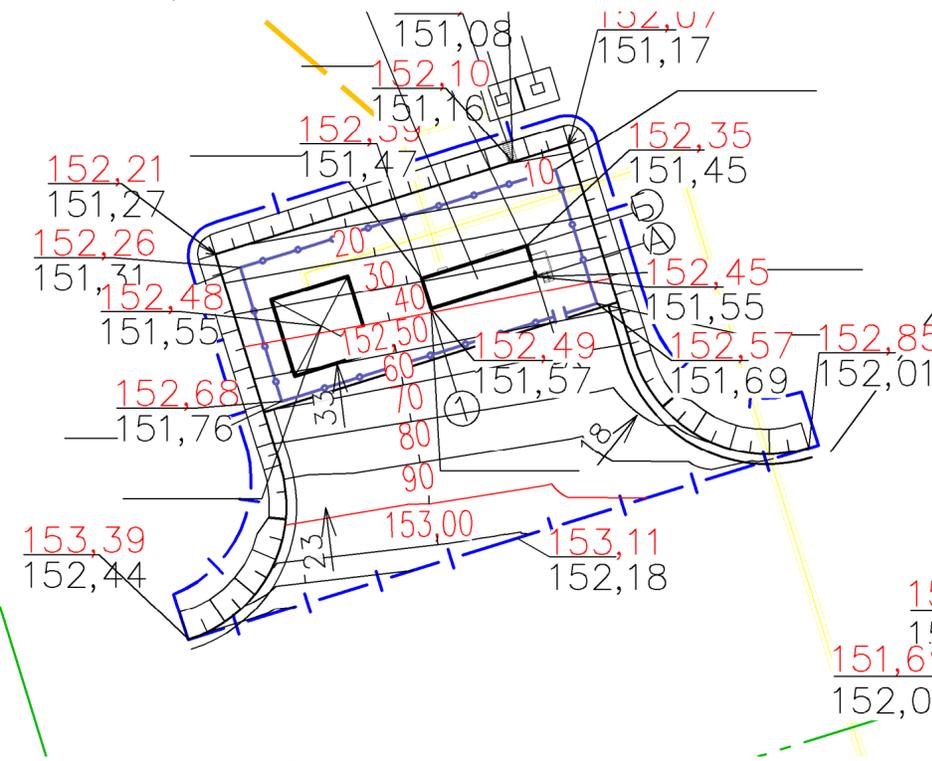
НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2					
"Реконструкция линейного сооружения - имуществом комплекс «Управление этиленопроводов» на участке Нижнекамск - Казань. Модернизация объектов для транспортировки этилена с учетом дополнительных объемов от ЭП-600"					
Изм.	Кол. уч.	Лист N док.	Подп.	Дата	
Разработал	Сысоев			08.24	
Рук. группы	Бордунов			08.24	
Гл. спец.	Османов			08.24	
Н.контр.	Халтурин			08.24	
ГИП	Байков			08.24	
Площадка монтажа АМС КУ 156 км			Стадия	Лист	Листов
План расположения фундаментов М 1:500			П	12	

Фундамент Тип 3

Схема расположения свай



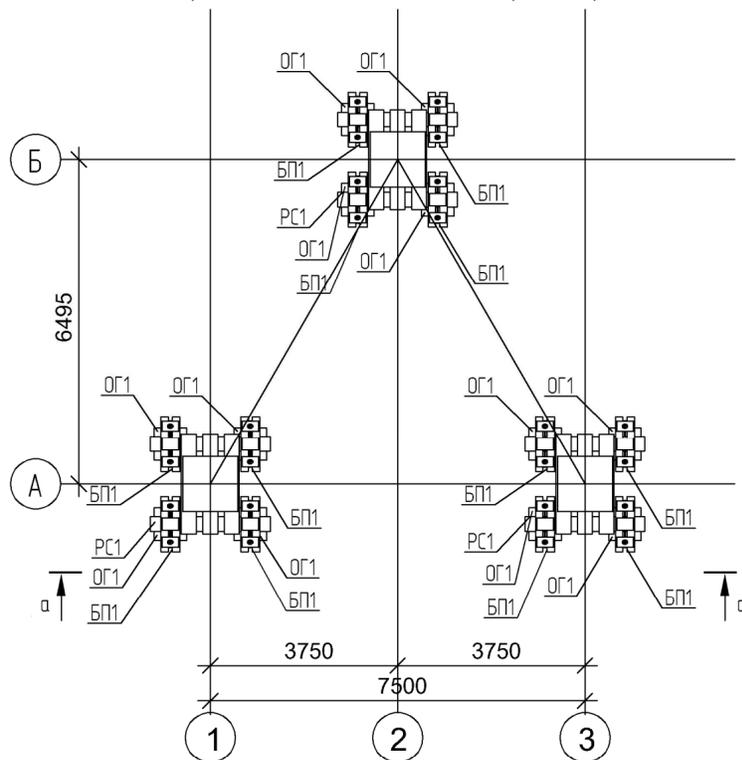
План расположения площадки монтажа башни связи



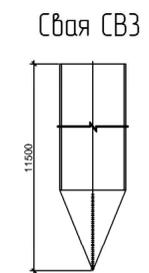
Спецификация к схеме расположения

Марка	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1		Свая СВ3	12	
2		Оголовок ОГ1	12	
3		Ростверк РС1	3	
4		Балка прижимная БП1	12	

Схема расположения оголовок и ростверков



Местоположение скважины:		Скв. 3а/2МС	
М 1:100		Дата бурения: 04.06.2024	
Абсолютная отметка устья: 166.31		Уровень грунтовых вод	
		Дата замера	
Спиритур индекс	Абсолютная отметка, м	Глубина скважины, м	Мощность слоя, м
за I/IV	166.11	0.20	0.20
	165.31	1.00	0.80
до I-III	164.31	2.00	1.00
	160.81	5.50	3.50
сР21	157.71	8.60	3.10
сР21	155.71	10.60	2.00
сР21	142.31	24.00	13.40



Расчетные нагрузки на фундамент

Максимальные нагрузки анкерную деталь:

	N, кН	Q, кН
Прижим	873,9	84,8
Отрыв	761,4	75,9

Максимальные нагрузки на фундамент в целом:

N = 226,7 кН
Q = 132,2 кН
M = 5295,5 кН·м

Максимальные нагрузки на центральный ствол

N = 75,8 кН

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
1		Детали			
		○ 530x14,0 ГОСТ Р 58064-2018			
		C255 ГОСТ 27772-2015	L=15001	2047.7	2047.71

Изм.				Лист N док.				Подп.				Дата			
Разработал Сысов				08.24								08.24			
Рук. группы Бордунов				08.24								08.24			
Гл. спец. Османов				08.24								08.24			
Н.контр. Халтурин				08.24								08.24			
ГИП Бадков				08.24								08.24			

НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2

"Реконструкция линейного сооружения - имуществом комплекс «Управление этиленопроводов» на участке Нижнекамск - Казань. Модернизация объектов для транспортировки этилена с учетом дополнительных объемов от ЭП-600"

Площадка монтажа АМС УПЗ СОД 176 км

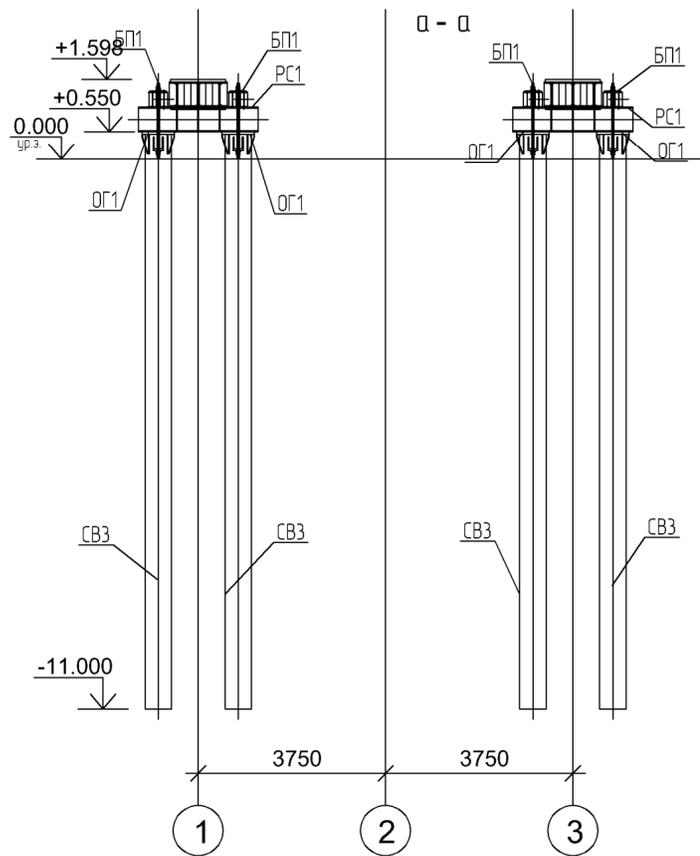
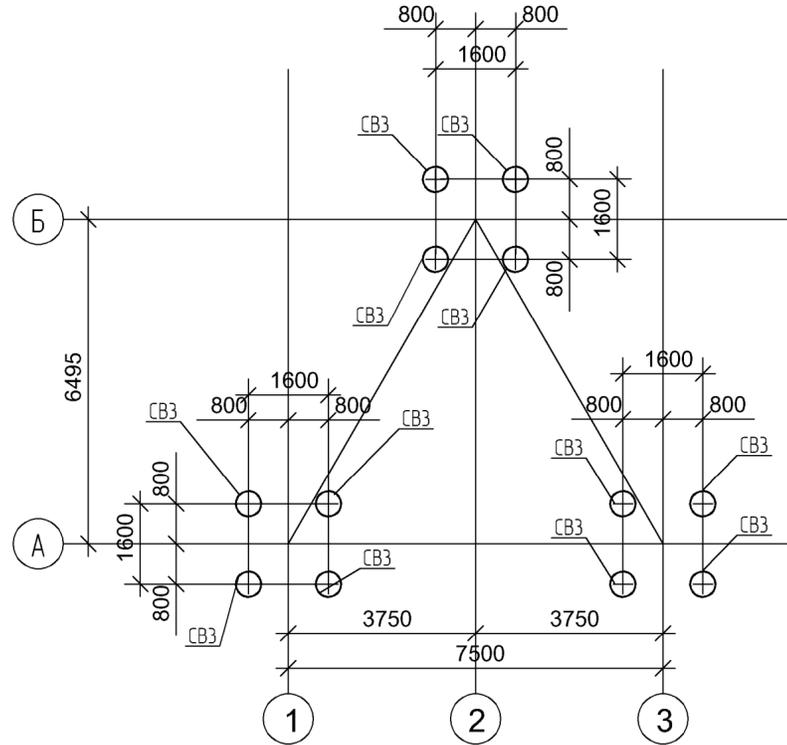
Стадия Лист Листов

П 13

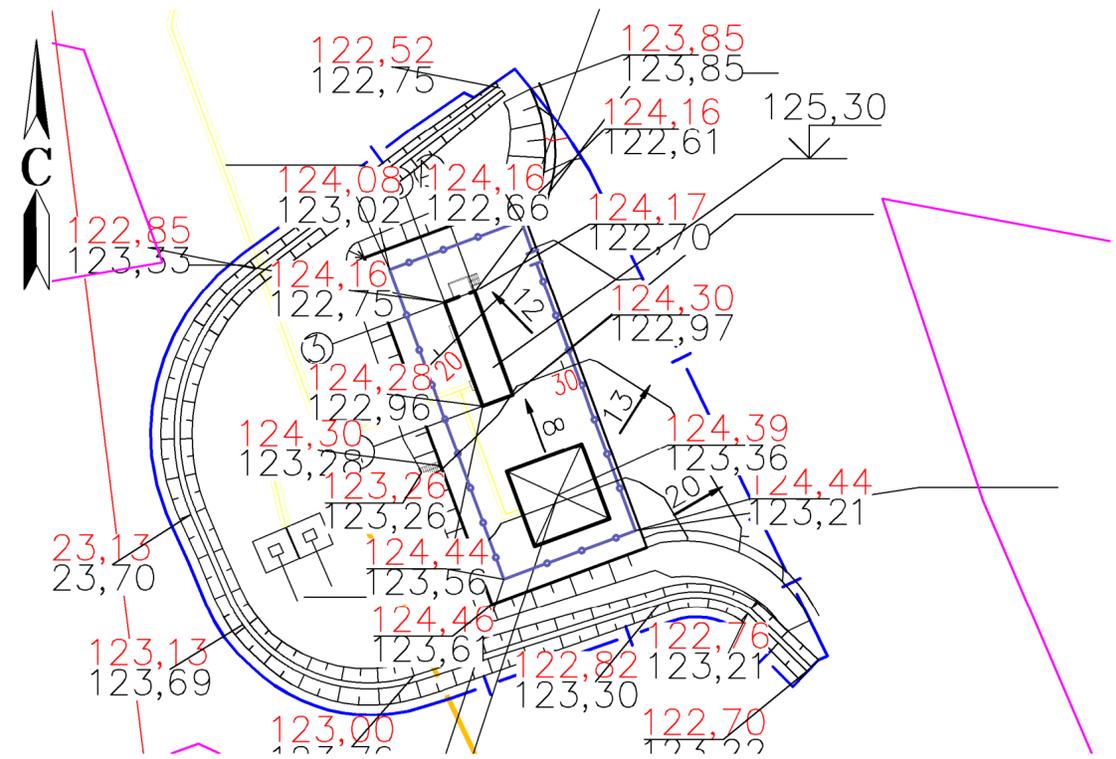
План расположения фундаментов М 1:500

Фундамент Тип 3

Схема расположения свай



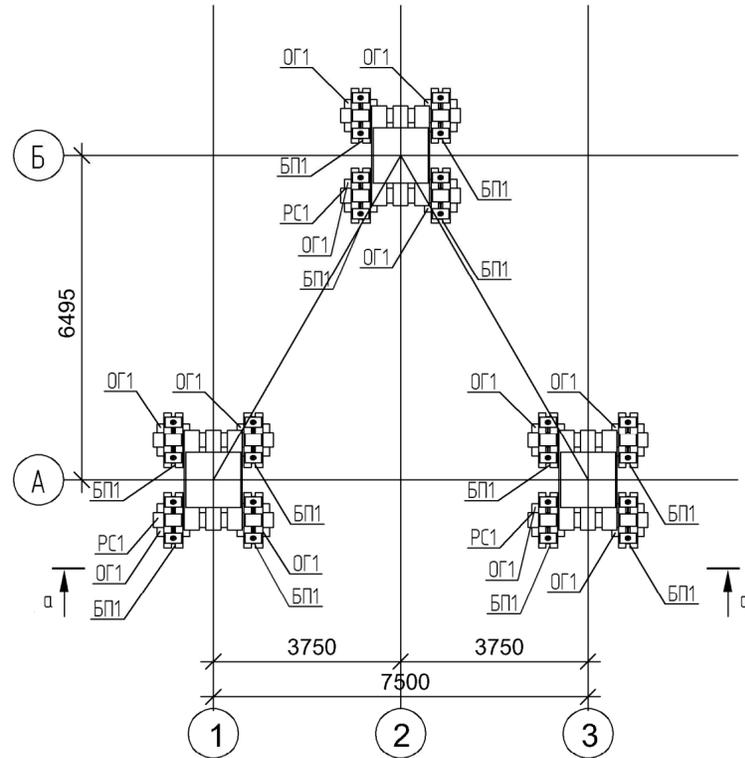
План расположения площадки монтажа дашни связи



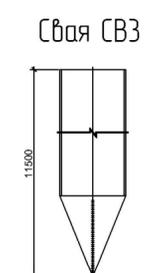
Спецификация к схеме расположения

Марка	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1		Свая СВ3	12	
2		Оголовок ОГ1	12	
3		Растверк РС1	3	
4		Балка прижимная БП1	12	

Схема расположения оголовок и растверков



Инженерно-геологическая колонка скважины							
Местоположение скважины:			Св. 1/АМС				
N 1100			Дата бурения: 09.05.2024				
Абсолютная отметка устья: 123.37			Уровень грунтовых вод				
			Дата замера				
Специальный анализ	Абсолютная отметка м	Глубина забоя скважины, м	Максимальная глубина скважины, м	Описание грунта	Разрез скважины	Глубина отбора проб грунта	
						любый	установившийся
ИВ	123.77	0.20	0.20	Почва-растительный слой	0.00-0.20		
	117.37	6.00	5.80	Суглинок коричнево-желтый, пылеватый, полутвердый	242300-1		
ИВ-ИП	110.97	12.40	6.40	Суглинок коричнево-желтый, пылеватый, пластичный, тугопластичный	242300-1		
	106.77	19.20	6.80	Глина серо-коричневая, тяжелая, твердая, известковистая, арциллаинообразная	222304-11		
ИВ-2	100.77	23.20	6.00	Суглинок светло-серый, серовато-белый, легкий, пылеватый, полутвердый, известковистый	242300-11		
ИВ-2	97.87	25.50	2.30	Глина серо-коричневая, тяжелая, твердая, известковистая, арциллаинообразная	221306-11		
ИВ-2	93.37	30.00	4.50	Суглинок серый, серовато-белый, тяжелый, пылеватый, полутвердый, в интервале 29.50-29.65 м прослой известняка средней прочности	242300-11		



Расчетные нагрузки на фундамент

Максимальные нагрузки анкерную деталь:

	N, кН	Q, кН
Прижим	873,9	84,8
Отрыв	761,4	75,9

Максимальные нагрузки на фундамент в целом:

N = 226,7 кН
Q = 132,2 кН
M = 5295,5 кН·м

Максимальные нагрузки на центральный ствол

N = 75,8 кН

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
1		Детали			
		○ 530x14.0 ГОСТ Р 58064-2018 C255 ГОСТ 27772-2015 L=1500	1	2047.7	2047.71

ИЗМЕНЕНИЯ					
№	Дата	Содержание	Исполнитель	Проверенный	Утвержденный
1	08.24	Изм. 1	Сысов	Осмонов	Халтурин
2	08.24	Изм. 2	Сысов	Осмонов	Халтурин
3	08.24	Изм. 3	Сысов	Осмонов	Халтурин

НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2

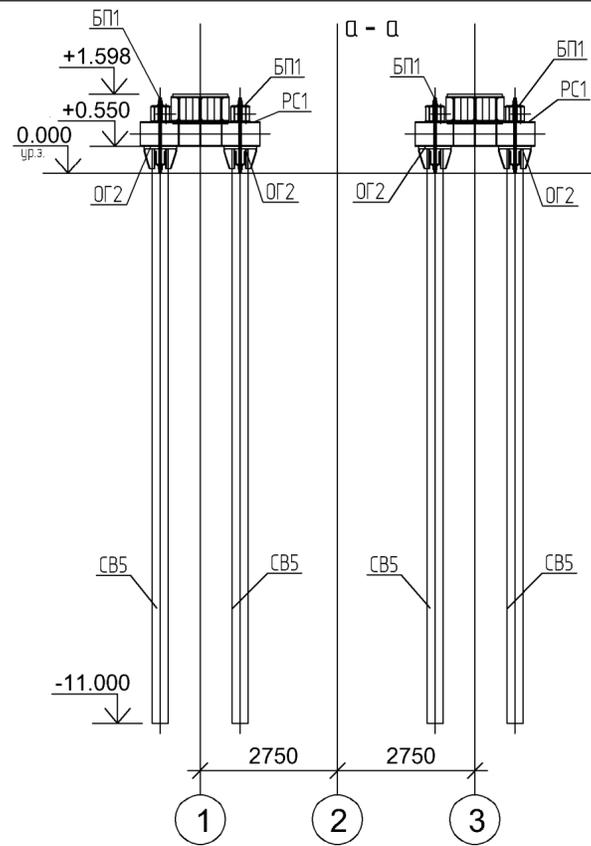
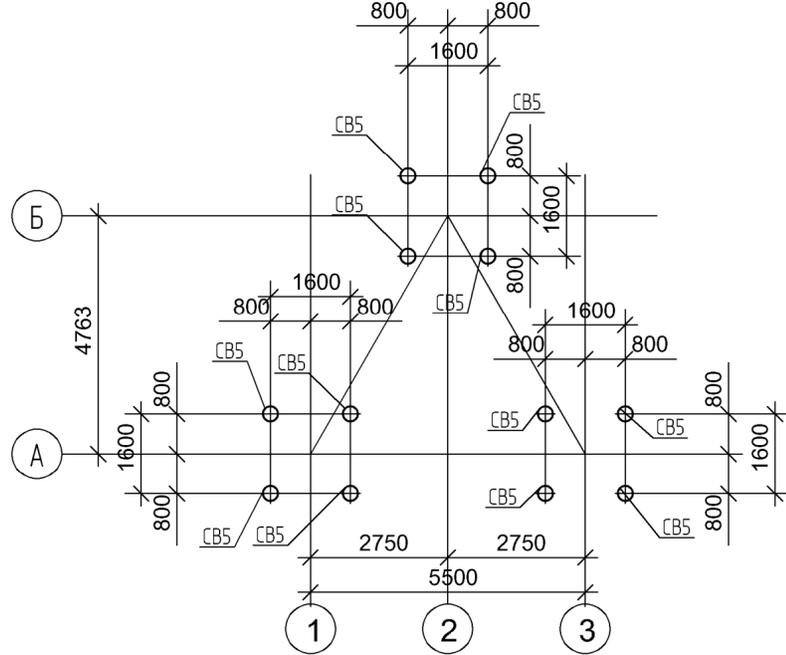
"Реконструкция линейного сооружения - имуществом комплекс «Управление этиленопроводов» на участке Нижнекамск - Казань. Модернизация объектов для транспортировки этилена с учётом дополнительных объёмов от ЭП-600"

Изм.	Кол. уч.	Лист N док.	Подп.	Дата	Стадия	Лист	Листов
Разработал				08.24	Площадка монтажа АМС КУ 194 км	П	14
Рук. группы				08.24			
Гл. спец.				08.24			
Н.контр.				08.24	План расположения фундаментов М 1:500		
ГИП				08.24			

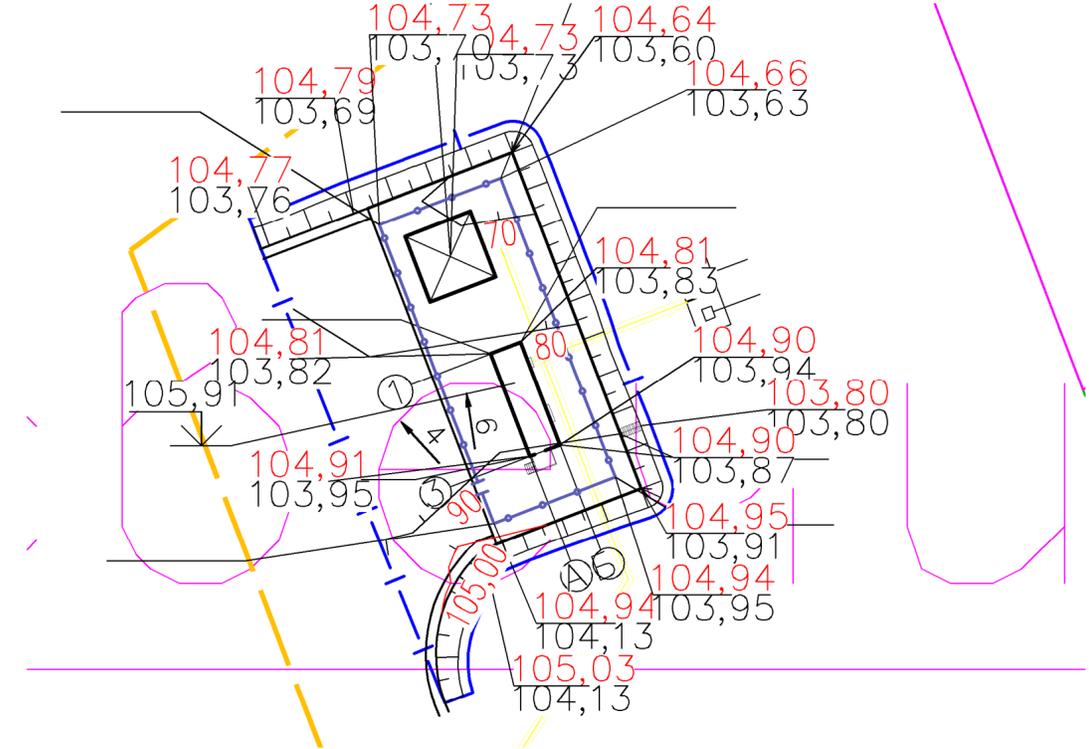
СОГЛАСОВАНО
Фамилия Подпись Дата
Имя И.И. Подп. и дата
00000905

Фундамент Тип 5

Схема расположения свай



План расположения площадки монтажа башни связи



Спецификация к схеме расположения

Марка	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1		Свая CB5	12	
2		Оголовок ОГ2	12	
3		Ростверк РС1	3	
4		Балка прижимная БП1	12	

Расчетные нагрузки на фундамент

Максимальные нагрузки анкерную деталь:

	N, кН	Q, кН
Прижим	510,9	51,2
Отрыв	444,5	46,7

Максимальные нагрузки на фундамент в целом:

$N = 133,9 \text{ кН}$

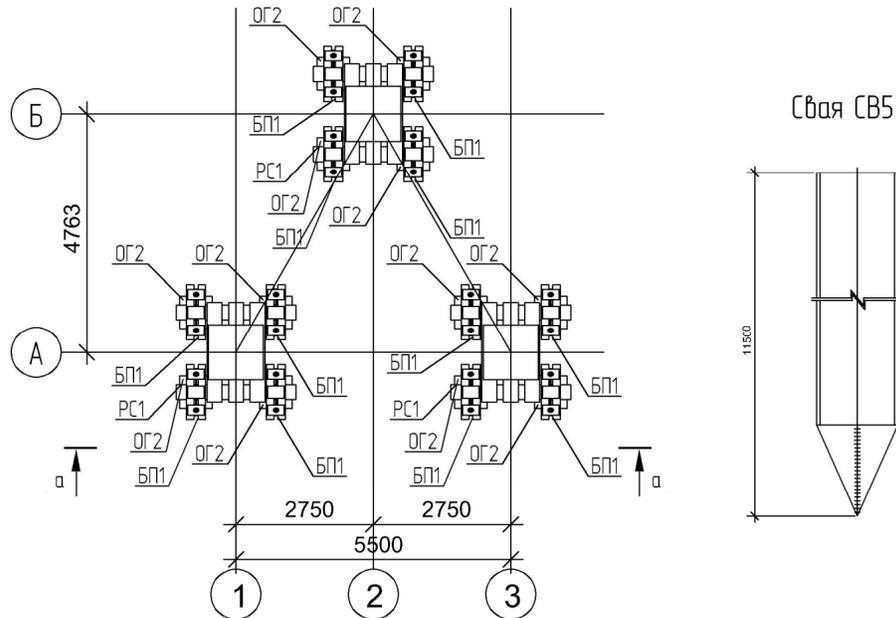
$Q = 82,1 \text{ кН}$

$M = 2273,1 \text{ кН} \cdot \text{м}$

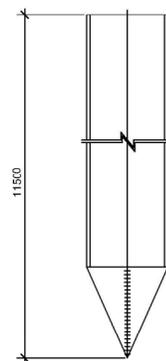
Максимальные нагрузки на центральный ствол

$N = 43,4 \text{ кН}$

Схема расположения оголовок и ростверков



Свая CB5



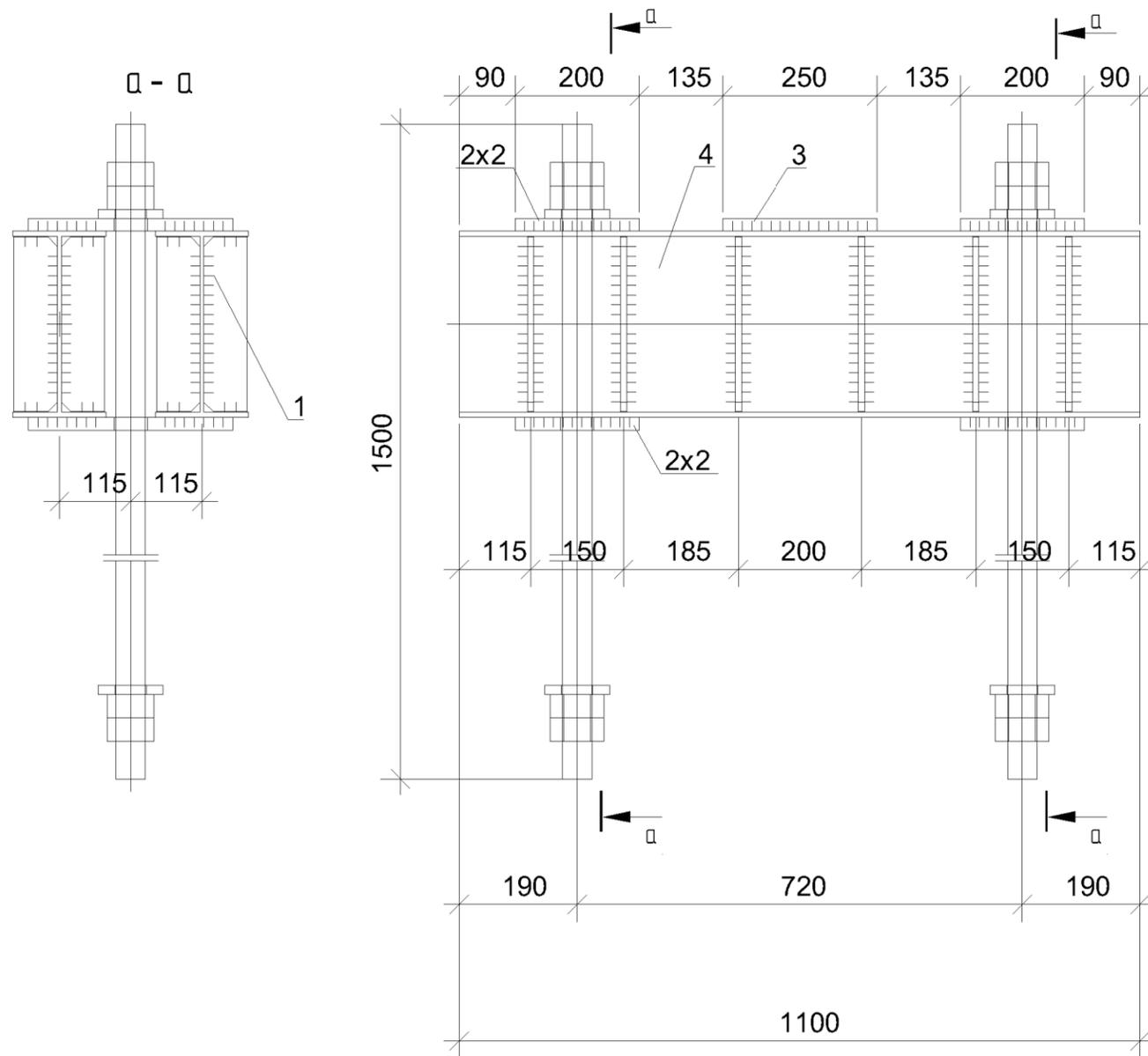
Инженерно-геологическая колонка скважины						
Местоположение скважины:			Скв. 4а/4МС			
М 1:100			Дата бурения: 05.06.2024			
Абсолютная отметка устья: 103.77			Уровень грунтовых вод			
			Дата замера			
			появившийся / установившийся			
Стратиграфический индекс	Абсолютная отметка, м	Глубина подошвы слоя, м	Толщина слоя, м	Описание грунтов	Разрез скважины	Глубина отбора образцов грунтов и проб воды
И/В	103.87	0.10	0.10	Почвенно-растительный слой	0.0-0.1	▲ 0.8
						▲ 1.4
						▲ 2.6
						▲ 4.6
						▲ 5.2
				Суслинок темно-коричневый, легкий, пылеватый, мягкопластичный, с прослойки супеси (до 5 см), песка	22400-8	▲ 7.2
N2	96.47	7.30	7.20			▲ 9.2
						▲ 9.2
						▲ 11.0
N2	92.77	11.00	3.70	Песок серовато-коричневый, желтый, мелкий, малой степени водонасыщения, плотный	44210-8	▲ 12.6
N2	91.77	12.00	1.00	Суслинок каричневый, легкий, песчанистый, мягкопластичный, с прослойки песка (до 2 см)	22400-8	▲ 14.4
N2	89.77	14.00	2.00	Песок каричневый, серый, мелкий, малой степени водонасыщения, плотный, в интервале 13,0-14,0 м с прослойки суслинка	44210-8	▲ 15.6
N2	88.67	15.10	1.10	Суслинок темно-коричневый, легкий, пылеватый, мягкопластичный	22400-8	▲ 17.3
						▲ 17.3
N2	84.77	19.00	3.90	Песок желтовато-коричневый, легкий, плотный, малой степени водонасыщения, в интервалах 15,8-16,0 м, 16,9-17,0 м с прослойки песчанка	44210-8	▲ 19.6
						▲ 19.6
						▲ 21.4
						▲ 23.4
N2	79.77	24.00	5.00	Суслинок каричневый, легкий, песчанистый, мягкопластичный, с прослойки песка и глины (до 2 см)	22400-8	

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
1		Детали			
		○ 325x14.0 ГОСТ Р 58064-2018 L=1500	1	1234.24	1234.24
		C255 ГОСТ 27772-2015			

НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2					
"Реконструкция линейного сооружения - имуществом комплекс «Управление этиленопроводов» на участке Нижнекамск - Казань. Модернизация объектов для транспортировки этилена с учетом дополнительных объемов от ЭП-600"					
Изм.	Кол. уч.	Лист N док.	Подп.	Дата	Стадия
				08.24	Лист
Разработал	Сысоев			08.24	Листов
Рук. группы	Бордунов			08.24	П
Гл. спец.	Османов			08.24	17
Н.контр.	Халтурин			08.24	
ГИП	Байков			08.24	



Балка прижимная БП1



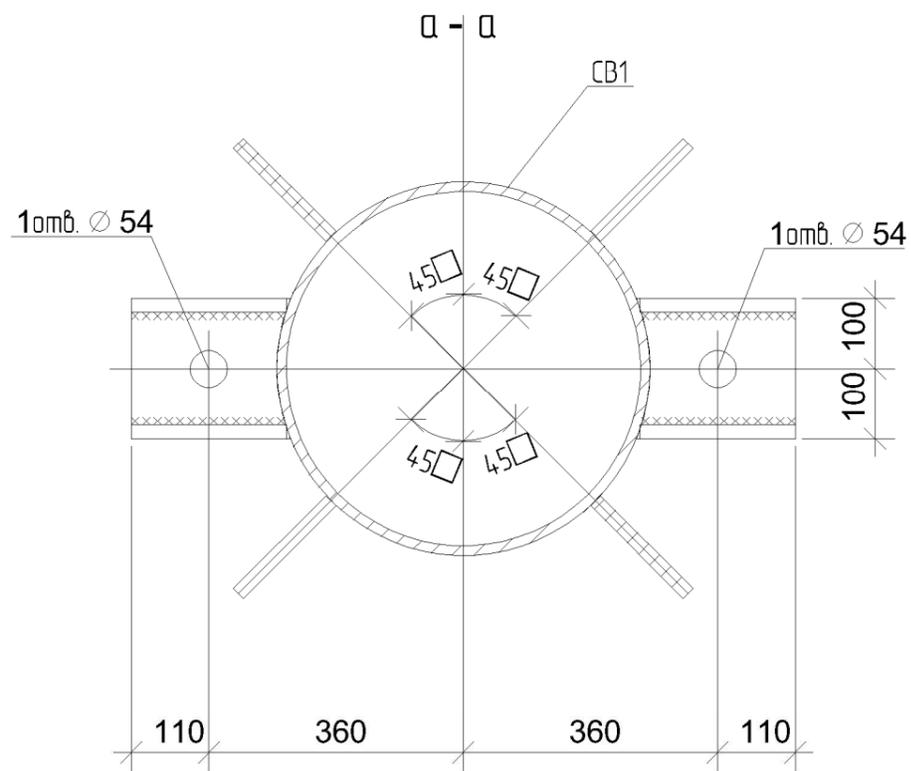
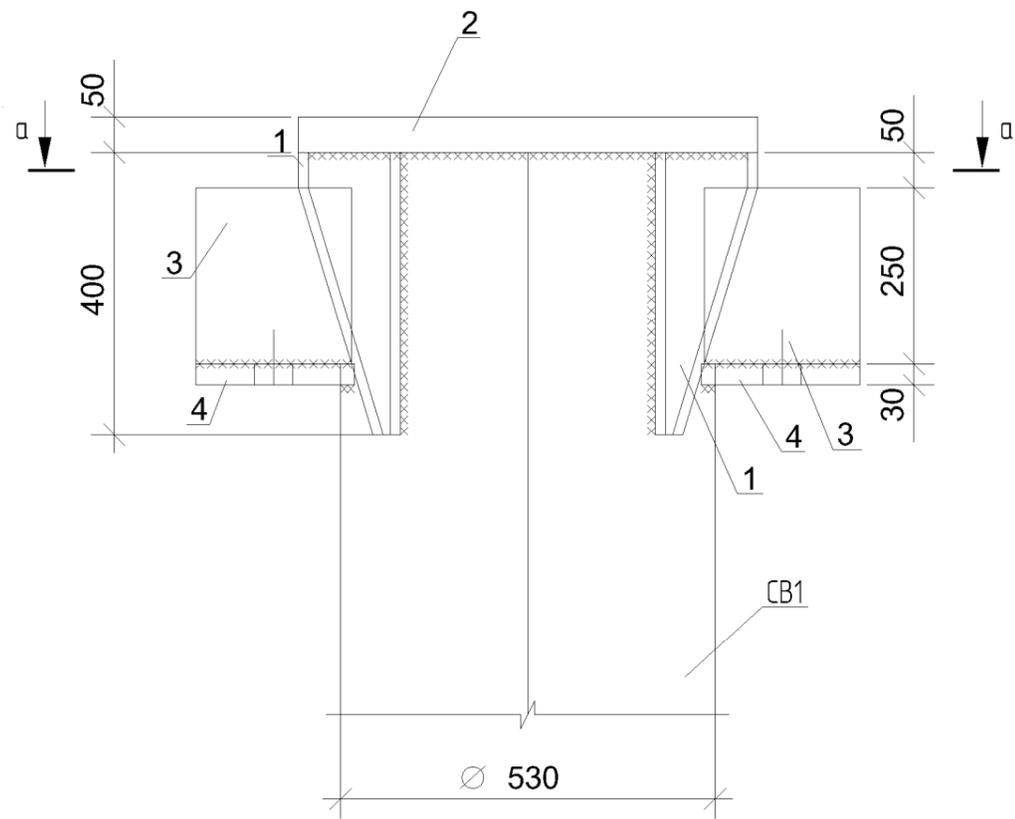
Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
Сборочные единицы					
1	ГОСТ 24379.1-2012	Болт 2.1.M48x1500.C355-6	2		
2	ГОСТ 5915-70	Гайка М48	8		
3	ГОСТ 24379.1-2012	Шайба 48	4		
Детали					
4	30Б2	ГОСТ Р 57837-2017 С245 ГОСТ 27772-2015	L=100 2	40.39	80.79
1	10x70x280	ГОСТ 19903-74 * С245 ГОСТ 27772-2015	24	1.54	36.93
2	20x200x330	ГОСТ 19903-74 * С255 ГОСТ 27772-2015	4	10.36	41.45
3	20x250x330	ГОСТ 19903-74 * С255 ГОСТ 27772-2015	1	12.95	12.95

Согласовано		
Взам. инв. №		
Подп. и дата		
Инв. № подл.	00000905	

					НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2		
					"Реконструкция линейного сооружения - имущественный комплекс «Управление этиленопроводов» на участке Нижнекамск - Казань. Модернизация объектов для транспортировки этилена с учётом дополнительных объёмов от ЭП-600"		
Изм.	Кол. уч.	Лист N док.	Подп.	Дата	Стадия	Лист	Листов
Разработал		Сысоев		08.24	П	18	
Рук. группы		Бордунов		08.24			
Гл. спец.		Османов		08.24			
Н.контр.		Халтурин		08.24	Балка прижимная БП1		
ГИП		Бабков		08.24			



Оголовок ОГ1

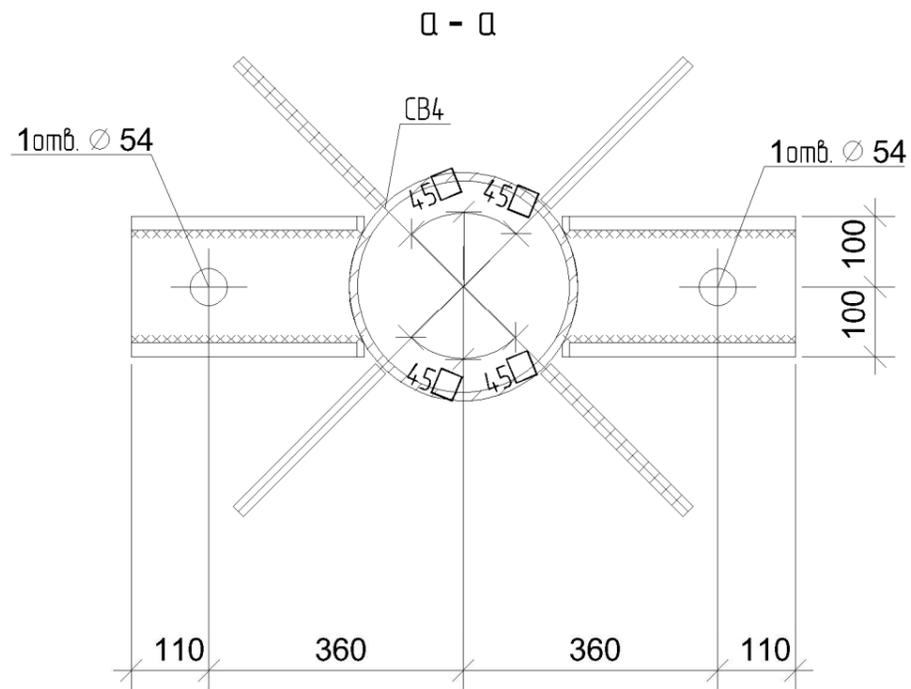
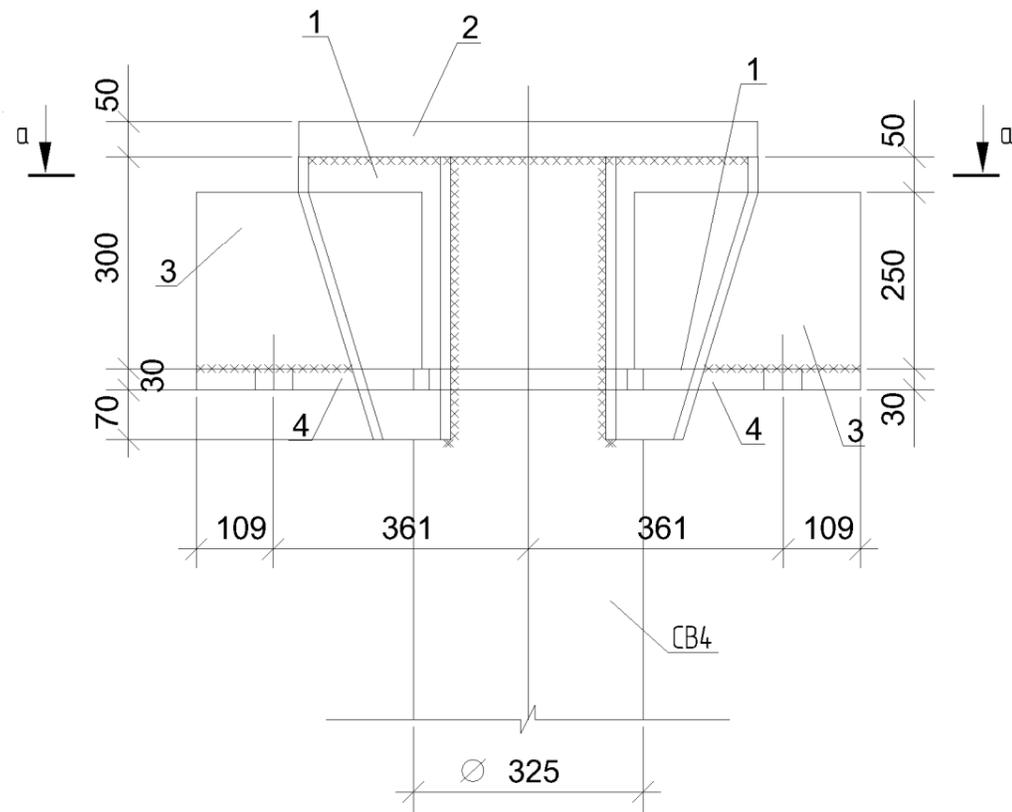


Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
Детали					
1		— 20x185x400 Т 19903-74* С245 ГОСТ 27772-2015	4	11.62	46.47
2		— 50x650x650 Т 19903-74* С245 ГОСТ 27772-2015	1	165.83	165.83
3		— 20x220x250 Т 19903-74* С255 ГОСТ 27772-2015	4	8.64	34.54
4		— 30x200x224 Т 19903-74* С255 ГОСТ 27772-2015	2	10.58	21.16

Согласовано			
Взам. инв. №			
Подг. и дата			
Инв. № подл.	00000505		

НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2				
"Реконструкция линейного сооружения - имуществомный комплекс «Управление этиленопроводов» на участке Нижнекамск - Казань. Модернизация объектов для транспортировки этилена с учётом дополнительных объёмов от ЭП-600"				
Изм.	Кол. уч.	Лист N док.	Подп.	Дата
Разработал	Сысоев			08.24
Рук. группы	Бордунов			08.24
Гл. спец.	Османов			08.24
Н.контр.	Халтурин			08.24
ГИП	Бадков			08.24
Оголовок ОГ1			Стадия	Лист
			П	19
			 вира realtime автоматизация.com	
Формат: А3				

Оголовок ОГ2



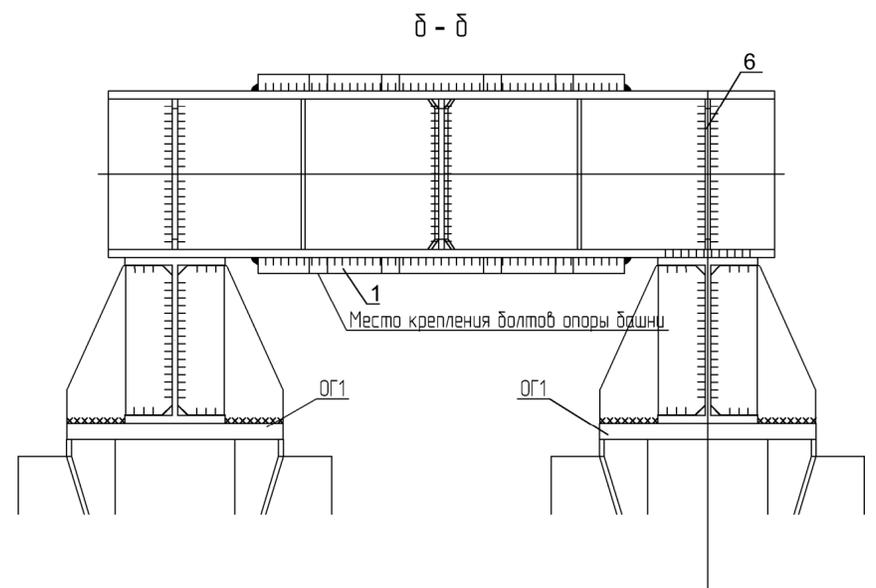
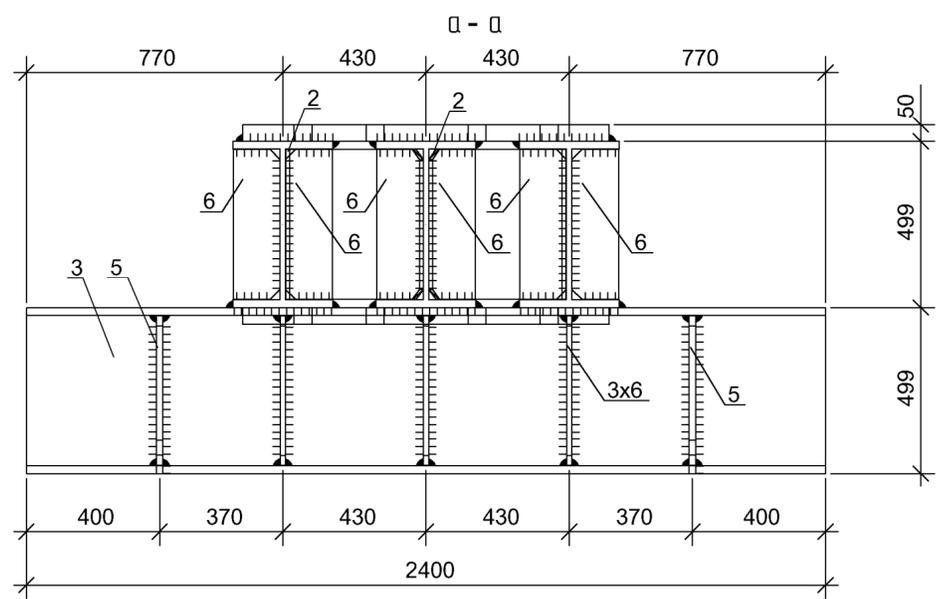
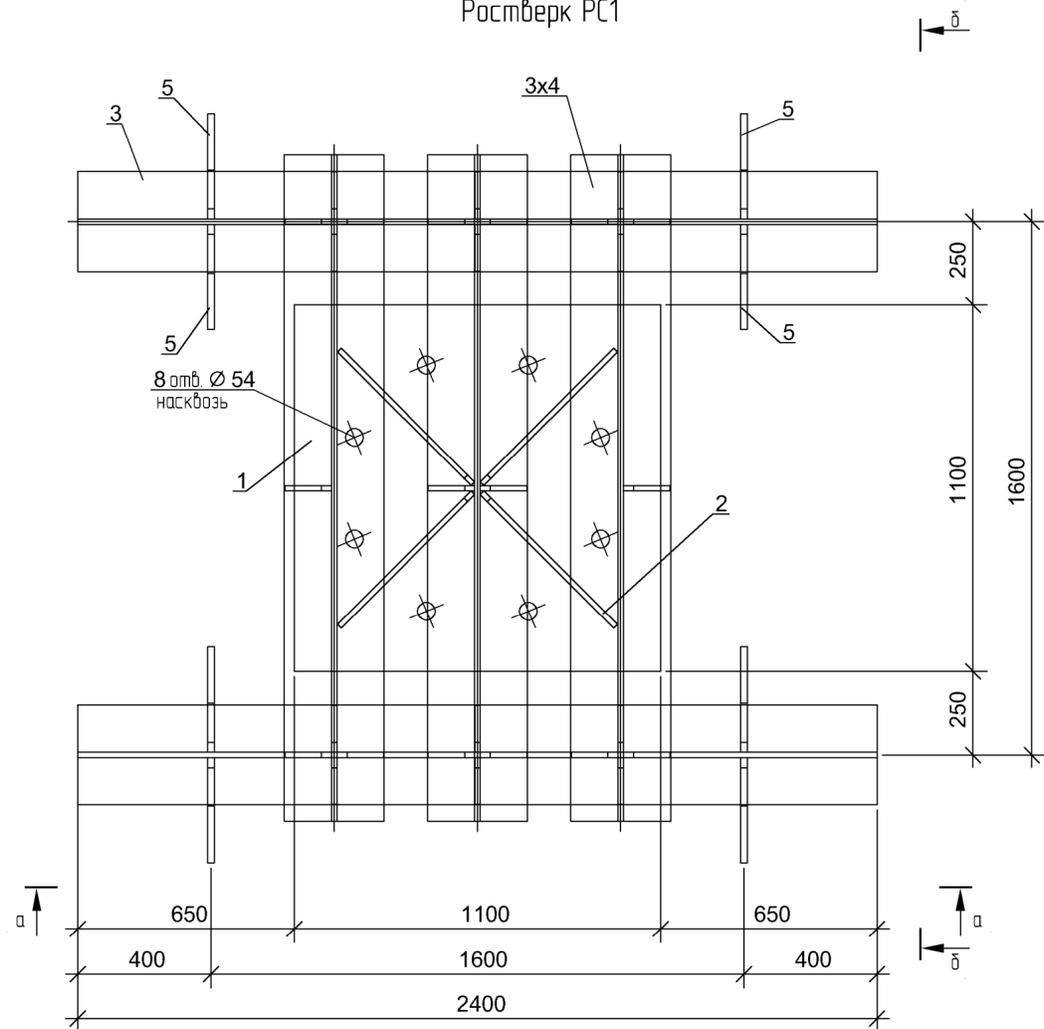
Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед. кг	Примечание
Детали					
1		— 20x285x400 Т 19903-74* С245 ГОСТ 27772-2015	4	17.90	71.59
2		— 50x650x650 Т 19903-74* С355-6 ГОСТ 27772-2015	1	165.83	165.83
3		— 20x250x320 Т 19903-74* С255 ГОСТ 27772-2015	4	12.56	50.24
4		— 30x200x330 Т 19903-74* С255 ГОСТ 27772-2015	2	15.54	31.09

Согласовано			
Взам. инв. №			
Подг. и дата			
Инв. № подл.	00000505		

НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2				
"Реконструкция линейного сооружения - имуществомный комплекс «Управление этиленопроводов» на участке Нижнекамск - Казань. Модернизация объектов для транспортировки этилена с учётом дополнительных объёмов от ЭП-600"				
Изм.	Кол. уч.	Лист N док.	Подп.	Дата
Разработал		Сысоев		08.24
Рук. группы		Бордунов		08.24
Гл. спец.		Османов		08.24
Н.контр.		Халтурин		08.24
ГИП		Бадков		08.24
Оголовок ОГ2			Стадия	Лист
			П	20
			Листов	
			Формат: А3	



Ростверк РС1



Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
Детали					
3		Т 50Ш4 ГОСТ Р 57837-2017 C245 ГОСТ 27772-2015 L=2400	2	417.08	834.16
4		Т 50Ш4 ГОСТ Р 57837-2017 C245 ГОСТ 27772-2015 L=2000	3	347.57	1042.70
1		—50x1100*ГОСТ 19903-74* C255 ГОСТ 27772-2015	2	474.93	949.85
2		—16x450x566Т 19903-74* C245 ГОСТ 27772-2015	4	32.03	128.13
5		—20x316x474Т 19903-74* C255 ГОСТ 27772-2015	8	23.54	188.33
6		—16x140x450Т 19903-74* C245 ГОСТ 27772-2015	28	7.91	221.56

СОГЛАСОВАНО
 Подпись Дата
 Инв. № подл. 00000905

НКНХ.5273-ПД-ИЛО.КР3.2				
"Реконструкция линейного сооружения - имуществомный комплекс «Управление этиленопроводов» на участке Нижнекамск - Казань. Модернизация объектов для транспортировки этилена с учётом дополнительных объёмов от ЭП-600"				
Изм.	Кол. уч.	Лист N док.	Подп.	Дата
Разработал	Сысоев			08.24
Рук. группы	Бордунов			08.24
Гл. спец.	Османов			08.24
Н.контр.	Халтурин			08.24
ГИП	Байков			08.24
Ростверк РС1			Лист	Листов
			П	21



Белмаст Связь

ООО «Белмаст Связь», 214018, Смоленская обл., г. Смоленск, пр-т Гагарина, д. 26, оф. 5.1
+7 (4812) 339-899; +7(951)706-2626, факс +7 (4812) 33-87-20, info@belmast.ru
www.belmast.ru

Поверочный расчет башни высотой 40 м II ветрового района, тип местности А

Директор



Дедушков В.А.



ЛИЦЕНЗИЯ

№ 12934

(взамен Лиц.10438м от 22.10.2012г.)
на передачу и сопровождения интегрированной системы
SCAD Office



Дата передачи 2015/06/22

Передано ООО "БелЭксп", г.Псков.

Компания "SCAD SOFT" подтверждает настоящей лицензией факт передачи интегрированной системы прочностного анализа и проектирования конструкций SCAD Office 21 и гарантирует сопровождение и обновление системы в рамках переданной конфигурации в течении одного года со дня передачи.

Комплектация передаваемых программных модулей

	z64	z392	zMax
Количество рабочих мест	1	0	0
Графический синтез расчетной схемы, линейный расчет и анализ результатов расчета	x		
Расчетные сочетания усилий			
Подбор арматуры в элементах железобетонных конструкций			
Анализ устойчивости	x		
Проверка и подбор элементов стальных конструкций			
Вычисление спектров отклика	x		
Нелинейный процессор (расчет геометрически нелинейных задач)	x		
Амплитудно-частотные характеристики	x		
Вариации моделей			
Монтаж			

КОМЕТА	0
КРИСТАЛЛ	0
АРБАТ	0
КАМИН	0
МОНОЛИТ	0
ВЕСТ	0
КРОСС	0
ЗАПРОС	0
ДЕКОР	0
ОТКОС	0
Конструктор сечений	1
КОНСУЛ	0
СЕЗАМ	0
ТОНУС	0
КоКон	0
КУСТ	0

Локальный ключ:

Условия Лицензионного договора см. на обратной стороне листа

По вопросам сопровождения обращаться:
Тел. Факс (+38 044) 249 71 91, (+7 499) 267 40 76
e-mail: scad@scadsoft.com; scad@scadsoft.ru

Представитель ГК «SCAD SOFT»:



Булгаков С.А.
(Ф.И.О.)

Содержание

- Ведомость ссылочных документов
- 1 Исходные данные
- 2 Сбор нагрузок
 - 2.1 Вычисление ветровых нагрузок на несущие элементы башни
 - 2.2 Вычисление ветровых нагрузок на внутренний ствол
 - 2.3 Вычисление ветровых нагрузок на антенны
 - 2.4 Вычисление нагрузок от антенн и фидеров
 - 2.5 Вычисление нагрузок от площадок
 - 2.6 Вычисление снеговых нагрузок на площадки
 - 2.7 Список загружений и комбинаций
- 3 Проверочные расчеты
 - 3.1 Проверка поясов и элементов решетки по первой группе предельных состояний
 - 3.2 Проверка башни по второй группе предельных состояний
 - 3.3 Расчет болтовых соединений
- 4 Результаты расчета
 - 4.1 Расчетные нагрузки на фундамент
 - 4.2 Выводы

Ведомость ссылочных документов

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия
2. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции

1 Исходные данные

Поверочные расчеты металлоконструкций башни высотой 40 метров для II ветрового района, тип местности А, выполнены на действие ветра на расчетную площадь, имитирующее возможное размещение проектируемого антенно-фидерного оборудования.

Снеговой район - IV, расчетная снеговая нагрузка – 280 кг/м².

Расчетная ветровая площадь образована следующими элементами:

- Антенна дипольная D8 VHF ($A=0,6 \text{ м}^2$) – 1 шт. с отм. 25,000 до отм. 40,000 м
- Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX $d=1,8 \text{ м}$ – 3 шт. на отметке 40,000 м
- Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX $d=1,8 \text{ м}$ – 3 шт. на отметке 30,000 м
- Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX $d=1,8 \text{ м}$ – 3 шт. на отметке 20,000 м
- Кабель дипольной антенны $d=28 \text{ мм}$ – 2 шт. по высоте
- Кабель РРЛ $d=11 \text{ мм}$ – 18 шт. по высоте

Металлоконструкция башни рассчитывалась на следующие сочетания нагрузок:

- Собственный вес башни, вес технологического оборудования (антенны, фидера), снеговая нагрузка и ветровое давление

Расчет башни выполнялся на три направления ветровой нагрузки:

- поперек грани
- на ребро
- вдоль грани

Расчет выполнен с помощью ПК SCAD 21.1 с учетом пульсационного воздействия ветрового потока согласно [1], при учете первых 6-ти форм собственных колебаний.

При расчете учитывались следующие коэффициенты:

- коэффициент надежности на собственный вес конструкции $\gamma_f = 1,05$
- коэффициент надежности на вес оборудования $\gamma_f = 1,2$
- коэффициент надежности на ветровую нагрузку $\gamma_f = 1,4$
- коэффициент ответственности сооружения $\gamma_n = 1,0$ (II уровень ответственности)

В геометрическом отношении башня представляет собой композицию двух фигур:

- трехгранная пирамида в нижней части до отм. 30,0 м с основаниями в форме равносторонних треугольников, большего нижнего со стороной 5,5 м и меньшего верхнего со стороной 2,5 м;

- трехгранная призма с отм. 30,0 до отм. 40,0 м с сечением в виде равностороннего треугольника со стороной 2,5 м.

Внутри башни ниже отметки +30,000 метров, расположен решетчатый ствол трехгранного сечения со стороной грани 400 мм. К стволу крепится лестница. К несущим конструкциям башни внутренний ствол крепится распорками.

Раскосная решетка по граням крестообразная

Крепление решетки к поясам одноболтовое через фасонку

Соединения поясов – фланцевые на болтах

Пояса башни выполнены из круглой трубы по ГОСТ 8732-78

Решетка из квадратных труб по ГОСТ 8639-82

Сталь поясов и решетки – 09Г2С по ГОСТ 19281-89 (С345 по ГОСТ 27772-88)

Таблица 1.1 - Сечение элементов башни

Элемент	Секция	Отметки, м	Сечение
Пояса	SC-1	30-40	Тр. 114х6
	SC-2	20-30	Тр. 159х6
	SC-3	10-20	Тр. 168х6
	SC-4	0-10	Тр. 194х10
Раскосы	SC-1	30-40	Тр. 50х50х4
	SC-2	20-30	Тр. 50х50х4
	SC-3	10-20	Тр. 60х60х4
	SC-4	0-10	Тр. 70х70х4

Для расчетов несущей способности отдельных элементов, они разбиты на группы с одинаковым сечением и назначением (пояс, раскос) в интервале высот.

По высоте башни предусматриваются площадки для обслуживания, а также отдыха при подъеме, расположение и параметры площадок указаны в таблице:

Таблица 1.2 – Расположение площадок

Отметка, м	Площадка
39,000	PL-6
30,000	PL-6
20,000	PL-30
10,000	PL-2

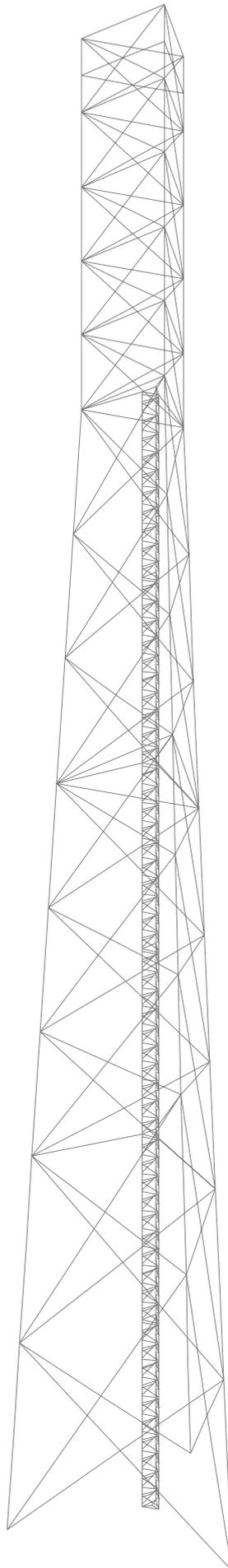


Рисунок 1 - Общий вид расчетной схемы башни

2 Сбор нагрузок

2.1 Вычисление ветровых нагрузок на несущие элементы башни

Таблица 2.1

№ сек.	H_c , м	k	L_n , м	d_n , м	$L_{раск}$, м	$L_{расп}$, м	d_p , м	A_n^* , м ²	A_p^* , м ²
SC-1	35	1,44	20,000	0,114	32,02	15,00	0,050	2,62	2,70
SC -2	25	1,31	20,034	0,159	26,94	2,50	0,050	3,66	1,69
SC -3	15	1,13	20,034	0,168	31,26	3,50	0,060	3,87	2,40
SC -4	5	0,75	20,034	0,194	28,29	4,50	0,070	4,47	2,64

Таблица 2.1 (продолжение)

B_c , м	A_k , м ²	C_x	ϕ	η	C_f	W , кг/м ²	$W_{расп}$, кг/м
2,614	26,1	0,196	0,204	0,788	0,3154	19,04	16,59
3,159	31,6	0,138	0,170	0,849	0,2298	12,67	13,34
4,168	41,7	0,131	0,150	0,883	0,2215	10,47	14,54
5,194	51,9	0,117	0,137	0,908	0,2003	6,31	10,92

* при вычислении A_n и A_p , неучтенные площади учитывались коэффициентом 1,15

H_c – высота расположения середины секции над поверхностью земли;

k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте (п.11.1.6 [1]);

L_n - полная длина элементов пояса, наветренной грани, в пределах секции;

d_n - габарит сечения элементов пояса в пределах секции;

$L_{раск}$ - полная длина элементов раскосов, наветренной грани, в пределах секции;

$L_{расп}$ - полная длина элементов распорок, наветренной грани, в пределах секции;

d_p - габарит сечения элементов раскосов и распорок в пределах секции;

A_n - наветренная площадь элементов габаритом d_n , в пределах секции;

A_p - наветренная площадь элементов габаритом d_p , в пределах секции;

B_c – расстояние между поясами, в уровне H_c ;

A_k - площадь, ограниченная контуром секции башни;

C_x - аэродинамический коэффициент для наветренной грани секции башни. (Приложение Д.1.14 [1])

$$C_x = \frac{1}{A_k} (c_n \cdot A_n + c_p \cdot A_p)$$

c_n , c_p - аэродинамический коэффициент элементов пояса и раскосов-распорок

c_n - определяется по приложению Д.1.12 [1]

$$c_p = 1,4$$

ϕ - коэффициент заполнения для наветренной фермы секции

$$\phi = \frac{1}{A_k} (A_n + A_p)$$

η – коэффициент учитывающий затенение подветренных ферм мачты наветренной фермы

C_f – аэродинамический коэффициент для решетчатой секции башни

$$C_f = C_x \cdot (1 + \eta) \cdot k_1$$

k_1 - коэффициент, учитывающий направление ветра

$k_1 = 0,9$ - при направлении ветра на грань треугольных в плане башен.

W - расчетное ветровое давление на секцию башни

$$W = \gamma_f \cdot W_0 \cdot C_f \cdot k$$

$\gamma_f = 1,4$ - коэффициент надежности на ветровую нагрузку (п.11.1.12 [1])

$W_0 = 30 \text{ кг/м}^2$ - нормативное значение ветрового давления (п.11.1.4 [1])

$W_{расч}$ – распределенная нагрузка на пояса от расчетного ветрового давления.

$$W_{расч} = W \cdot B_c / n$$

$n = 3$ - количество поясов на которые собирается ветровая нагрузка

2.2 Вычисление ветровых нагрузок на внутренний ствол

Таблица 2.2

Z, м	k	$W_{расч}$, кг/м
36,000	1,45	51,8
20,000	1,25	44,7
10,000	1,00	35,7
5,000	0,75	26,8
0,000	0,75	26,8

* неучтенные площади учитывались коэффициентом 1,15

Z – высота расположения узла над поверхностью земли;

W – распределенная нагрузка на внутренний ствол от расчетного ветрового давления, без учета коэффициента k .

$$W = \gamma_f \cdot W_0 \cdot (c_\phi \cdot d_\phi + c_l \cdot d_l), \text{ кг/м}$$

$c_\phi = 1,4$ – аэродинамический коэффициент ствола и кабелей.

$d_\phi = 0,4 \text{ м}$ – габарит внутреннего ствола и кабелей;

$c_l = 1,2$ – аэродинамический коэффициент элементов ограждения лестницы.

$d_l = 0,15 \text{ м}$ – условный габарит элементов ограждения лестницы;

$$W_{расч} = W \cdot k$$

$W_{расч}$ – распределенная нагрузка на внутренний ствол от расчетного ветрового давления, с учетом коэффициента k .

2.3 Вычисление ветровых нагрузок на антенны

Таблица 2.3

Z, м	k	A _i , м ²	C _x	C _x · A _i , м ²	W, кг	n, шт	W _{общ} , кг
40,000	1,50	0,60	1,4	0,840	52,9	1	52,9
40,000	1,50	2,54	1,4	3,563	224,4	3	673,3
30,000	1,38	2,54	1,4	3,563	205,7	3	617,2
20,000	1,25	2,54	1,4	3,563	187,0	3	561,1

A_i - наветренная площадь антенны;

C_x - аэродинамический коэффициент антенны;

W - расчетная ветровая узловая нагрузка

$$W = \gamma_f \cdot W_0 \cdot k \cdot C_x \cdot A_i$$

2.4 Вычисление нагрузок от антенн и фидеров

Таблица 2.4

Отметка, м	Тип нагрузки	Кол-во	Вес одной шт., кг	Вес креплений для антенн
40,000	Антенна дипольная D8 VHF (A=0,6 м ²)	1	21,5	50
40,000	Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX d=1,8 м	3	100	50
30,000	Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX d=1,8 м	3	100	50
20,000	Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX d=1,8 м	3	100	50
Распр.	Кабель дипольной антенны d=28 мм	2	0,5 кг/м	-
Распр.	Кабель РРЛ d=11 мм	18	0,25 кг/м	-

2.5 Вычисление нагрузок от площадок

Таблица 2.5

Отметка, м	Площадка	Вес, кг
39,000	PL-6	140
30,000	PL-6	140
20,000	PL-30	240
10,000	PL-2	180

2.6 Вычисление снеговых нагрузок на площадки

Таблица 2.6

Отметка, м	Площадка	$A, \text{ м}^2$	$S, \text{ кг}$
39,000	PL-6	2,7	757,8
30,000	PL-6	2,7	757,8
20,000	PL-30	5,3	1485,2
10,000	PL-2	1,0	280,0

A - площадь настила площадки;

S - расчетная снеговая нагрузка (п.10.1 [1])

$$S = c_e * c_t * \mu * S_g$$

$c_e=1$ – коэффициент, учитывающий снос снега (п.10.9 [1])

$c_t=1$ – термический коэффициент (п.10.10 [1])

$\mu=1$ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке (п.10.4 [1])

$S_g=280 \text{ кг/м}^2$ – вес снегового покрова (Таблица 10.1 [1])

2.7 Список загрузений и комбинаций

Таблица 2.7 - Загружения

Номер	Наименование
1	Собственный вес башни
2	Вес кабелей, антенн, креплений и площадок
3	Ветер поперек грани
4	Ветер на ребро
5	Ветер вдоль грани
6	Снег
7	Ветер поперек грани + пульсация
8	Ветер на ребро + пульсация
9	Ветер вдоль грани + пульсация

Таблица 2.8 - Комбинации

Номер	Наименование
1	$1*(1) + 1*(2) + 0,9*(6) + 1*(7)$
2	$1*(1) + 1*(2) + 0,9*(6) + 1*(8)$
3	$1*(1) + 1*(2) + 0,9*(6) + 1*(9)$
4	$1*(1) + 1*(2) + 1*(7)$
5	$1*(1) + 1*(2) + 1*(8)$
6	$1*(1) + 1*(2) + 1*(9)$

3 Проверочные расчеты

3.1 Проверка поясов и элементов решетки по первой группе предельных состояний

Таблица 3.1 - Проверка поясов по первой группе предельных состояний

SC	Сеч.	N, кН	A, см ²	L _{ef} , см	i _x , см	λ	λ̄	δ	φ	Проверка на устойчивость			Проверка на гибкость		
1	114x6	103,4	20,358	200,0	3,824	52,3	2,03	14,89	0,874	0,19	<	1	52,3	<	120,0
2	159x6	242,8	28,840	333,9	5,414	61,7	2,39	16,72	0,822	0,33	<	1	61,7	<	120,0
3	168x6	384,2	30,536	333,9	5,731	58,3	2,26	16,02	0,842	0,48	<	1	58,3	<	120,0
4	194x10	486,4	57,805	500,8	6,515	76,9	2,98	20,23	0,708	0,38	<	1	76,9	<	120,0

Таблица 3.2 - Проверка элементов решетки по первой группе предельных состояний

SC	Сеч.	N, кН	e, см	A, см ²	W, см ³	i _x , см	L _{ef} , см	m	λ	λ̄	η	m _{ef}	φ _e
1	50x4	17,7	2,9	7,080	9,820	1,862	160,1	2,09	86,0	3,336	1,35	2,82	0,251
2	50x4	20,2	2,9	7,080	9,820	1,862	247,5	2,09	132,9	5,157	1,25	2,61	0,179
3	60x4	23,0	3,4	8,680	14,910	2,270	283,9	1,98	125,1	4,851	1,26	2,49	0,194
4	70x4	23,0	3,9	10,280	21,070	2,678	379,8	1,90	141,8	5,501	1,25	2,38	0,173

Таблица 3.2 (продолжение)

SC	Сеч.	Проверка на устойчивость			Проверка на гибкость		
1	50x4	0,32	<	1	86,0	<	180,0
2	50x4	0,51	<	1	132,9	<	179,3
3	60x4	0,44	<	1	125,1	<	180,0
4	70x4	0,42	<	1	141,8	<	180,0

Проверка на устойчивость центрально-сжатых поясов выполняется согласно п.7.1.3 [2];

$$\frac{N}{\phi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \cdot \gamma_n \leq 1$$

Проверка на устойчивость внецентренно-сжатых элементов решетки выполняется согласно п.9.2.2 [2];

$$\frac{N}{\phi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \cdot \gamma_n \leq 1$$

Проверка на гибкость выполняется для сжатых элементов, п.10.4.1 [2];

$$\lambda < \lambda_u$$

A, W, i – площадь, момент сопротивления и радиус инерции поперечного сечения

m - относительный эксцентриситет

$$m = \frac{eA}{W_x}$$

l_{ef} - расчетная длина элемента

λ - гибкость элемента

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$$

$\bar{\lambda}$ - относительная гибкость элемента;

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R_y/E}$$

η – коэффициент влияния формы сечения табл. Д.2 [2]

$m_{ef} = \eta \cdot m$ (п. 9.2.2 [2])

φ – коэффициент продольного изгиба (п.7.1.3 [2])

φ_e – коэффициент для проверки устойчивости внецентренно-сжатых (сжато-изгибаемых) стержней (табл. Д.3 [2])

$R_y = 31,0 \text{ кН/см}^2$ – расчетное сопротивление стали при толщине от 2 до 20 мм

$E=20600 \text{ кН/см}^2$ – модуль упругости прокатной стали (Таблица Г.10 [2])

λ_u - предельная гибкость (Таблица 32 [2])

Для поясов - $\lambda_u = 120$ (Таблица 32 1б [2])

Для остальных элементов решетки $\lambda_u = 210 - 60 \cdot \alpha$ (Таблица 32 2а [2])

$$\alpha = \frac{N}{\phi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c}$$

$\gamma_c = 1,0$ - коэффициент условия работы (Таблица 1 [2])

3.2 Проверка башни по второй группе предельных состояний

Максимальное отклонение башни под действием нормативного давления ветра без учета пульсационной составляющей составляет 52 мм, что меньше допустимого отклонения $1/100=40000/100=400$ мм (Таблица 17.7 [2]).

3.3 Расчет болтовых соединений

Таблица 3.3 – Проверка болтовых соединений раскосов к фасонкам

Секция	N , кН	d , см	$t^{фас}$, см	t^{np} , см	A , см ²	$\sum t$, см	γ_b	N_{bs} , кН	N_{bp} , кН	n		n_{np}
SC-1	17,7	1,6	0,8	0,7	2,01	0,7	0,74	66,3	51,1	0,35	<	1
SC-2	20,2	1,6	0,8	0,7	2,01	0,7	0,74	66,3	51,1	0,39	<	1
SC-3	23,0	2,0	0,8	0,7	3,14	0,7	0,71	103,6	61,4	0,37	<	1
SC-4	23,0	2,0	0,8	0,7	3,14	0,7	0,83	103,6	72,3	0,32	<	1

Класс прочности болтов 8,8

Класс точности В

N – максимальное усилие в элементах данной секции

d – наружный диаметр стержня болта

$t^{фас}$ – толщина фасонки в данной секции

t^{np} – толщина стенки квадратной трубы в данной секции

$A = \pi \cdot d^2 / 4$ – расчетная площадь сечения болта

$\sum t$ – наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении

$N_{bs} = R_{bs} \cdot \gamma_b \cdot A \cdot n_s$ – расчетное усилие среза, которое может быть воспринято одним болтом

$R_{bs} = 33,2$ кН/см² – расчетное сопротивление срезу болтового соединения (Таблица Г.5, [2])

γ_b – коэффициент условий работы соединения (Таблица 41 [2])

$n_s = 1$ – число расчетных срезов одного болта

$N_{bt} = R_{bp} \cdot \gamma_b \cdot d \cdot \sum t$ – расчетное усилие смятия, которое может быть принято одним болтом

$R_{bp} = 62$ кН/см² – расчетное сопротивление смятию болтового соединения (Таблица Г.6 [2])

$n \geq \frac{\gamma_n \cdot N}{\gamma_c \cdot N_{min}}$ – требуемое количество болтов, при действии продольной силы N

N_{min} – меньшее из значений расчетных усилий для одного болта (N_{bs} , N_{bp})

$\gamma_c = 1,0$ – коэффициент условия работы (Таблица 1 [2])

Таблица 3.4 - Проверка фланцевых болтовых соединений

Секция	N , кН	d , см	A_{bn} , см ²	N_{bt} , кН	n		n_{np}
SC-1 – SC-2	124,3	2,4	3,52	158,4	0,8	<	6
SC-2 – SC-3	252,3	2,4	3,52	158,4	1,6	<	6
SC-3 – SC-4	380,5	2,7	4,59	206,6	1,8	<	6
SC-4	444,5	3,0	5,60	252,0	1,8	<	6

Класс прочности фланцевых болтов 8,8

Сталь фундаментных болтов 09Г2С-12

Класс точности В

N – максимальное усилие в элементах данных секций

d – наружный диаметр стержня болта

A_{bn} – площадь сечения болта нетто (Таблица Г.9 [2])

$N_b = R_{bt} \cdot A_{bn}$ – расчетное усилие растяжения, которое может быть воспринято одним болтом

$R_{bt} = 45,1$ кН/см² – расчетное сопротивление растяжению фланцевых болтов (Таблица Г.5 [2])

$n \geq \frac{N}{\gamma_c \cdot N_{bt}}$ – требуемое количество болтов, при действии продольной силы N

$\gamma_c = 1,0$ – коэффициент условия работы (Таблица 1 [2])

4 Результаты расчета

4.1 Расчетные нагрузки на фундамент

Максимальные нагрузки анкерную деталь:

	N , кН	Q , кН
Прижим	510,9	51,2
Отрыв	444,5	46,7

Максимальные нагрузки на фундамент в целом:

$$N = 133,9 \text{ кН}$$

$$Q = 82,1 \text{ кН}$$

$$M = 2273,1 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Максимальные нагрузки на центральный ствол

$$N = 43,4 \text{ кН}$$

4.2 Выводы

Конструкция башни высотой 40 метров по проекту ST40-T4-КМ удовлетворяет требованиям, предъявляемым СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции».



Белмаст Связь

ООО «Белмаст Связь», 214018, Смоленская обл., г. Смоленск, пр-т Гагарина, д. 26, оф. 5.1
+7 (4812) 339-899; +7(951)706-2626, факс +7 (4812) 33-87-20, info@belmast.ru
www.belmast.ru

**Поверочный расчет башни высотой 50 м
II ветрового района, тип местности А**

Директор



Дедушков В.А.



ЛИЦЕНЗИЯ

№ 12934

(взамен Лиц.10438м от 22.10.2012г.)
на передачу и сопровождения интегрированной системы
SCAD Office



Дата передачи 2015/06/22

Передано ООО "БелЭксп", г.Псков.

Компания "SCAD SOFT" подтверждает настоящей лицензией факт передачи интегрированной системы прочностного анализа и проектирования конструкций SCAD Office 21 и гарантирует сопровождение и обновление системы в рамках переданной конфигурации в течении одного года со дня передачи.

Комплектация передаваемых программных модулей

	z64	z392	zMax
Количество рабочих мест	1	0	0
Графический синтез расчетной схемы, линейный расчет и анализ результатов расчета	x		
Расчетные сочетания усилий			
Подбор арматуры в элементах железобетонных конструкций			
Анализ устойчивости	x		
Проверка и подбор элементов стальных конструкций			
Вычисление спектров отклика	x		
Нелинейный процессор (расчет геометрически нелинейных задач)	x		
Амплитудно-частотные характеристики	x		
Вариации моделей			
Монтаж			

КОМЕТА	0
КРИСТАЛЛ	0
АРБАТ	0
КАМИН	0
МОНОЛИТ	0
ВЕСТ	0
КРОСС	0
ЗАПРОС	0
ДЕКОР	0
ОТКОС	0
Конструктор сечений	1
КОНСУЛ	0
СЕЗАМ	0
ТОНУС	0
Кокон	0
КУСТ	0

Локальный ключ:

Условия Лицензионного договора см. на обратной стороне листа

По вопросам сопровождения обращаться:
Тел. Факс (+38 044) 249 71 91, (+7 499) 267 40 76
e-mail: scad@scadsoft.com; scad@scadsoft.ru

Представитель ГК «SCAD SOFT»:



Булгаков С.А.
(Ф.И.О.)

Содержание

- Ведомость ссылочных документов
- 1 Исходные данные
- 2 Сбор нагрузок
 - 2.1 Вычисление ветровых нагрузок на несущие элементы башни
 - 2.2 Вычисление ветровых нагрузок на внутренний ствол
 - 2.3 Вычисление ветровых нагрузок на антенны
 - 2.4 Вычисление нагрузок от антенн и фидеров
 - 2.5 Вычисление нагрузок от площадок
 - 2.6 Вычисление снеговых нагрузок на площадки
 - 2.7 Список загружений и комбинаций
- 3 Проверочные расчеты
 - 3.1 Проверка поясов и элементов решетки по первой группе предельных состояний
 - 3.2 Проверка башни по второй группе предельных состояний
 - 3.3 Расчет болтовых соединений
- 4 Результаты расчета
 - 4.1 Расчетные нагрузки на фундамент
 - 4.2 Выводы

Ведомость ссылочных документов

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия
2. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции

1 Исходные данные

Поверочные расчеты металлоконструкций башни высотой 50 метров для II ветрового района, тип местности А, выполнены на действие ветра на расчетную площадь, имитирующее возможное размещение проектируемого антенно-фидерного оборудования.

Снеговой район - IV, расчетная снеговая нагрузка – 280 кг/м².

Расчетная ветровая площадь образована следующими элементами:

- Антенна дипольная D8 VHF ($A=0,6 \text{ м}^2$) – 1 шт. с отм. 35,000 до отм. 50,000 м
- Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX $d=1,8 \text{ м}$ – 3 шт. на отметке 50,000 м
- Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX $d=1,8 \text{ м}$ – 3 шт. на отметке 40,000 м
- Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX $d=1,8 \text{ м}$ – 3 шт. на отметке 30,000 м
- Кабель дипольной антенны $d=28 \text{ мм}$ – 2 шт. по высоте
- Кабель РРЛ $d=11 \text{ мм}$ – 18 шт. по высоте

Металлоконструкция башни рассчитывалась на следующие сочетания нагрузок:

- Собственный вес башни, вес технологического оборудования (антенны, фидера), снеговая нагрузка и ветровое давление

Расчет башни выполнялся на три направления ветровой нагрузки:

- поперек грани
- на ребро
- вдоль грани

Расчет выполнен с помощью ПК SCAD 21.1 с учетом пульсационного воздействия ветрового потока согласно [1], при учете первых 6-ти форм собственных колебаний.

При расчете учитывались следующие коэффициенты:

- коэффициент надежности на собственный вес конструкции $\gamma_f = 1,05$
- коэффициент надежности на вес оборудования $\gamma_f = 1,2$
- коэффициент надежности на ветровую нагрузку $\gamma_f = 1,4$
- коэффициент ответственности сооружения $\gamma_n = 1,0$ (II уровень ответственности)

В геометрическом отношении башня представляет собой композицию двух фигур:

- трехгранная пирамида в нижней части до отм. 40,0 м с основаниями в форме равносторонних треугольников, большего нижнего со стороной 6,5 м и меньшего верхнего со стороной 2,5 м;

- трехгранная призма с отм. 40,0 до отм. 50,0 м с сечением в виде равностороннего треугольника со стороной 2,5 м.

Внутри башни ниже отметки +40,000 метров, расположен решетчатый ствол трехгранного сечения со стороной грани 400 мм. К стволу крепится лестница. К несущим конструкциям башни внутренний ствол крепится распорками.

Раскосная решетка по граням крестообразная

Крепление решетки к поясам одноболтовое через фасонку

Соединения поясов – фланцевые на болтах

Пояса башни выполнены из круглой трубы по ГОСТ 8732-78

Решетка из квадратных труб по ГОСТ 8639-82

Сталь поясов и решетки – 09Г2С по ГОСТ 19281-89 (С345 по ГОСТ 27772-88)

Таблица 1.1 - Сечение элементов башни

Элемент	Секция	Отметки, м	Сечение
Пояса	SC-1	40-50	Тр. 114х6
	SC-2	30-40	Тр. 159х6
	SC-3	20-30	Тр. 168х6
	SC-4	10-20	Тр. 194х10
	SC-5	0-10	Тр. 219х10
Раскосы	SC-1	40-50	Тр. 50х50х4
	SC-2	30-40	Тр. 50х50х4
	SC-3	20-30	Тр. 60х60х4
	SC-4	10-20	Тр. 70х70х4
	SC-5	0-10	Тр. 80х80х4

Для расчетов несущей способности отдельных элементов, они разбиты на группы с одинаковым сечением и назначением (пояс, раскос) в интервале высот.

По высоте башни предусматриваются площадки для обслуживания, а также отдыха при подъеме, расположение и параметры площадок указаны в таблице:

Таблица 1.2 – Расположение площадок

Отметка, м	Площадка
49,000	PL-6
40,000	PL-6
30,000	PL-30
20,000	PL-2
10,000	PL-2

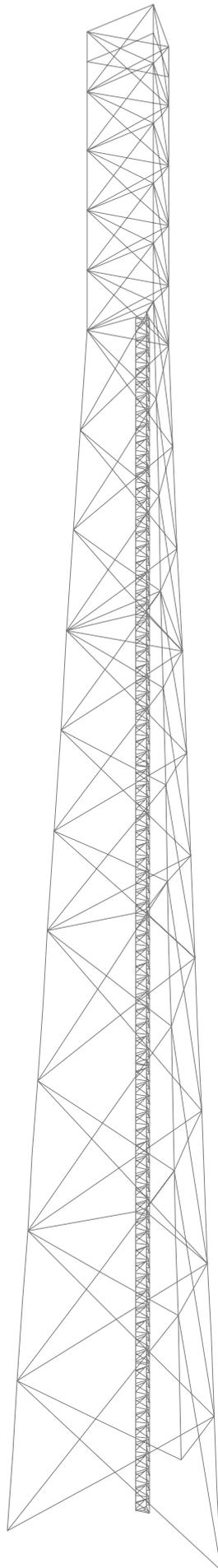


Рисунок 1 - Общий вид расчетной схемы башни

2 Сбор нагрузок

2.1 Вычисление ветровых нагрузок на несущие элементы башни

Таблица 2.1

№ сек.	H_c , м	k	L_n , м	d_n , м	$L_{раск}$, м	$L_{расп}$, м	d_p , м	A_n^* , м ²	A_p^* , м ²
SC-1	45	1,55	20,000	0,114	32,02	15,00	0,050	2,62	2,70
SC -2	35	1,44	20,034	0,159	26,94	2,50	0,050	3,66	1,69
SC -3	25	1,31	20,034	0,168	31,26	3,50	0,060	3,87	2,40
SC -4	15	1,13	20,034	0,194	28,29	4,50	0,070	4,47	2,64
SC -5	5	0,75	20,034	0,219	31,25	5,50	0,080	5,05	3,38

Таблица 2.1 (продолжение)

B_c , м	A_k , м ²	C_x	ϕ	η	C_f	W , кг/м ²	$W_{расп}$, кг/м
2,614	26,1	0,197	0,204	0,788	0,3164	20,60	17,95
3,159	31,6	0,139	0,170	0,849	0,2309	13,94	14,68
4,168	41,7	0,132	0,150	0,883	0,2230	12,30	17,08
5,194	51,9	0,119	0,137	0,908	0,2041	9,64	16,70
6,219	62,2	0,119	0,135	0,910	0,2046	6,45	13,36

* при вычислении A_n и A_p , неучтенные площади учитывались коэффициентом 1,15

H_c – высота расположения середины секции над поверхностью земли;

k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте (п.11.1.6 [1]);

L_n - полная длина элементов пояса, наветренной грани, в пределах секции;

d_n - габарит сечения элементов пояса в пределах секции;

$L_{раск}$ - полная длина элементов раскосов, наветренной грани, в пределах секции;

$L_{расп}$ - полная длина элементов распорок, наветренной грани, в пределах секции;

d_p - габарит сечения элементов раскосов и распорок в пределах секции;

A_n - наветренная площадь элементов габаритом d_n , в пределах секции;

A_p - наветренная площадь элементов габаритом d_p , в пределах секции;

B_c – расстояние между поясами, в уровне H_c ;

A_k - площадь, ограниченная контуром секции башни;

C_x - аэродинамический коэффициент для наветренной грани секции башни. (Приложение Д.1.14 [1])

$$C_x = \frac{1}{A_k} (c_n \cdot A_n + c_p \cdot A_p)$$

c_n , c_p - аэродинамический коэффициент элементов пояса и раскосов-распорок

c_n - определяется по приложению Д.1.12 [1]

$$c_p = 1,4$$

ϕ - коэффициент заполнения для наветренной фермы секции

$$\phi = \frac{1}{A_k} (A_n + A_p)$$

η – коэффициент учитывающий затенение подветренных ферм мачты наветренной фермы

C_f – аэродинамический коэффициент для решетчатой секции башни

$$C_f = C_x \cdot (1 + \eta) \cdot k_1$$

k_1 - коэффициент, учитывающий направление ветра

$k_1 = 0,9$ - при направлении ветра на грань треугольных в плане башен.

W - расчетное ветровое давление на секцию башни

$$W = \gamma_f \cdot W_0 \cdot C_f \cdot k$$

$\gamma_f = 1,4$ - коэффициент надежности на ветровую нагрузку (п.11.1.12 [1])

$W_0 = 30 \text{ кг/м}^2$ - нормативное значение ветрового давления (п.11.1.4 [1])

$W_{расч}$ – распределенная нагрузка на пояса от расчетного ветрового давления.

$$W_{расч} = W \cdot B_c / n$$

$n = 3$ - количество поясов на которые собирается ветровая нагрузка

2.2 Вычисление ветровых нагрузок на внутренний ствол

Таблица 2.2

Z, м	k	$W_{расч}$, кг/м
46,000	1,56	55,8
40,000	1,50	53,6
20,000	1,25	44,7
10,000	1,00	35,7
5,000	0,75	26,8
0,000	0,75	26,8

* неучтенные площади учитывались коэффициентом 1,15

Z – высота расположения узла над поверхностью земли;

W – распределенная нагрузка на внутренний ствол от расчетного ветрового давления, без учета коэффициента k.

$$W = \gamma_f \cdot W_0 \cdot (c_\phi \cdot d_\phi + c_l \cdot d_l), \text{ кг/м}$$

$c_\phi = 1,4$ – аэродинамический коэффициент ствола и кабелей.

$d_\phi = 0,4 \text{ м}$ – габарит внутреннего ствола и кабелей;

$c_l = 1,2$ – аэродинамический коэффициент элементов ограждения лестницы.

$d_l = 0,15 \text{ м}$ – условный габарит элементов ограждения лестницы;

$$W_{расч} = W \cdot k$$

$W_{расч}$ – распределенная нагрузка на внутренний ствол от расчетного ветрового давления, с учетом коэффициента k.

2.3 Вычисление ветровых нагрузок на антенны

Таблица 2.3

Z, м	k	A _i , м ²	C _x	C _x · A _i , м ²	W, кг	n, шт	W _{общ} , кг
50,000	1,60	0,60	1,4	0,840	56,4	1	56,4
50,000	1,60	2,54	1,4	3,563	239,4	3	718,2
40,000	1,50	2,54	1,4	3,563	224,4	3	673,3
30,000	1,38	2,54	1,4	3,563	205,7	3	617,2

A_i - наветренная площадь антенны;

C_x - аэродинамический коэффициент антенны;

W - расчетная ветровая узловая нагрузка

$$W = \gamma_f \cdot W_0 \cdot k \cdot C_x \cdot A_i$$

2.4 Вычисление нагрузок от антенн и фидеров

Таблица 2.4

Отметка, м	Тип нагрузки	Кол-во	Вес одной шт., кг	Вес креплений для антенн
50,000	Антенна дипольная D8 VHF (A=0,6 м ²)	1	21,5	50
50,000	Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX d=1,8 м	3	100	50
40,000	Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX d=1,8 м	3	100	50
30,000	Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX d=1,8 м	3	100	50
Распр.	Кабель дипольной антенны d=28 мм	2	0,5 кг/м	-
Распр.	Кабель РРЛ d=11 мм	18	0,25 кг/м	-

2.5 Вычисление нагрузок от площадок

Таблица 2.5

Отметка, м	Площадка	Вес, кг
49,000	PL-6	140
40,000	PL-6	140
30,000	PL-30	240
20,000	PL-2	180
10,000	PL-2	180

2.6 Вычисление снеговых нагрузок на площадки

Таблица 2.6

Отметка, м	Площадка	$A, \text{м}^2$	$S, \text{кг}$
49,000	PL-6	2,7	757,8
40,000	PL-6	2,7	757,8
30,000	PL-30	5,3	1485,2
20,000	PL-2	1,0	280,0
10,000	PL-2	1,0	280,0

A - площадь настила площадки;

S - расчетная снеговая нагрузка (п.10.1 [1])

$$S = c_e * c_t * \mu * S_g$$

$c_e=1$ – коэффициент, учитывающий снос снега (п.10.9 [1])

$c_t=1$ – термический коэффициент (п.10.10 [1])

$\mu=1$ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке (п.10.4 [1])

$S_g=280 \text{ кг/м}^2$ – вес снегового покрова (Таблица 10.1 [1])

2.7 Список загрузжений и комбинаций

Таблица 2.7 - Загружения

Номер	Наименование
1	Собственный вес башни
2	Вес кабелей, антенн, креплений и площадок
3	Ветер поперек грани
4	Ветер на ребро
5	Ветер вдоль грани
6	Снег
7	Ветер поперек грани + пульсация
8	Ветер на ребро + пульсация
9	Ветер вдоль грани + пульсация

Таблица 2.8 - Комбинации

Номер	Наименование
1	$1*(1) + 1*(2) + 0,9*(6) + 1*(7)$
2	$1*(1) + 1*(2) + 0,9*(6) + 1*(8)$
3	$1*(1) + 1*(2) + 0,9*(6) + 1*(9)$
4	$1*(1) + 1*(2) + 1*(7)$
5	$1*(1) + 1*(2) + 1*(8)$
6	$1*(1) + 1*(2) + 1*(9)$

3 Проверочные расчеты

3.1 Проверка поясов и элементов решетки по первой группе предельных состояний

Таблица 3.1 - Проверка поясов по первой группе предельных состояний

SC	Сеч.	N, кН	A, см ²	L _{ef} , см	i _x , см	λ	λ̄	δ	φ	Проверка на устойчивость			Проверка на гибкость		
										0,20	<	1	52,3	<	120,0
1	114x6	109,4	20,358	200,0	3,824	52,3	2,03	14,89	0,874	0,20	<	1	52,3	<	120,0
2	159x6	261,1	28,840	333,9	5,414	61,7	2,39	16,72	0,822	0,36	<	1	61,7	<	120,0
3	168x6	420,7	30,536	333,9	5,731	58,3	2,26	16,02	0,842	0,53	<	1	58,3	<	120,0
4	194x10	540,4	57,805	500,8	6,515	76,9	2,98	20,23	0,708	0,43	<	1	76,9	<	120,0
5	219x10	649,8	65,659	500,8	7,398	67,7	2,63	18,03	0,781	0,41	<	1	67,7	<	120,0

Таблица 3.2 - Проверка элементов решетки по первой группе предельных состояний

SC	Сеч.	N, кН	e, см	A, см ²	W, см ³	i _x , см	L _{ef} , см	m	λ	λ̄	η	m _{ef}	φ _e
1	50x4	18,9	2,9	7,080	9,820	1,862	160,1	2,09	86,0	3,336	1,35	2,82	0,251
2	50x4	21,9	2,9	7,080	9,820	1,862	247,5	2,09	132,9	5,157	1,25	2,61	0,179
3	60x4	26,0	3,4	8,680	14,910	2,270	283,9	1,98	125,1	4,851	1,26	2,49	0,194
4	70x4	27,1	3,9	10,280	21,070	2,678	379,8	1,90	141,8	5,501	1,25	2,38	0,173
5	80x4	24,8	4,5	11,880	28,290	3,086	416,3	1,89	134,9	5,232	1,25	2,36	0,184

Таблица 3.2 (продолжение)

SC	Сеч.	Проверка на устойчивость			Проверка на гибкость		
		0,34	<	1	86,0	<	180,0
1	50x4	0,34	<	1	86,0	<	180,0
2	50x4	0,56	<	1	132,9	<	176,6
3	60x4	0,50	<	1	125,1	<	180,0
4	70x4	0,49	<	1	141,8	<	180,0
5	80x4	0,37	<	1	134,9	<	180,0

Проверка на устойчивость центрально-сжатых поясов выполняется согласно п.7.1.3 [2];

$$\frac{N}{\phi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \cdot \gamma_n \leq 1$$

Проверка на устойчивость внецентренно-сжатых элементов решетки выполняется согласно п.9.2.2 [2];

$$\frac{N}{\phi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \cdot \gamma_n \leq 1$$

Проверка на гибкость выполняется для сжатых элементов, п.10.4.1 [2];

$$\lambda < \lambda_u$$

A, W, i – площадь, момент сопротивления и радиус инерции поперечного сечения

m - относительный эксцентриситет

$$m = \frac{eA}{W_x}$$

l_{ef} - расчетная длина элемента

λ - гибкость элемента

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$$

$\bar{\lambda}$ - относительная гибкость элемента;

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R_y/E}$$

η – коэффициент влияния формы сечения табл. Д.2 [2]

$m_{ef} = \eta \cdot m$ (п. 9.2.2 [2])

φ – коэффициент продольного изгиба (п.7.1.3 [2])

φ_e – коэффициент для проверки устойчивости внецентренно-сжатых (сжато-изгибаемых) стержней (табл. Д.3 [2])

$R_y = 31,0 \text{ кН/см}^2$ – расчетное сопротивление стали при толщине от 2 до 20 мм

$E=20600 \text{ кН/см}^2$ – модуль упругости прокатной стали (Таблица Г.10 [2])

λ_u - предельная гибкость (Таблица 32 [2])

Для поясов - $\lambda_u = 120$ (Таблица 32 1б [2])

Для остальных элементов решетки $\lambda_u = 210 - 60 \cdot \alpha$ (Таблица 32 2а [2])

$$\alpha = \frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c}$$

$\gamma_c = 1,0$ - коэффициент условия работы (Таблица 1 [2])

3.2 Проверка башни по второй группе предельных состояний

Максимальное отклонение башни под действием нормативного давления ветра без учета пульсационной составляющей составляет 80 мм, что меньше допустимого отклонения $1/100=50000/100=500$ мм (Таблица 17.7 [2]).

3.3 Расчет болтовых соединений

Таблица 3.3 – Проверка болтовых соединений раскосов к фасонкам

Секция	N , кН	d , см	$t^{фас}$, см	t^{np} , см	A , см ²	Σt , см	γ_b	N_{bs} , кН	N_{bp} , кН	n		n_{np}
SC-1	18,9	1,6	0,8	0,7	2,01	0,7	0,74	66,3	51,1	0,37	<	1
SC-2	21,9	1,6	0,8	0,7	2,01	0,7	0,74	66,3	51,1	0,43	<	1
SC-3	26,0	2,0	0,8	0,7	3,14	0,7	0,71	103,6	61,4	0,42	<	1
SC-4	27,1	2,0	0,8	0,7	3,14	0,7	0,83	103,6	72,3	0,37	<	1
SC-5	24,8	2,4	1,0	0,7	4,52	0,7	0,80	149,2	83,3	0,30	<	1

Класс прочности болтов 8,8

Класс точности В

N – максимальное усилие в элементах данной секции

d – наружный диаметр стержня болта

$t^{фас}$ – толщина фасонки в данной секции

t^{np} – толщина стенки квадратной трубы в данной секции

$A = \pi \cdot d^2 / 4$ – расчетная площадь сечения болта

Σt – наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении

$N_{bs} = R_{bs} \cdot \gamma_b \cdot A \cdot n_s$ – расчетное усилие среза, которое может быть воспринято одним болтом

$R_{bs} = 33,2$ кН/см² – расчетное сопротивление срезу болтового соединения (Таблица Г.5, [2])

γ_b – коэффициент условий работы соединения (Таблица 41 [2])

$n_s = 1$ – число расчетных срезов одного болта

$N_{bt} = R_{bp} \cdot \gamma_b \cdot d \cdot \Sigma t$ – расчетное усилие смятия, которое может быть воспринято одним болтом

$R_{bp} = 62$ кН/см² – расчетное сопротивление смятию болтового соединения (Таблица Г.6 [2])

$n \geq \frac{\gamma_n \cdot N}{\gamma_c \cdot N_{min}}$ – требуемое количество болтов, при действии продольной силы N

N_{min} – меньшее из значений расчетных усилий для одного болта (N_{bs} , N_{bp})

$\gamma_c = 1,0$ – коэффициент условия работы (Таблица 1 [2])

Таблица 3.4 - Проверка фланцевых болтовых соединений

Секция	N , кН	d , см	A_{bn} , см ²	N_{bt} , кН	n		n_{np}
SC-1 – SC-2	134,0	2,4	3,52	158,4	0,8	<	6
SC-2 – SC-3	276,4	2,4	3,52	158,4	1,7	<	6
SC-3 – SC-4	423,6	2,7	4,59	206,6	2,1	<	6
SC-4 – SC-5	529,0	3,0	5,60	252,0	2,1	<	6
SC-5	591,5	3,6	8,16	367,2	1,6	<	6

Класс прочности фланцевых болтов 8,8

Сталь фундаментных болтов 09Г2С-12

Класс точности В

N – максимальное усилие в элементах данных секций

d – наружный диаметр стержня болта

A_{bn} – площадь сечения болта нетто (Таблица Г.9 [2])

$N_b = R_{bt} \cdot A_{bn}$ – расчетное усилие растяжения, которое может быть воспринято одним болтом

$R_{bt} = 45,1$ кН/см² – расчетное сопротивление растяжению фланцевых болтов (Таблица Г.5 [2])

$n \geq \frac{N}{\gamma_c \cdot N_{bt}}$ – требуемое количество болтов, при действии продольной силы N

$\gamma_c = 1,0$ – коэффициент условия работы (Таблица 1 [2])

4 Результаты расчета

4.1 Расчетные нагрузки на фундамент

Максимальные нагрузки анкерную деталь:

	N , кН	Q , кН
Прижим	674,6	65,5
Отрыв	591,5	59,7

Максимальные нагрузки на фундамент в целом:

$$N = 169,7 \text{ кН}$$

$$Q = 104,0 \text{ кН}$$

$$M = 3563,3 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Максимальные нагрузки на центральный ствол

$$N = 63,8 \text{ кН}$$

4.2 Выводы

Конструкция башни высотой 50 метров по проекту ST50-T5-КМ удовлетворяет требованиям, предъявляемым СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции».



Белмаст Связь

ООО «Белмаст Связь», 214018, Смоленская обл., г. Смоленск, пр-т Гагарина, д. 26, оф. 5.1
+7 (4812) 339-899; +7(951)706-2626, факс +7 (4812) 33-87-20, info@belmast.ru
www.belmast.ru

**Поверочный расчет башни высотой 60 м
II ветрового района, тип местности А**

Директор



Дедушков В.А.



ЛИЦЕНЗИЯ

№ 12934

(взамен Лиц.10438м от 22.10.2012г.)
на передачу и сопровождения интегрированной системы
SCAD Office



Дата передачи 2015/06/22

Передано ООО "БелЭксп", г.Псков.

Компания "SCAD SOFT" подтверждает настоящей лицензией факт передачи интегрированной системы прочностного анализа и проектирования конструкций SCAD Office 21 и гарантирует сопровождение и обновление системы в рамках переданной конфигурации в течении одного года со дня передачи.

Комплектация передаваемых программных модулей

	z64	z392	zMax
Количество рабочих мест	1	0	0
Графический синтез расчетной схемы, линейный расчет и анализ результатов расчета	x		
Расчетные сочетания усилий			
Подбор арматуры в элементах железобетонных конструкций			
Анализ устойчивости	x		
Проверка и подбор элементов стальных конструкций			
Вычисление спектров отклика	x		
Нелинейный процессор (расчет геометрически нелинейных задач)	x		
Амплитудно-частотные характеристики	x		
Вариации моделей			
Монтаж			

КОМЕТА	0
КРИСТАЛЛ	0
АРБАТ	0
КАМИН	0
МОНОЛИТ	0
ВЕСТ	0
КРОСС	0
ЗАПРОС	0
ДЕКОР	0
ОТКОС	0
Конструктор сечений	1
КОНСУЛ	0
СЕЗАМ	0
ТОНУС	0
КоКон	0
КУСТ	0

Локальный ключ:

Условия Лицензионного договора см. на обратной стороне листа

По вопросам сопровождения обращаться:
Тел. Факс (+38 044) 249 71 91, (+7 499) 267 40 76
e-mail: scad@scadsoft.com; scad@scadsoft.ru

Представитель ГК «SCAD SOFT»:



Булгаков С.А.
(Ф.И.О.)

Содержание

- Ведомость ссылочных документов
- 1 Исходные данные
- 2 Сбор нагрузок
 - 2.1 Вычисление ветровых нагрузок на несущие элементы башни
 - 2.2 Вычисление ветровых нагрузок на внутренний ствол
 - 2.3 Вычисление ветровых нагрузок на антенны
 - 2.4 Вычисление нагрузок от антенн и фидеров
 - 2.5 Вычисление нагрузок от площадок
 - 2.6 Вычисление снеговых нагрузок на площадки
 - 2.7 Список загружений и комбинаций
- 3 Проверочные расчеты
 - 3.1 Проверка поясов и элементов решетки по первой группе предельных состояний
 - 3.2 Проверка башни по второй группе предельных состояний
 - 3.3 Расчет болтовых соединений
- 4 Результаты расчета
 - 4.1 Расчетные нагрузки на фундамент
 - 4.2 Выводы

Ведомость ссылочных документов

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия
2. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции

1 Исходные данные

Поверочные расчеты металлоконструкций башни высотой 60 метров для II ветрового района, тип местности А, выполнены на действие ветра на расчетную площадь, имитирующее возможное размещение проектируемого антенно-фидерного оборудования.

Снеговой район - IV, расчетная снеговая нагрузка – 280 кг/м².

Расчетная ветровая площадь образована следующими элементами:

- Антенна дипольная D8 VHF ($A=0,6 \text{ м}^2$) – 1 шт. с отм. 45,000 до отм. 60,000 м
- Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX $d=1,8 \text{ м}$ – 3 шт. на отметке 60,000 м
- Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX $d=1,8 \text{ м}$ – 3 шт. на отметке 50,000 м
- Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX $d=1,8 \text{ м}$ – 3 шт. на отметке 40,000 м
- Кабель дипольной антенны $d=28 \text{ мм}$ – 2 шт. по высоте
- Кабель РРЛ $d=11 \text{ мм}$ – 18 шт. по высоте

Металлоконструкция башни рассчитывалась на следующие сочетания нагрузок:

- Собственный вес башни, вес технологического оборудования (антенны, фидера), снеговая нагрузка и ветровое давление

Расчет башни выполнялся на три направления ветровой нагрузки:

- поперек грани
- на ребро
- вдоль грани

Расчет выполнен с помощью ПК SCAD 21.1 с учетом пульсационного воздействия ветрового потока согласно [1], при учете первых 6-ти форм собственных колебаний.

При расчете учитывались следующие коэффициенты:

- коэффициент надежности на собственный вес конструкции $\gamma_f = 1,05$
- коэффициент надежности на вес оборудования $\gamma_f = 1,2$
- коэффициент надежности на ветровую нагрузку $\gamma_f = 1,4$
- коэффициент ответственности сооружения $\gamma_n = 1,0$ (II уровень ответственности)

В геометрическом отношении башня представляет собой композицию двух фигур:

- трехгранная пирамида в нижней части до отм. 50,0 м с основаниями в форме равносторонних треугольников, большего нижнего со стороной 7,5 м и меньшего верхнего со стороной 2,5 м;

- трехгранная призма с отм. 50,0 до отм. 60,0 м с сечением в виде равностороннего треугольника со стороной 2,5 м.

Внутри башни ниже отметки +50,000 метров, расположен решетчатый ствол трехгранного сечения со стороной грани 400 мм. К стволу крепится лестница. К несущим конструкциям башни внутренний ствол крепится распорками.

Раскосная решетка по граням крестообразная

Крепление решетки к поясам одноболтовое через фасонку

Соединения поясов – фланцевые на болтах

Пояса башни выполнены из круглой трубы по ГОСТ 8732-78

Решетка из квадратных труб по ГОСТ 8639-82

Сталь поясов и решетки – 09Г2С по ГОСТ 19281-89 (С345 по ГОСТ 27772-88)

Таблица 1.1 - Сечение элементов башни

Элемент	Секция	Отметки, м	Сечение
Пояса	SC-1	50-60	Тр. 114x6
	SC-2	40-50	Тр. 159x6
	SC-3	30-40	Тр. 168x6
	SC-4	20-30	Тр. 194x10
	SC-5	10-20	Тр. 219x10
	SC-6	0-10	Тр. 219x10
Раскосы	SC-1	50-60	Тр. 50x50x4
	SC-2	40-50	Тр. 50x50x4
	SC-3	30-40	Тр. 60x60x4
	SC-4	20-30	Тр. 70x70x4
	SC-5	10-20	Тр. 80x80x4
	SC-6	0-10	Тр. 90x90x5

Для расчетов несущей способности отдельных элементов, они разбиты на группы с одинаковым сечением и назначением (пояс, раскос) в интервале высот.

По высоте башни предусматриваются площадки для обслуживания, а также отдыха при подъеме, расположение и параметры площадок указаны в таблице:

Таблица 1.2 – Расположение площадок

Отметка, м	Площадка
59,000	PL-6
50,000	PL-6
40,000	PL-30
30,000	PL-001
20,000	PL-2
10,000	PL-2

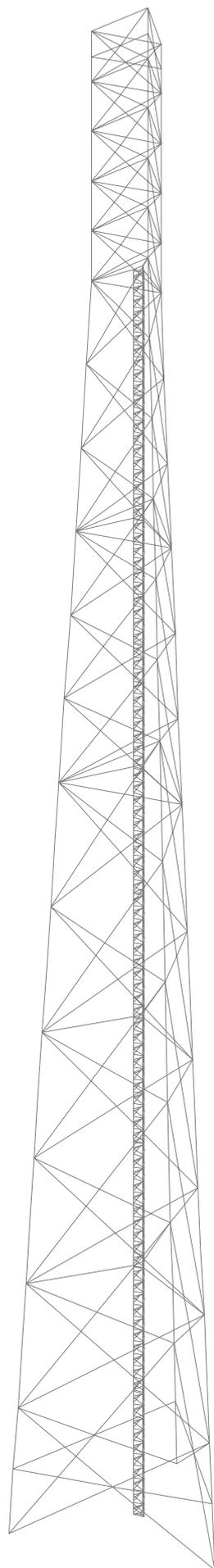


Рисунок 1 - Общий вид расчетной схемы башни

2 Сбор нагрузок

2.1 Вычисление ветровых нагрузок на несущие элементы башни

Таблица 2.1

№ сек.	H_c , м	k	L_n , м	d_n , м	$L_{раск}$, м	$L_{расп}$, м	d_p , м	A_n^* , м ²	A_p^* , м ²
SC-1	55	1,65	20,000	0,114	32,02	15,00	0,050	2,62	2,70
SC -2	45	1,55	20,034	0,159	26,94	2,50	0,050	3,66	1,69
SC -3	35	1,44	20,034	0,168	31,26	3,50	0,060	3,87	2,40
SC -4	25	1,31	20,034	0,194	28,29	4,50	0,070	4,47	2,64
SC -5	15	1,13	20,034	0,219	31,25	5,50	0,080	5,05	3,38
SC -6	5	0,75	20,034	0,219	34,41	13,74	0,090	5,05	4,98

Таблица 2.1 (продолжение)

B_c , м	A_k , м ²	C_x	ϕ	η	C_f	W , кг/м ²	$W_{расп}$, кг/м
2,614	26,1	0,197	0,204	0,788	0,3173	21,99	19,16
3,159	31,6	0,139	0,170	0,849	0,2319	15,10	15,90
4,168	41,7	0,132	0,150	0,883	0,2240	13,52	18,79
5,194	51,9	0,120	0,137	0,908	0,2058	11,34	19,64
6,219	62,2	0,121	0,135	0,910	0,2082	9,84	20,39
7,219	72,2	0,134	0,139	0,904	0,2290	7,21	17,36

* при вычислении A_n и A_p , неучтенные площади учитывались коэффициентом 1,15

H_c – высота расположения середины секции над поверхностью земли;

k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте (п.11.1.6 [1]);

L_n - полная длина элементов пояса, наветренной грани, в пределах секции;

d_n - габарит сечения элементов пояса в пределах секции;

$L_{раск}$ - полная длина элементов раскосов, наветренной грани, в пределах секции;

$L_{расп}$ - полная длина элементов распорок, наветренной грани, в пределах секции;

d_p - габарит сечения элементов раскосов и распорок в пределах секции;

A_n - наветренная площадь элементов габаритом d_n , в пределах секции;

A_p - наветренная площадь элементов габаритом d_p , в пределах секции;

B_c – расстояние между поясами, в уровне H_c ;

A_k - площадь, ограниченная контуром секции башни;

C_x - аэродинамический коэффициент для наветренной грани секции башни. (Приложение Д.1.14 [1])

$$C_x = \frac{1}{A_k} (c_n \cdot A_n + c_p \cdot A_p)$$

c_n , c_p - аэродинамический коэффициент элементов пояса и раскосов-распорок

c_n - определяется по приложению Д.1.12 [1]

$$c_p = 1,4$$

ϕ - коэффициент заполнения для наветренной фермы секции

$$\phi = \frac{1}{A_k} (A_n + A_p)$$

η – коэффициент учитывающий затенение подветренных ферм мачты наветренной фермы

C_f – аэродинамический коэффициент для решетчатой секции башни

$$C_f = C_x \cdot (1 + \eta) \cdot k_1$$

k_1 - коэффициент, учитывающий направление ветра

$k_1 = 0,9$ - при направлении ветра на грань треугольных в плане башен.

W - расчетное ветровое давление на секцию башни

$$W = \gamma_f \cdot W_0 \cdot C_f \cdot k$$

$\gamma_f = 1,4$ - коэффициент надежности на ветровую нагрузку (п.11.1.12 [1])

$W_0 = 30 \text{ кг/м}^2$ - нормативное значение ветрового давления (п.11.1.4 [1])

$W_{расч}$ – распределенная нагрузка на пояса от расчетного ветрового давления.

$$W_{расч} = W \cdot B_c / n$$

$n = 3$ - количество поясов на которые собирается ветровая нагрузка

2.2 Вычисление ветровых нагрузок на внутренний ствол

Таблица 2.2

Z, м	k	$W_{расч}$, кг/м
56,000	1,66	59,3
50,000	1,60	57,2
40,000	1,50	53,6
20,000	1,25	44,7
10,000	1,00	35,7
5,000	0,75	26,8
0,000	0,75	26,8

* неучтенные площади учитывались коэффициентом 1,15

Z – высота расположения узла над поверхностью земли;

W – распределенная нагрузка на внутренний ствол от расчетного ветрового давления, без учета коэффициента k.

$$W = \gamma_f \cdot W_0 \cdot (c_\phi \cdot d_\phi + c_n \cdot d_n), \text{ кг/м}$$

$c_\phi = 1,4$ – аэродинамический коэффициент ствола и кабелей.

$d_\phi = 0,4 \text{ м}$ – габарит внутреннего ствола и кабелей;

$c_n = 1,2$ – аэродинамический коэффициент элементов ограждения лестницы.

$d_n = 0,15 \text{ м}$ – условный габарит элементов ограждения лестницы;

$$W_{расч} = W \cdot k$$

$W_{расч}$ – распределенная нагрузка на внутренний ствол от расчетного ветрового давления, с учетом коэффициента k.

2.3 Вычисление ветровых нагрузок на антенны

Таблица 2.3

Z, м	k	A _i , м ²	C _x	C _x · A _i , м ²	W, кг	n, шт	W _{общ} , кг
60,000	1,70	0,60	1,4	0,840	60,0	1	60,0
60,000	1,70	2,54	1,4	3,563	254,4	3	763,1
50,000	1,60	2,54	1,4	3,563	239,4	3	718,2
40,000	1,50	2,54	1,4	3,563	224,4	3	673,3

A_i - наветренная площадь антенны;

C_x - аэродинамический коэффициент антенны;

W - расчетная ветровая узловая нагрузка

$$W = \gamma_f \cdot W_0 \cdot k \cdot C_x \cdot A_i$$

2.4 Вычисление нагрузок от антенн и фидеров

Таблица 2.4

Отметка, м	Тип нагрузки	Кол-во	Вес одной шт., кг	Вес креплений для антенн
60,000	Антенна дипольная D8 VHF (A=0,6 м ²)	1	21,5	50
60,000	Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX d=1,8 м	3	100	50
50,000	Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX d=1,8 м	3	100	50
40,000	Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX d=1,8 м	3	100	50
Распр.	Кабель дипольной антенны d=28 мм	2	0,5 кг/м	-
Распр.	Кабель РРЛ d=11 мм	18	0,25 кг/м	-

2.5 Вычисление нагрузок от площадок

Таблица 2.5

Отметка, м	Площадка	Вес, кг
59,000	PL-6	140
50,000	PL-6	140
40,000	PL-30	240
30,000	PL-001	320
20,000	PL-2	180
10,000	PL-2	180

2.6 Вычисление снеговых нагрузок на площадки

Таблица 2.6

Отметка, м	Площадка	$A, \text{м}^2$	$S, \text{кг}$
59,000	PL-6	2,7	757,8
50,000	PL-6	2,7	757,8
40,000	PL-30	5,3	1485,2
30,000	PL-001	5,5	1540,0
20,000	PL-2	1,0	280,0
10,000	PL-2	1,0	280,0

A - площадь настила площадки;

S - расчетная снеговая нагрузка (п.10.1 [1])

$$S = c_e * c_t * \mu * S_g$$

$c_e=1$ – коэффициент, учитывающий снос снега (п.10.9 [1])

$c_t=1$ – термический коэффициент (п.10.10 [1])

$\mu=1$ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке (п.10.4 [1])

$S_g=280 \text{ кг/м}^2$ – вес снегового покрова (Таблица 10.1 [1])

2.7 Список загрузений и комбинаций

Таблица 2.7 - Загружения

Номер	Наименование
1	Собственный вес башни
2	Вес кабелей, антенн, креплений и площадок
3	Ветер поперек грани
4	Ветер на ребро
5	Ветер вдоль грани
6	Снег
7	Ветер поперек грани + пульсация
8	Ветер на ребро + пульсация
9	Ветер вдоль грани + пульсация

Таблица 2.8 - Комбинации

Номер	Наименование
1	$1*(1) + 1*(2) + 0,9*(6) + 1*(7)$
2	$1*(1) + 1*(2) + 0,9*(6) + 1*(8)$
3	$1*(1) + 1*(2) + 0,9*(6) + 1*(9)$
4	$1*(1) + 1*(2) + 1*(7)$
5	$1*(1) + 1*(2) + 1*(8)$
6	$1*(1) + 1*(2) + 1*(9)$

3 Проверочные расчеты

3.1 Проверка поясов и элементов решетки по первой группе предельных состояний

Таблица 3.1 - Проверка поясов по первой группе предельных состояний

SC	Сеч.	N, кН	A, см ²	L _{ef} , см	i _x , см	λ	λ̄	δ	φ	Проверка на устойчивость			Проверка на гибкость		
										0,21	<	1	52,3	<	120,0
1	114x6	114,5	20,358	200,0	3,824	52,3	2,03	14,89	0,874	0,21	<	1	52,3	<	120,0
2	159x6	276,7	28,840	333,9	5,414	61,7	2,39	16,72	0,822	0,38	<	1	61,7	<	120,0
3	168x6	450,3	30,536	333,9	5,731	58,3	2,26	16,02	0,842	0,56	<	1	58,3	<	120,0
4	194x10	599,5	57,805	500,8	6,515	76,9	2,98	20,23	0,708	0,47	<	1	76,9	<	120,0
5	219x10	730,6	65,659	500,8	7,398	67,7	2,63	18,03	0,781	0,46	<	1	67,7	<	120,0
6	219x10	791,7	65,659	500,8	7,398	67,7	2,63	18,03	0,781	0,50	<	1	67,7	<	120,0

Таблица 3.2 - Проверка элементов решетки по первой группе предельных состояний

SC	Сеч.	N, кН	e, см	A, см ²	W, см ³	i _x , см	L _{ef} , см	m	λ	λ̄	η	m _{ef}	φ _e
1	50x4	20,3	2,9	7,080	9,820	1,862	160,1	2,09	86,0	3,336	1,35	2,82	0,251
2	50x4	23,7	2,9	7,080	9,820	1,862	247,5	2,09	132,9	5,157	1,25	2,61	0,179
3	60x4	28,5	3,4	8,680	14,910	2,270	283,9	1,98	125,1	4,851	1,26	2,49	0,194
4	70x4	31,9	3,9	10,280	21,070	2,678	379,8	1,90	141,8	5,501	1,25	2,38	0,173
5	80x4	30,0	4,5	11,880	28,290	3,086	416,3	1,89	134,9	5,232	1,25	2,36	0,184
6	90x5	29,2	5,1	16,570	43,800	3,449	455,6	1,93	132,1	5,124	1,25	2,41	0,186

Таблица 3.2 (продолжение)

SC	Сеч.	Проверка на устойчивость			Проверка на гибкость		
		0,37	<	1	86,0	<	180,0
1	50x4	0,37	<	1	86,0	<	180,0
2	50x4	0,60	<	1	132,9	<	173,8
3	60x4	0,54	<	1	125,1	<	177,3
4	70x4	0,58	<	1	141,8	<	175,3
5	80x4	0,44	<	1	134,9	<	180,0
6	90x5	0,31	<	1	132,1	<	180,0

Проверка на устойчивость центрально-сжатых поясов выполняется согласно п.7.1.3 [2];

$$\frac{N}{\phi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \cdot \gamma_n \leq 1$$

Проверка на устойчивость внецентренно-сжатых элементов решетки выполняется согласно п.9.2.2 [2];

$$\frac{N}{\phi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \cdot \gamma_n \leq 1$$

Проверка на гибкость выполняется для сжатых элементов, п.10.4.1 [2];

$$\lambda < \lambda_u$$

A, W, i – площадь, момент сопротивления и радиус инерции поперечного сечения

m – относительный эксцентриситет

$$m = \frac{eA}{W_x}$$

l_{ef} - расчетная длина элемента

λ - гибкость элемента

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$$

$\bar{\lambda}$ - относительная гибкость элемента;

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R_y/E}$$

η – коэффициент влияния формы сечения табл. Д.2 [2]

$m_{ef} = \eta \cdot m$ (п. 9.2.2 [2])

φ – коэффициент продольного изгиба (п.7.1.3 [2])

φ_e – коэффициент для проверки устойчивости внецентренно-сжатых (сжато-изгибаемых) стержней (табл. Д.3 [2])

$R_y = 31,0$ кН/см² – расчетное сопротивление стали при толщине от 2 до 20 мм

$E=20600$ кН/см² – модуль упругости прокатной стали (Таблица Г.10 [2])

λ_u - предельная гибкость (Таблица 32 [2])

Для поясов - $\lambda_u = 120$ (Таблица 32 1б [2])

Для остальных элементов решетки $\lambda_u = 210 - 60 \cdot \alpha$ (Таблица 32 2а [2])

$$\alpha = \frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c}$$

$\gamma_c = 1,0$ - коэффициент условия работы (Таблица 1 [2])

3.2 Проверка башни по второй группе предельных состояний

Максимальное отклонение башни под действием нормативного давления ветра без учета пульсационной составляющей составляет 118 мм, что меньше допустимого отклонения $1/100=60000/100=600$ мм (Таблица 17.7 [2]).

3.3 Расчет болтовых соединений

Таблица 3.3 – Проверка болтовых соединений раскосов к фасонкам

Секция	N , кН	d , см	t^{fac} , см	t^{np} , см	A , см ²	Σt , см	γ_b	N_{bs} , кН	N_{bp} , кН	n		n_{np}
SC-1	20,3	1,6	0,8	0,7	2,01	0,7	0,74	66,3	51,1	0,40	<	1
SC-2	23,7	1,6	0,8	0,7	2,01	0,7	0,74	66,3	51,1	0,46	<	1
SC-3	28,5	2,0	0,8	0,7	3,14	0,7	0,71	103,6	61,4	0,46	<	1
SC-4	31,9	2,0	0,8	0,7	3,14	0,7	0,83	103,6	72,3	0,44	<	1
SC-5	30,0	2,4	1,0	0,7	4,52	0,7	0,80	149,2	83,3	0,36	<	1
SC-6	29,2	2,4	1,2	0,5	4,52	0,5	0,90	149,2	67,0	0,44	<	1

Класс прочности болтов 8,8

Класс точности В

N – максимальное усилие в элементах данной секции

d – наружный диаметр стержня болта

t^{fac} – толщина фасонки в данной секции

t^{np} – толщина стенки квадратной трубы в данной секции

$A = \pi \cdot d^2 / 4$ – расчетная площадь сечения болта

Σt – наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении

$N_{bs} = R_{bs} \cdot \gamma_b \cdot A \cdot n_s$ – расчетное усилие среза, которое может быть воспринято одним болтом

$R_{bs} = 33,2$ кН/см² – расчетное сопротивление срезу болтового соединения (Таблица Г.5, [2])

γ_b – коэффициент условий работы соединения (Таблица 41 [2])

$n_s = 1$ – число расчетных срезов одного болта

$N_{bt} = R_{bp} \cdot \gamma_b \cdot d \cdot \Sigma t$ – расчетное усилие смятия, которое может быть воспринято одним болтом

$R_{bp} = 62$ кН/см² – расчетное сопротивление смятию болтового соединения (Таблица Г.6 [2])

$n \geq \frac{\gamma_n \cdot N}{\gamma_c \cdot N_{min}}$ – требуемое количество болтов, при действии продольной силы N

N_{min} – меньшее из значений расчетных усилий для одного болта (N_{bs} , N_{bp})

$\gamma_c = 1,0$ – коэффициент условия работы (Таблица 1 [2])

Таблица 3.4 - Проверка фланцевых болтовых соединений

Секция	N , кН	d , см	A_{bn} , см ²	N_{bt} , кН	n		n_{np}
SC-1 – SC-2	142,1	2,4	3,52	158,4	0,9	<	6
SC-2 – SC-3	296,0	2,4	3,52	158,4	1,9	<	6
SC-3 – SC-4	459,0	2,7	4,59	206,6	2,2	<	6
SC-4 – SC-5	588,1	3,0	5,60	252,0	2,3	<	6
SC-5 – SC-6	696,5	3,6	8,16	367,2	1,9	<	6
SC-6	761,4	3,6	8,16	367,2	2,1	<	6

Класс прочности фланцевых болтов 8,8

Сталь фундаментных болтов 09Г2С-12

Класс точности В

N – максимальное усилие в элементах данных секций

d – наружный диаметр стержня болта

A_{bn} – площадь сечения болта нетто (Таблица Г.9 [2])

$N_b = R_{bt} \cdot A_{bn}$ – расчетное усилие растяжения, которое может быть воспринято одним болтом

$R_{bt} = 45,1$ кН/см² – расчетное сопротивление растяжению фланцевых болтов (Таблица Г.5 [2])

$n \geq \frac{N}{\gamma_c \cdot N_{bt}}$ – требуемое количество болтов, при действии продольной силы N

$\gamma_c = 1,0$ – коэффициент условия работы (Таблица 1 [2])

4 Результаты расчета

4.1 Расчетные нагрузки на фундамент

Максимальные нагрузки анкерную деталь:

	N , кН	Q , кН
Прижим	873,9	84,8
Отрыв	761,4	75,9

Максимальные нагрузки на фундамент в целом:

$$N = 226,7 \text{ кН}$$

$$Q = 132,2 \text{ кН}$$

$$M = 5295,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Максимальные нагрузки на центральный ствол

$$N = 75,8 \text{ кН}$$

4.2 Выводы

Конструкция башни высотой 60 метров по проекту ST60-T6-KM удовлетворяет требованиям, предъявляемым СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции».

ООО «Белмаст Связь», 214018, Смоленская обл., г. Смоленск, пр-т Гагарина, д. 26, оф. 5.1
+7 (4812) 339-899; +7(951)706-2626, факс +7 (4812) 33-87-20, info@belmast.ru
www.belmast.ru

**Поверочный расчет башни высотой 70 м
II ветрового района, тип местности А**

Директор



Дедушков В.А.



ЛИЦЕНЗИЯ

№ 12934

(взамен Лиц.10438м от 22.10.2012г.)
на передачу и сопровождения интегрированной системы
SCAD Office



Дата передачи 2015/06/22

Передано ООО "БелЭксп", г.Псков.

Компания "SCAD SOFT" подтверждает настоящей лицензией факт передачи интегрированной системы прочностного анализа и проектирования конструкций SCAD Office 21 и гарантирует сопровождение и обновление системы в рамках переданной конфигурации в течении одного года со дня передачи.

Комплектация передаваемых программных модулей

	z64	z392	zMax
Количество рабочих мест	1	0	0
Графический синтез расчетной схемы, линейный расчет и анализ результатов расчета	x		
Расчетные сочетания усилий			
Подбор арматуры в элементах железобетонных конструкций			
Анализ устойчивости	x		
Проверка и подбор элементов стальных конструкций			
Вычисление спектров отклика	x		
Нелинейный процессор (расчет геометрически нелинейных задач)	x		
Амплитудно-частотные характеристики	x		
Вариации моделей			
Монтаж			

КОМЕТА	0
КРИСТАЛЛ	0
АРБАТ	0
КАМИН	0
МОНОЛИТ	0
ВЕСТ	0
КРОСС	0
ЗАПРОС	0
ДЕКОР	0
ОТКОС	0
Конструктор сечений	1
КОНСУЛ	0
СЕЗАМ	0
ТОНУС	0
КоКон	0
КУСТ	0

Локальный ключ:

Условия Лицензионного договора см. на обратной стороне листа

По вопросам сопровождения обращаться:
Тел. Факс (+38 044) 249 71 91, (+7 499) 267 40 76
e-mail: scad@scadsoft.com; scad@scadsoft.ru

Представитель ГК «SCAD SOFT»:



Булгаков С.А.
(Ф.И.О.)

Содержание

- Ведомость ссылочных документов
- 1 Исходные данные
- 2 Сбор нагрузок
 - 2.1 Вычисление ветровых нагрузок на несущие элементы башни
 - 2.2 Вычисление ветровых нагрузок на внутренний ствол
 - 2.3 Вычисление ветровых нагрузок на антенны
 - 2.4 Вычисление нагрузок от антенн и фидеров
 - 2.5 Вычисление нагрузок от площадок
 - 2.6 Вычисление снеговых нагрузок на площадки
 - 2.7 Список загружений и комбинаций
- 3 Проверочные расчеты
 - 3.1 Проверка поясов и элементов решетки по первой группе предельных состояний
 - 3.2 Проверка башни по второй группе предельных состояний
 - 3.3 Расчет болтовых соединений
- 4 Результаты расчета
 - 4.1 Расчетные нагрузки на фундамент
 - 4.2 Выводы

Ведомость ссылочных документов

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия
2. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции

1 Исходные данные

Поверочные расчеты металлоконструкций башни высотой 70 метров для II ветрового района, тип местности А, выполнены на действие ветра на расчетную площадь, имитирующее возможное размещение проектируемого антенно-фидерного оборудования.

Снеговой район - IV, расчетная снеговая нагрузка – 280 кг/м².

Расчетная ветровая площадь образована следующими элементами:

- Антенна дипольная D8 VHF ($A=0,6 \text{ м}^2$) – 1 шт. с отм. 55,000 до отм. 70,000 м
- Антенна РРЛ А10WS18МАС-3NX $d=1,8 \text{ м}$ – 3 шт. на отметке 70,000 м
- Антенна РРЛ А10WS18МАС-3NX $d=1,8 \text{ м}$ – 3 шт. на отметке 60,000 м
- Антенна РРЛ А10WS18МАС-3NX $d=1,8 \text{ м}$ – 3 шт. на отметке 50,000 м
- Кабель дипольной антенны $d=28 \text{ мм}$ – 2 шт. по высоте
- Кабель РРЛ $d=11 \text{ мм}$ – 18 шт. по высоте

Металлоконструкция башни рассчитывалась на следующие сочетания нагрузок:

- Собственный вес башни, вес технологического оборудования (антенны, фидера), снеговая нагрузка и ветровое давление

Расчет башни выполнялся на три направления ветровой нагрузки:

- поперек грани
- на ребро
- вдоль грани

Расчет выполнен с помощью ПК SCAD 21.1 с учетом пульсационного воздействия ветрового потока согласно [1], при учете первых 6-ти форм собственных колебаний.

При расчете учитывались следующие коэффициенты:

- коэффициент надежности на собственный вес конструкции $\gamma_f = 1,05$
- коэффициент надежности на вес оборудования $\gamma_f = 1,2$
- коэффициент надежности на ветровую нагрузку $\gamma_f = 1,4$
- коэффициент ответственности сооружения $\gamma_n = 1,0$ (II уровень ответственности)

В геометрическом отношении башня представляет собой композицию двух фигур:

- трехгранная пирамида в нижней части до отм. 60,0 м с основаниями в форме равносторонних треугольников, большего нижнего со стороной 8,5 м и меньшего верхнего со стороной 2,5 м;

- трехгранная призма с отм. 60,0 до отм. 70,0 м с сечением в виде равностороннего треугольника со стороной 2,5 м.

Внутри башни ниже отметки +60,000 метров, расположен решетчатый ствол трехгранного сечения со стороной грани 400 мм. К стволу крепится лестница. К несущим конструкциям башни внутренний ствол крепится распорками.

Раскосная решетка по граням крестообразная

Крепление решетки к поясам одноболтовое через фасонку

Соединения поясов – фланцевые на болтах

Пояса башни выполнены из круглой трубы по ГОСТ 8732-78

Решетка из квадратных труб по ГОСТ 8639-82

Сталь поясов и решетки – 09Г2С по ГОСТ 19281-89 (С345 по ГОСТ 27772-88)

Таблица 1.1 - Сечение элементов башни

Элемент	Секция	Отметки, м	Сечение
Пояса	SC-1	60-70	Тр. 114x6
	SC-2	50-60	Тр. 159x6
	SC-3	40-50	Тр. 168x6
	SC-4	30-40	Тр. 194x10
	SC-5	20-30	Тр. 219x10
	SC-6	10-20	Тр. 219x10
	SC-7	0-10	Тр. 219x10
Раскосы	SC-1	60-70	Тр. 50x50x4
	SC-2	50-60	Тр. 50x50x4
	SC-3	40-50	Тр. 60x60x4
	SC-4	30-40	Тр. 70x70x4
	SC-5	20-30	Тр. 80x80x4
	SC-6	10-20	Тр. 90x90x5
	SC-7	0-10	Тр. 90x90x5

Для расчетов несущей способности отдельных элементов, они разбиты на группы с одинаковым сечением и назначением (пояс, раскос) в интервале высот.

По высоте башни предусматривается площадки для обслуживания, а также отдыха при подъеме, расположение и параметры площадок указаны в таблице:

Таблица 1.2 – Расположение площадок

Отметка, м	Площадка
69,000	PL-6
60,000	PL-6
50,000	PL-30
40,000	PL-001
30,000	PL-2
20,000	PL-2
10,000	PL-2

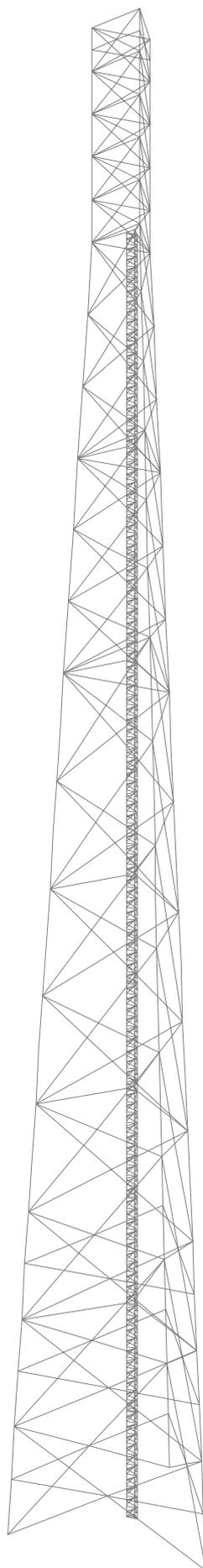


Рисунок 1 - Общий вид расчетной схемы башни

2 Сбор нагрузок

2.1 Вычисление ветровых нагрузок на несущие элементы башни

Таблица 2.1

№ сек.	H_c , м	k	L_n , м	d_n , м	$L_{раск}$, м	$L_{расп}$, м	d_p , м	A_n^* , м ²	A_p^* , м ²
SC-1	65	1,74	20,000	0,114	32,02	15,00	0,050	2,62	2,70
SC -2	55	1,65	20,034	0,159	26,94	2,50	0,050	3,66	1,69
SC -3	45	1,55	20,034	0,168	31,26	3,50	0,060	3,87	2,40
SC -4	35	1,44	20,034	0,194	28,29	4,50	0,070	4,47	2,64
SC -5	25	1,31	20,034	0,219	31,25	5,50	0,080	5,05	3,38
SC -6	15	1,13	20,034	0,219	34,41	13,74	0,090	5,05	4,98
SC -7	5	0,75	20,034	0,219	37,74	23,48	0,090	5,05	6,34

Таблица 2.1 (продолжение)

B_c , м	A_k , м ²	C_x	ϕ	η	C_f	W , кг/м ²	$W_{расп}$, кг/м
2,614	26,1	0,198	0,204	0,788	0,3180	23,21	20,22
3,159	31,6	0,140	0,170	0,849	0,2327	16,13	16,98
4,168	41,7	0,133	0,150	0,883	0,2248	14,64	20,33
5,194	51,9	0,120	0,137	0,908	0,2067	12,48	21,60
6,219	62,2	0,122	0,135	0,910	0,2095	11,55	23,94
7,219	72,2	0,135	0,139	0,904	0,2320	10,96	26,38
8,219	82,2	0,140	0,138	0,905	0,2407	7,58	20,77

* при вычислении A_n и A_p , неучтенные площади учитывались коэффициентом 1,15

H_c – высота расположения середины секции над поверхностью земли;

k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте (п.11.1.6 [1]);

L_n - полная длина элементов пояса, наветренной грани, в пределах секции;

d_n - габарит сечения элементов пояса в пределах секции;

$L_{раск}$ - полная длина элементов раскосов, наветренной грани, в пределах секции;

$L_{расп}$ - полная длина элементов распорок, наветренной грани, в пределах секции;

d_p - габарит сечения элементов раскосов и распорок в пределах секции;

A_n - наветренная площадь элементов габаритом d_n , в пределах секции;

A_p - наветренная площадь элементов габаритом d_p , в пределах секции;

B_c – расстояние между поясами, в уровне H_c ;

A_k - площадь, ограниченная контуром секции башни;

C_x - аэродинамический коэффициент для наветренной грани секции башни. (Приложение Д.1.14 [1])

$$C_x = \frac{1}{A_k} (c_n \cdot A_n + c_p \cdot A_p)$$

c_n, c_p - аэродинамический коэффициент элементов пояса и раскосов-распорок

c_n - определяется по приложению Д.1.12 [1]

$$c_p = 1,4$$

ϕ - коэффициент заполнения для наветренной фермы секции

$$\phi = \frac{1}{A_k} (A_n + A_p)$$

η - коэффициент учитывающий затенение подветренных ферм мачты наветренной фермы

C_f - аэродинамический коэффициент для решетчатой секции башни

$$C_f = C_x \cdot (1 + \eta) \cdot k_1$$

k_1 - коэффициент, учитывающий направление ветра

$k_1 = 0,9$ - при направлении ветра на грань треугольных в плане башен.

W - расчетное ветровое давление на секцию башни

$$W = \gamma_f \cdot W_0 \cdot C_f \cdot k$$

$\gamma_f = 1,4$ - коэффициент надежности на ветровую нагрузку (п.11.1.12 [1])

$W_0 = 30 \text{ кг/м}^2$ - нормативное значение ветрового давления (п.11.1.4 [1])

$W_{расч}$ - распределенная нагрузка на пояса от расчетного ветрового давления.

$$W_{расч} = W \cdot B_c / n$$

$n = 3$ - количество поясов на которые собирается ветровая нагрузка

2.2 Вычисление ветровых нагрузок на внутренний ствол

Таблица 2.2

$Z, \text{ м}$	k	$W_{расч}, \text{ кг/м}$
66,000	1,75	62,4
60,000	1,70	60,8
40,000	1,50	53,6
20,000	1,25	44,7
10,000	1,00	35,7
5,000	0,75	26,8
0,000	0,75	26,8

* неучтенные площади учитывались коэффициентом 1,15

Z - высота расположения узла над поверхностью земли;

W - распределенная нагрузка на внутренний ствол от расчетного ветрового давления, без учета коэффициента k .

$$W = \gamma_f \cdot W_0 \cdot (c_\phi \cdot d_\phi + c_l \cdot d_l), \text{ кг/м}$$

$c_\phi = 1,4$ - аэродинамический коэффициент ствола и кабелей.

$d_\phi = 0,4 \text{ м}$ - габарит внутреннего ствола и кабелей;

$c_l = 1,2$ - аэродинамический коэффициент элементов ограждения лестницы.

$d_n = 0,15$ м – условный габарит элементов ограждения лестницы;

$$W_{расч} = W \cdot k$$

$W_{расч}$ – распределенная нагрузка на внутренний ствол от расчетного ветрового давления, с учетом коэффициента k .

2.3 Вычисление ветровых нагрузок на антенны

Таблица 2.3

Z, м	k	$A_i, \text{м}^2$	C_x	$C_x \cdot A_i, \text{м}^2$	W, кг	n, шт	Wобщ, кг
70,000	1,78	0,60	1,4	0,840	62,6	1	62,6
70,000	1,78	2,54	1,4	3,563	265,6	3	796,8
60,000	1,70	2,54	1,4	3,563	254,4	3	763,1
50,000	1,60	2,54	1,4	3,563	239,4	3	718,2

A_i - наветренная площадь антенны;

C_x - аэродинамический коэффициент антенны;

W - расчетная ветровая узловая нагрузка

$$W = \gamma_f \cdot W_0 \cdot k \cdot C_x \cdot A_i$$

2.4 Вычисление нагрузок от антенн и фидеров

Таблица 2.4

Отметка, м	Тип нагрузки	Кол-во	Вес одной шт., кг	Вес креплений для антенн
70,000	Антенна дипольная D8 VHF ($A=0,6 \text{ м}^2$)	1	21,5	50
70,000	Антенна РРЛ A10WS18MAC-3NX d=1,8 м	3	100	50
60,000	Антенна РРЛ A10WS18MAC-3NX d=1,8 м	3	100	50
50,000	Антенна РРЛ A10WS18MAC-3NX d=1,8 м	3	100	50
Распр.	Кабель дипольной антенны d=28 мм	2	0,5 кг/м	-
Распр.	Кабель РРЛ d=11 мм	18	0,25 кг/м	-

2.5 Вычисление нагрузок от площадок

Таблица 2.5

Отметка, м	Площадка	Вес, кг
69,000	PL-6	140
60,000	PL-6	140
50,000	PL-30	240
40,000	PL-001	320
30,000	PL-2	180
20,000	PL-2	180
10,000	PL-2	180

2.6 Вычисление снеговых нагрузок на площадки

Таблица 2.6

Отметка, м	Площадка	$A, \text{м}^2$	$S, \text{кг}$
69,000	PL-6	2,7	757,8
60,000	PL-6	2,7	757,8
50,000	PL-30	5,3	1485,2
40,000	PL-001	5,5	1540,0
30,000	PL-2	1,0	280,0
20,000	PL-2	1,0	280,0
10,000	PL-2	1,0	280,0

A - площадь настила площадки;

S - расчетная снеговая нагрузка (п.10.1 [1])

$$S = c_e * c_t * \mu * S_g$$

$c_e=1$ – коэффициент, учитывающий снос снега (п.10.9 [1])

$c_t=1$ – термический коэффициент (п.10.10 [1])

$\mu=1$ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке (п.10.4 [1])

$S_g=280 \text{ кг/м}^2$ – вес снегового покрова (Таблица 10.1 [1])

2.7 Список загрузений и комбинаций

Таблица 2.7 - Загружения

Номер	Наименование
1	Собственный вес башни
2	Вес кабелей, антенн, креплений и площадок
3	Ветер поперек грани
4	Ветер на ребро
5	Ветер вдоль грани
6	Снег
7	Ветер поперек грани + пульсация
8	Ветер на ребро + пульсация
9	Ветер вдоль грани + пульсация

Таблица 2.8 - Комбинации

Номер	Наименование
1	$1*(1) + 1*(2) + 0,9*(6) + 1*(7)$
2	$1*(1) + 1*(2) + 0,9*(6) + 1*(8)$
3	$1*(1) + 1*(2) + 0,9*(6) + 1*(9)$
4	$1*(1) + 1*(2) + 1*(7)$
5	$1*(1) + 1*(2) + 1*(8)$
6	$1*(1) + 1*(2) + 1*(9)$

3 Проверочные расчеты

3.1 Проверка поясов и элементов решетки по первой группе предельных состояний

Таблица 3.1 - Проверка поясов по первой группе предельных состояний

SC	Сеч.	N, кН	A, см ²	L _{ef} , см	i _x , см	λ	λ̄	δ	φ	Проверка на устойчивость			Проверка на гибкость		
										0,22	<	1	52,3	<	120,0
1	114x6	120,7	20,358	200,0	3,824	52,3	2,03	14,89	0,874	0,22	<	1	52,3	<	120,0
2	159x6	293,0	28,840	333,9	5,414	61,7	2,39	16,72	0,822	0,40	<	1	61,7	<	120,0
3	168x6	479,8	30,536	333,9	5,731	58,3	2,26	16,02	0,842	0,60	<	1	58,3	<	120,0
4	194x10	643,5	57,805	500,8	6,515	76,9	2,98	20,23	0,708	0,51	<	1	76,9	<	120,0
5	219x10	791,3	65,659	500,8	7,398	67,7	2,63	18,03	0,781	0,50	<	1	67,7	<	120,0
6	219x10	860,2	65,659	500,8	7,398	67,7	2,63	18,03	0,781	0,54	<	1	67,7	<	120,0
7	219x10	1048,1	65,659	258,0	7,398	34,9	1,35	12,21	0,942	0,55	<	1	34,9	<	120,0

Таблица 3.2 - Проверка элементов решетки по первой группе предельных состояний

SC	Сеч.	N, кН	e, см	A, см ²	W, см ³	i _x , см	L _{ef} , см	m	λ	λ̄	η	m _{ef}	φ _e
1	50x4	21,4	2,9	7,080	9,820	1,862	160,1	2,09	86,0	3,336	1,35	2,82	0,251
2	50x4	25,2	2,9	7,080	9,820	1,862	247,5	2,09	132,9	5,157	1,25	2,61	0,179
3	60x4	30,8	3,4	8,680	14,910	2,270	283,9	1,98	125,1	4,851	1,26	2,49	0,194
4	70x4	35,8	3,9	10,280	21,070	2,678	379,8	1,90	141,8	5,501	1,25	2,38	0,173
5	80x4	34,2	4,5	11,880	28,290	3,086	416,3	1,89	134,9	5,232	1,25	2,36	0,184
6	90x5	34,6	5,1	16,570	43,800	3,449	455,6	1,93	132,1	5,124	1,25	2,41	0,186
7	90x5	34,9	5,1	16,570	43,800	3,449	497,0	1,93	144,1	5,590	1,25	2,41	0,169

Таблица 3.2 (продолжение)

SC	Сеч.	Проверка на устойчивость			Проверка на гибкость		
		0,39	<	1	86,0	<	180,0
1	50x4	0,39	<	1	86,0	<	180,0
2	50x4	0,64	<	1	132,9	<	171,6
3	60x4	0,59	<	1	125,1	<	174,7
4	70x4	0,65	<	1	141,8	<	171,2
5	80x4	0,51	<	1	134,9	<	179,7
6	90x5	0,36	<	1	132,1	<	180,0
7	90x5	0,40	<	1	144,1	<	180,0

Проверка на устойчивость центрально-сжатых поясов выполняется согласно п.7.1.3 [2];

$$\frac{N}{\phi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \cdot \gamma_n \leq 1$$

Проверка на устойчивость внецентренно-сжатых элементов решетки выполняется согласно п.9.2.2 [2];

$$\frac{N}{\phi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \cdot \gamma_n \leq 1$$

Проверка на гибкость выполняется для сжатых элементов, п.10.4.1 [2];

$$\lambda < \lambda_u$$

A, W, i – площадь, момент сопротивления и радиус инерции поперечного сечения

m - относительный эксцентриситет

$$m = \frac{eA}{W_x}$$

l_{ef} - расчетная длина элемента

λ - гибкость элемента

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$$

$\bar{\lambda}$ - относительная гибкость элемента;

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R_y/E}$$

η – коэффициент влияния формы сечения табл. Д.2 [2]

$m_{ef} = \eta \cdot m$ (п. 9.2.2 [2])

φ – коэффициент продольного изгиба (п.7.1.3 [2])

φ_e – коэффициент для проверки устойчивости внецентренно-сжатых (сжато-изгибаемых) стержней (табл. Д.3 [2])

$R_y = 31,0$ кН/см² – расчетное сопротивление стали при толщине от 2 до 20 мм

$E=20600$ кН/см² – модуль упругости прокатной стали (Таблица Г.10 [2])

λ_u - предельная гибкость (Таблица 32 [2])

Для поясов - $\lambda_u = 120$ (Таблица 32 1б [2])

Для остальных элементов решетки $\lambda_u = 210 - 60 \cdot \alpha$ (Таблица 32 2а [2])

$$\alpha = \frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c}$$

$\gamma_c = 1,0$ - коэффициент условия работы (Таблица 1 [2])

3.2 Проверка башни по второй группе предельных состояний

Максимальное отклонение башни под действием нормативного давления ветра без учета пульсационной составляющей составляет 167 мм, что меньше допустимого отклонения $1/100=70000/100=700$ мм (Таблица 17.7 [2]).

3.3 Расчет болтовых соединений

Таблица 3.3 – Проверка болтовых соединений раскосов к фасонкам

Секция	N , кН	d , см	$t^{фас}$, см	t^{np} , см	A , см ²	Σt , см	γ_b	N_{bs} , кН	N_{bp} , кН	n		n_{np}
SC-1	21,4	1,6	0,8	0,7	2,01	0,7	0,74	66,3	51,1	0,42	<	1
SC-2	25,2	1,6	0,8	0,7	2,01	0,7	0,74	66,3	51,1	0,49	<	1
SC-3	30,8	2,0	0,8	0,7	3,14	0,7	0,71	103,6	61,4	0,50	<	1
SC-4	35,8	2,0	0,8	0,7	3,14	0,7	0,83	103,6	72,3	0,49	<	1
SC-5	34,2	2,4	1,0	0,7	4,52	0,7	0,80	149,2	83,3	0,41	<	1
SC-6	34,6	2,4	1,2	0,5	4,52	0,5	0,90	149,2	67,0	0,52	<	1
SC-7	34,9	2,4	1,2	0,5	4,52	0,5	0,90	149,2	67,0	0,52	<	1

Класс прочности болтов 8,8

Класс точности В

N – максимальное усилие в элементах данной секции

d – наружный диаметр стержня болта

$t^{фас}$ – толщина фасонки в данной секции

t^{np} – толщина стенки квадратной трубы в данной секции

$A = \pi \cdot d^2 / 4$ – расчетная площадь сечения болта

Σt – наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении

$N_{bs} = R_{bs} \cdot \gamma_b \cdot A \cdot n_s$ – расчетное усилие среза, которое может быть воспринято одним болтом

$R_{bs} = 33,2$ кН/см² – расчетное сопротивление срезу болтового соединения (Таблица Г.5, [2])

γ_b – коэффициент условий работы соединения (Таблица 41 [2])

$n_s = 1$ – число расчетных срезов одного болта

$N_{bt} = R_{bp} \cdot \gamma_b \cdot d \cdot \Sigma t$ – расчетное усилие смятия, которое может быть воспринято одним болтом

$R_{bp} = 62$ кН/см² – расчетное сопротивление смятию болтового соединения (Таблица Г.6 [2])

$n \geq \frac{\gamma_n \cdot N}{\gamma_c \cdot N_{min}}$ – требуемое количество болтов, при действии продольной силы N

N_{min} – меньшее из значений расчетных усилий для одного болта (N_{bs} , N_{bp})

$\gamma_c = 1,0$ – коэффициент условия работы (Таблица 1 [2])

Таблица 3.4 - Проверка фланцевых болтовых соединений

Секция	N , кН	d , см	A_{bn} , см ²	N_{bt} , кН	n		n_{np}
SC-1 – SC-2	151,4	2,4	3,52	158,4	1,0	<	6
SC-2 – SC-3	316,4	2,4	3,52	158,4	2,0	<	6
SC-3 – SC-4	494,4	2,7	4,59	206,6	2,4	<	6
SC-4 – SC-5	639,6	3,0	5,60	252,0	2,5	<	6
SC-5 – SC-6	765,0	3,6	8,16	367,2	2,1	<	6
SC-6 – SC-7	872,1	3,6	8,16	367,2	2,4	<	6
SC-7	942,4	3,6	8,16	367,2	2,6	<	6

Класс прочности фланцевых болтов 8,8

Сталь фундаментных болтов 09Г2С-12

Класс точности В

N – максимальное усилие в элементах данных секций

d – наружный диаметр стержня болта

A_{bn} – площадь сечения болта нетто (Таблица Г.9 [2])

$N_b = R_{bt} \cdot A_{bn}$ – расчетное усилие растяжения, которое может быть воспринято одним болтом

$R_{bt} = 45,1$ кН/см² – расчетное сопротивление растяжению фланцевых болтов (Таблица Г.5 [2])

$n \geq \frac{N}{\gamma_c \cdot N_{bt}}$ – требуемое количество болтов, при действии продольной силы N

$\gamma_c = 1,0$ – коэффициент условия работы (Таблица 1 [2])

4 Результаты расчета

4.1 Расчетные нагрузки на фундамент

Максимальные нагрузки анкерную деталь:

	N , кН	Q , кН
Прижим	1079,4	105,1
Отрыв	942,4	94,0

Максимальные нагрузки на фундамент в целом:

$$N = 274,6 \text{ кН}$$

$$Q = 162,8 \text{ кН}$$

$$M = 7426,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Максимальные нагрузки на центральный ствол

$$N = 97,2 \text{ кН}$$

4.2 Выводы

Конструкция башни высотой 70 метров по проекту ST70-T7-КМ удовлетворяет требованиям, предъявляемым СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции».



Белмаст Связь

ООО «Белмаст Связь», 214018, Смоленская обл., г. Смоленск, пр-т Гагарина, д. 26, оф. 5.1
+7 (4812) 339-899; +7(951)706-2626, факс +7 (4812) 33-87-20, info@belmast.ru
www.belmast.ru

**Поверочный расчет башни высотой 80 м
II ветрового района, тип местности А**

Директор



Дедушков В.А.



ЛИЦЕНЗИЯ

№ 12934

(взамен Лиц.10438м от 22.10.2012г.)
на передачу и сопровождения интегрированной системы
SCAD Office



Дата передачи 2015/06/22

Передано ООО "БелЭксп", г.Псков.

Компания "SCAD SOFT" подтверждает настоящей лицензией факт передачи интегрированной системы прочностного анализа и проектирования конструкций SCAD Office 21 и гарантирует сопровождение и обновление системы в рамках переданной конфигурации в течении одного года со дня передачи.

Комплектация передаваемых программных модулей

	z64	z392	zMax
Количество рабочих мест	1	0	0
Графический синтез расчетной схемы, линейный расчет и анализ результатов расчета	x		
Расчетные сочетания усилий			
Подбор арматуры в элементах железобетонных конструкций			
Анализ устойчивости	x		
Проверка и подбор элементов стальных конструкций			
Вычисление спектров отклика	x		
Нелинейный процессор (расчет геометрически нелинейных задач)	x		
Амплитудно-частотные характеристики	x		
Вариации моделей			
Монтаж			

КОМЕТА	0
КРИСТАЛЛ	0
АРБАТ	0
КАМИН	0
МОНОЛИТ	0
ВЕСТ	0
КРОСС	0
ЗАПРОС	0
ДЕКОР	0
ОТКОС	0
Конструктор сечений	1
КОНСУЛ	0
СЕЗАМ	0
ТОНУС	0
КоКон	0
КУСТ	0

Локальный ключ:

Условия Лицензионного договора см. на обратной стороне листа

По вопросам сопровождения обращаться:
Тел. Факс (+38 044) 249 71 91, (+7 499) 267 40 76
e-mail: scad@scadsoft.com; scad@scadsoft.ru

Представитель ГК «SCAD SOFT»:



Булгаков С.А.
(Ф.И.О.)

Содержание

- Ведомость ссылочных документов
- 1 Исходные данные
- 2 Сбор нагрузок
 - 2.1 Вычисление ветровых нагрузок на несущие элементы башни
 - 2.2 Вычисление ветровых нагрузок на внутренний ствол
 - 2.3 Вычисление ветровых нагрузок на антенны
 - 2.4 Вычисление нагрузок от антенн и фидеров
 - 2.5 Вычисление нагрузок от площадок
 - 2.6 Вычисление снеговых нагрузок на площадки
 - 2.7 Список загружений и комбинаций
- 3 Проверочные расчеты
 - 3.1 Проверка поясов и элементов решетки по первой группе предельных состояний
 - 3.2 Проверка башни по второй группе предельных состояний
 - 3.3 Расчет болтовых соединений
- 4 Результаты расчета
 - 4.1 Расчетные нагрузки на фундамент
 - 4.2 Выводы

Ведомость ссылочных документов

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия
2. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции

1 Исходные данные

Поверочные расчеты металлоконструкций башни высотой 80 метров для II ветрового района, тип местности А, выполнены на действие ветра на расчетную площадь, имитирующее возможное размещение проектируемого антенно-фидерного оборудования.

Снеговой район - IV, расчетная снеговая нагрузка – 280 кг/м².

Расчетная ветровая площадь образована следующими элементами:

- Антенна дипольная D8 VHF ($A=0,6 \text{ м}^2$) – 1 шт. с отм. 65,000 до отм. 80,000 м
- Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX $d=1,8 \text{ м}$ – 3 шт. на отметке 80,000 м
- Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX $d=1,8 \text{ м}$ – 3 шт. на отметке 70,000 м
- Антенна РРЛ А10WS18MAC-3NX $d=1,8 \text{ м}$ – 3 шт. на отметке 60,000 м
- Кабель дипольной антенны $d=28 \text{ мм}$ – 2 шт. по высоте
- Кабель РРЛ $d=11 \text{ мм}$ – 18 шт. по высоте

Металлоконструкция башни рассчитывалась на следующие сочетания нагрузок:

- Собственный вес башни, вес технологического оборудования (антенны, фидера), снеговая нагрузка и ветровое давление

Расчет башни выполнялся на три направления ветровой нагрузки:

- поперек грани
- на ребро
- вдоль грани

Расчет выполнен с помощью ПК SCAD 21.1 с учетом пульсационного воздействия ветрового потока согласно [1], при учете первых 6-ти форм собственных колебаний.

При расчете учитывались следующие коэффициенты:

- коэффициент надежности на собственный вес конструкции $\gamma_f = 1,05$
- коэффициент надежности на вес оборудования $\gamma_f = 1,2$
- коэффициент надежности на ветровую нагрузку $\gamma_f = 1,4$
- коэффициент ответственности сооружения $\gamma_n = 1,0$ (II уровень ответственности)

В геометрическом отношении башня представляет собой композицию двух фигур:

- трехгранная пирамида в нижней части до отм. 70,0 м с основаниями в форме равносторонних треугольников, большего нижнего со стороной 9,5 м и меньшего верхнего со стороной 2,5 м;

- трехгранная призма с отм. 70,0 до отм. 80,0 м с сечением в виде равностороннего треугольника со стороной 2,5 м.

Внутри башни ниже отметки +70,000 метров, расположен решетчатый ствол трехгранного сечения со стороной грани 400 мм. К стволу крепится лестница. К несущим конструкциям башни внутренний ствол крепится распорками.

Раскосная решетка по граням крестообразная

Крепление решетки к поясам одноболтовое через фасонку

Соединения поясов – фланцевые на болтах

Пояса башни выполнены из круглой трубы по ГОСТ 8732-78

Решетка из квадратных труб по ГОСТ 8639-82

Сталь поясов и решетки – 09Г2С по ГОСТ 19281-89 (С345 по ГОСТ 27772-88)

Таблица 1.1 - Сечение элементов башни

Элемент	Секция	Отметки, м	Сечение
Пояса	SC-1	70-80	Тр. 114x6
	SC-2	60-70	Тр. 159x6
	SC-3	50-60	Тр. 168x6
	SC-4	40-50	Тр. 194x10
	SC-5	30-40	Тр. 219x10
	SC-6	20-30	Тр. 219x10
	SC-7	10-20	Тр. 219x10
	SC-8	0-10	Тр. 219x10
Раскосы	SC-1	70-80	Тр. 50x50x4
	SC-2	60-70	Тр. 50x50x4
	SC-3	50-60	Тр. 60x60x4
	SC-4	40-50	Тр. 70x70x4
	SC-5	30-40	Тр. 80x80x4
	SC-6	20-30	Тр. 90x90x5
	SC-7	10-20	Тр. 90x90x5
	SC-8	0-10	Тр. 90x90x5

Для расчетов несущей способности отдельных элементов, они разбиты на группы с одинаковым сечением и назначением (пояс, раскос) в интервале высот.

По высоте башни предусматривается площадки для обслуживания, а также отдыха при подъеме, расположение и параметры площадок указаны в таблице:

Таблица 1.2 – Расположение площадок

Отметка, м	Площадка
79,000	PL-6
70,000	PL-6
60,000	PL-30
50,000	PL-2
40,000	PL-19
30,000	PL-2
20,000	PL-2
10,000	PL-2

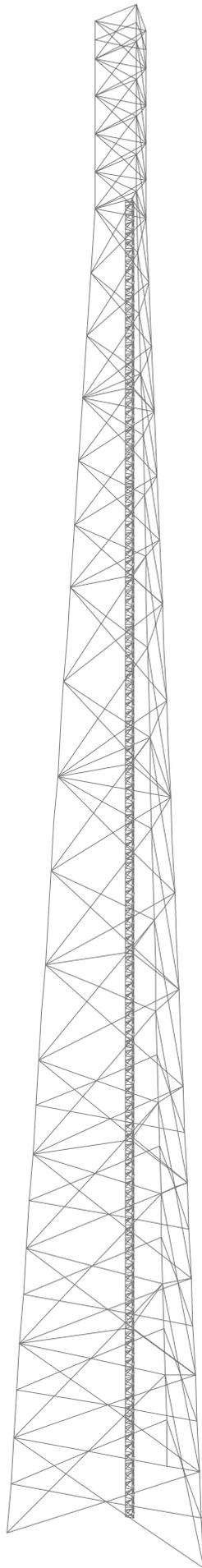


Рисунок 1 - Общий вид расчетной схемы башни

2 Сбор нагрузок

2.1 Вычисление ветровых нагрузок на несущие элементы башни

Таблица 2.1

№ сек.	H_c , м	k	L_n , м	d_n , м	$L_{раск}$, м	$L_{расп}$, м	d_p , м	A_n^* , м ²	A_p^* , м ²
SC-1	75	1,81	20,000	0,114	32,02	15,00	0,050	2,62	2,70
SC -2	65	1,74	20,034	0,159	26,94	2,50	0,050	3,66	1,69
SC -3	55	1,65	20,034	0,168	31,26	3,50	0,060	3,87	2,40
SC -4	45	1,55	20,034	0,194	28,29	4,50	0,070	4,47	2,64
SC -5	35	1,44	20,034	0,219	31,25	5,50	0,080	5,05	3,38
SC -6	25	1,31	20,034	0,219	34,41	13,74	0,090	5,05	4,98
SC -7	15	1,13	20,034	0,219	37,74	23,48	0,090	5,05	6,34
SC -8	5	0,75	20,034	0,219	41,19	26,49	0,090	5,05	7,00

Таблица 2.1 (продолжение)

B_c , м	A_k , м ²	C_x	ϕ	η	C_f	W , кг/м ²	$W_{расп}$, кг/м
2,614	26,1	0,198	0,204	0,788	0,3187	24,26	21,14
3,159	31,6	0,140	0,170	0,849	0,2334	17,03	17,94
4,168	41,7	0,133	0,150	0,883	0,2255	15,63	21,71
5,194	51,9	0,121	0,137	0,908	0,2074	13,50	23,38
6,219	62,2	0,122	0,135	0,910	0,2104	12,70	26,33
7,219	72,2	0,136	0,139	0,904	0,2332	12,85	30,93
8,219	82,2	0,142	0,138	0,905	0,2434	11,50	31,51
9,219	92,2	0,135	0,131	0,919	0,2337	7,36	22,62

* при вычислении A_n и A_p , неучтенные площади учитывались коэффициентом 1,15

H_c – высота расположения середины секции над поверхностью земли;

k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте (п.11.1.6 [1]);

L_n - полная длина элементов пояса, наветренной грани, в пределах секции;

d_n - габарит сечения элементов пояса в пределах секции;

$L_{раск}$ - полная длина элементов раскосов, наветренной грани, в пределах секции;

$L_{расп}$ - полная длина элементов распорок, наветренной грани, в пределах секции;

d_p - габарит сечения элементов раскосов и распорок в пределах секции;

A_n - наветренная площадь элементов габаритом d_n , в пределах секции;

A_p - наветренная площадь элементов габаритом d_p , в пределах секции;

B_c – расстояние между поясами, в уровне H_c ;

A_k - площадь, ограниченная контуром секции башни;

C_x - аэродинамический коэффициент для наветренной грани секции башни. (Приложение Д.1.14 [1])

$$C_x = \frac{1}{A_k} (c_n \cdot A_n + c_p \cdot A_p)$$

c_n, c_p - аэродинамический коэффициент элементов пояса и раскосов-распорок

c_n - определяется по приложению Д.1.12 [1]

$$c_p = 1,4$$

ϕ - коэффициент заполнения для наветренной фермы секции

$$\phi = \frac{1}{A_k} (A_n + A_p)$$

η - коэффициент учитывающий затенение подветренных ферм мачты наветренной фермы

C_f - аэродинамический коэффициент для решетчатой секции башни

$$C_f = C_x \cdot (1 + \eta) \cdot k_1$$

k_1 - коэффициент, учитывающий направление ветра

$k_1 = 0,9$ - при направлении ветра на грань треугольных в плане башен.

W - расчетное ветровое давление на секцию башни

$$W = \gamma_f \cdot W_0 \cdot C_f \cdot k$$

$\gamma_f = 1,4$ - коэффициент надежности на ветровую нагрузку (п.11.1.12 [1])

$W_0 = 30 \text{ кг/м}^2$ - нормативное значение ветрового давления (п.11.1.4 [1])

$W_{расч}$ - распределенная нагрузка на пояса от расчетного ветрового давления.

$$W_{расч} = W \cdot B_c / n$$

$n = 3$ - количество поясов на которые собирается ветровая нагрузка

2.2 Вычисление ветровых нагрузок на внутренний ствол

Таблица 2.2

Z, м	k	$W_{расч}$, кг/м
76,000	1,82	65,1
60,000	1,70	60,8
40,000	1,50	53,6
20,000	1,25	44,7
10,000	1,00	35,7
5,000	0,75	26,8
0,000	0,75	26,8

* неучтенные площади учитывались коэффициентом 1,15

Z - высота расположения узла над поверхностью земли;

W - распределенная нагрузка на внутренний ствол от расчетного ветрового давления, без учета коэффициента k.

$$W = \gamma_f \cdot W_0 \cdot (c_\phi \cdot d_\phi + c_n \cdot d_n), \text{ кг/м}$$

$c_\phi = 1,4$ - аэродинамический коэффициент ствола и кабелей.

$d_\phi = 0,4 \text{ м}$ - габарит внутреннего ствола и кабелей;

$c_n = 1,2$ – аэродинамический коэффициент элементов ограждения лестницы.

$d_n = 0,15$ м – условный габарит элементов ограждения лестницы;

$$W_{расп} = W \cdot k$$

$W_{расп}$ – распределенная нагрузка на внутренний ствол от расчетного ветрового давления, с учетом коэффициента k .

2.3 Вычисление ветровых нагрузок на антенны

Таблица 2.3

Z, м	k	$A_i, \text{м}^2$	C_x	$C_x \cdot A_i, \text{м}^2$	W, кг	n, шт	Wобщ, кг
80,000	1,85	0,60	1,4	0,840	65,3	1	65,3
80,000	1,85	2,54	1,4	3,563	276,8	3	830,4
70,000	1,78	2,54	1,4	3,563	265,6	3	796,8
60,000	1,70	2,54	1,4	3,563	254,4	3	763,1

A_i - наветренная площадь антенны;

C_x - аэродинамический коэффициент антенны;

W - расчетная ветровая узловая нагрузка

$$W = \gamma_f \cdot W_0 \cdot k \cdot C_x \cdot A_i$$

2.4 Вычисление нагрузок от антенн и фидеров

Таблица 2.4

Отметка, м	Тип нагрузки	Кол-во	Вес одной шт., кг	Вес креплений для антенн
80,000	Антенна дипольная D8 VHF ($A=0,6 \text{ м}^2$)	1	21,5	50
80,000	Антенна РРЛ A10WS18MAC-3NX d=1,8 м	3	100	50
70,000	Антенна РРЛ A10WS18MAC-3NX d=1,8 м	3	100	50
60,000	Антенна РРЛ A10WS18MAC-3NX d=1,8 м	3	100	50
Распр.	Кабель дипольной антенны d=28 мм	2	0,5 кг/м	-
Распр.	Кабель РРЛ d=11 мм	18	0,25 кг/м	-

2.5 Вычисление нагрузок от площадок

Таблица 2.5

Отметка, м	Площадка	Вес, кг
79,000	PL-6	140
70,000	PL-6	140
60,000	PL-30	240
50,000	PL-2	180
40,000	PL-19	400
30,000	PL-2	180
20,000	PL-2	180
10,000	PL-2	180

2.6 Вычисление снеговых нагрузок на площадки

Таблица 2.6

Отметка, м	Площадка	$A, \text{ м}^2$	$S, \text{ кг}$
79,000	PL-6	2,7	757,8
70,000	PL-6	2,7	757,8
60,000	PL-30	5,3	1485,2
50,000	PL-2	1,0	280,0
40,000	PL-19	7,5	2100,0
30,000	PL-2	1,0	280,0
20,000	PL-2	1,0	280,0
10,000	PL-2	1,0	280,0

A - площадь настила площадки;

S - расчетная снеговая нагрузка (п.10.1 [1])

$$S = c_e * c_t * \mu * S_g$$

$c_e=1$ – коэффициент, учитывающий снос снега (п.10.9 [1])

$c_t=1$ – термический коэффициент (п.10.10 [1])

$\mu=1$ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке (п.10.4 [1])

$S_g=280 \text{ кг/м}^2$ – вес снегового покрова (Таблица 10.1 [1])

2.7 Список загрузжений и комбинаций

Таблица 2.7 - Загружения

Номер	Наименование
1	Собственный вес башни
2	Вес кабелей, антенн, креплений и площадок
3	Ветер поперек грани
4	Ветер на ребро
5	Ветер вдоль грани
6	Снег
7	Ветер поперек грани + пульсация
8	Ветер на ребро + пульсация
9	Ветер вдоль грани + пульсация

Таблица 2.8 - Комбинации

Номер	Наименование
1	$1*(1) + 1*(2) + 0,9*(6) + 1*(7)$
2	$1*(1) + 1*(2) + 0,9*(6) + 1*(8)$
3	$1*(1) + 1*(2) + 0,9*(6) + 1*(9)$
4	$1*(1) + 1*(2) + 1*(7)$
5	$1*(1) + 1*(2) + 1*(8)$
6	$1*(1) + 1*(2) + 1*(9)$

3 Проверочные расчеты

3.1 Проверка поясов и элементов решетки по первой группе предельных состояний

Таблица 3.1 - Проверка поясов по первой группе предельных состояний

SC	Сеч.	N, кН	A, см ²	L _{ef} , см	i _x , см	λ	λ̄	δ	φ	Проверка на устойчивость			Проверка на гибкость		
										0,23	<	1	52,3	<	120,0
1	114x6	125,5	20,358	200,0	3,824	52,3	2,03	14,89	0,874	0,23	<	1	52,3	<	120,0
2	159x6	306,7	28,840	333,9	5,414	61,7	2,39	16,72	0,822	0,42	<	1	61,7	<	120,0
3	168x6	507,9	30,536	333,9	5,731	58,3	2,26	16,02	0,842	0,64	<	1	58,3	<	120,0
4	194x10	666,0	57,805	500,8	6,515	76,9	2,98	20,23	0,708	0,52	<	1	76,9	<	120,0
5	219x10	840,4	65,659	500,8	7,398	67,7	2,63	18,03	0,781	0,53	<	1	67,7	<	120,0
6	219x10	914,7	65,659	500,8	7,398	67,7	2,63	18,03	0,781	0,58	<	1	67,7	<	120,0
7	219x10	1131,5	65,659	258,0	7,398	34,9	1,35	12,21	0,942	0,59	<	1	34,9	<	120,0
8	219x10	1263,9	65,659	257,2	7,398	34,8	1,35	12,19	0,942	0,66	<	1	34,8	<	120,0

Таблица 3.2 - Проверка элементов решетки по первой группе предельных состояний

SC	Сеч.	N, кН	e, см	A, см ²	W, см ³	i _x , см	L _{ef} , см	m	λ	λ̄	η	m _{ef}	φ _e
1	50x4	22,1	2,9	7,080	9,820	1,862	160,1	2,09	86,0	3,336	1,35	2,82	0,251
2	50x4	26,2	2,9	7,080	9,820	1,862	247,5	2,09	132,9	5,157	1,25	2,61	0,179
3	60x4	33,0	3,4	8,680	14,910	2,270	283,9	1,98	125,1	4,851	1,26	2,49	0,194
4	70x4	36,8	3,9	10,280	21,070	2,678	379,8	1,90	141,8	5,501	1,25	2,38	0,173
5	80x4	37,8	4,5	11,880	28,290	3,086	416,3	1,89	134,9	5,232	1,25	2,36	0,184
6	90x5	38,4	5,1	16,570	43,800	3,449	455,6	1,93	132,1	5,124	1,25	2,41	0,186
7	90x5	40,4	5,1	16,570	43,800	3,449	497,0	1,93	144,1	5,590	1,25	2,41	0,169
8	90x5	39,8	5,1	16,570	43,800	3,449	540,0	1,93	156,6	6,073	1,25	2,41	0,153

Таблица 3.2 (продолжение)

SC	Сеч.	Проверка на устойчивость			Проверка на гибкость		
		0,40	<	1	86,0	<	180,0
1	50x4	0,40	<	1	86,0	<	180,0
2	50x4	0,66	<	1	132,9	<	170,1
3	60x4	0,63	<	1	125,1	<	172,1
4	70x4	0,67	<	1	141,8	<	170,1
5	80x4	0,56	<	1	134,9	<	176,5
6	90x5	0,40	<	1	132,1	<	180,0
7	90x5	0,46	<	1	144,1	<	180,0
8	90x5	0,51	<	1	156,6	<	179,7

Проверка на устойчивость центрально-сжатых поясов выполняется согласно п.7.1.3 [2];

$$\frac{N}{\phi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \cdot \gamma_n \leq 1$$

Проверка на устойчивость внецентренно-сжатых элементов решетки выполняется согласно п.9.2.2 [2];

$$\frac{N}{\phi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \cdot \gamma_n \leq 1$$

Проверка на гибкость выполняется для сжатых элементов, п.10.4.1 [2];

$$\lambda < \lambda_u$$

A, W, i – площадь, момент сопротивления и радиус инерции поперечного сечения

m - относительный эксцентриситет

$$m = \frac{eA}{W_x}$$

l_{ef} - расчетная длина элемента

λ - гибкость элемента

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$$

$\bar{\lambda}$ - относительная гибкость элемента;

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R_y/E}$$

η – коэффициент влияния формы сечения табл. Д.2 [2]

$m_{ef} = \eta \cdot m$ (п. 9.2.2 [2])

φ – коэффициент продольного изгиба (п.7.1.3 [2])

φ_e – коэффициент для проверки устойчивости внецентренно-сжатых (сжато-изгибаемых) стержней (табл. Д.3 [2])

$R_y = 31,0$ кН/см² – расчетное сопротивление стали при толщине от 2 до 20 мм

$E=20600$ кН/см² – модуль упругости прокатной стали (Таблица Г.10 [2])

λ_u - предельная гибкость (Таблица 32 [2])

Для поясов - $\lambda_u = 120$ (Таблица 32 1б [2])

Для остальных элементов решетки $\lambda_u = 210 - 60 \cdot \alpha$ (Таблица 32 2а [2])

$$\alpha = \frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c}$$

$\gamma_c = 1,0$ - коэффициент условия работы (Таблица 1 [2])

3.2 Проверка башни по второй группе предельных состояний

Максимальное отклонение башни под действием нормативного давления ветра без учета пульсационной составляющей составляет 227 мм, что меньше допустимого отклонения $1/100=80000/100=800$ мм (Таблица 17.7 [2]).

3.3 Расчет болтовых соединений

Таблица 3.3 – Проверка болтовых соединений раскосов к фасонкам

Секция	N , кН	d , см	t^{fac} , см	t^{np} , см	A , см ²	Σt , см	γ_b	N_{bs} , кН	N_{bp} , кН	n		n_{np}
SC-1	22,1	1,6	0,8	0,7	2,01	0,7	0,74	66,3	51,1	0,43	<	1
SC-2	26,2	1,6	0,8	0,7	2,01	0,7	0,74	66,3	51,1	0,51	<	1
SC-3	33,0	2,0	0,8	0,7	3,14	0,7	0,71	103,6	61,4	0,54	<	1
SC-4	36,8	2,0	0,8	0,7	3,14	0,7	0,83	103,6	72,3	0,51	<	1
SC-5	37,8	2,4	1,0	0,7	4,52	0,7	0,80	149,2	83,3	0,45	<	1
SC-6	38,4	2,4	1,2	0,5	4,52	0,5	0,90	149,2	67,0	0,57	<	1
SC-7	40,4	2,4	1,2	0,5	4,52	0,5	0,90	149,2	67,0	0,60	<	1
SC-8	39,8	2,4	1,2	0,5	4,52	0,5	0,90	149,2	67,0	0,59	<	1

Класс прочности болтов 8,8

Класс точности В

N – максимальное усилие в элементах данной секции

d – наружный диаметр стержня болта

t^{fac} – толщина фасонки в данной секции

t^{np} – толщина стенки квадратной трубы в данной секции

$A = \pi \cdot d^2 / 4$ – расчетная площадь сечения болта

Σt – наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении

$N_{bs} = R_{bs} \cdot \gamma_b \cdot A \cdot n_s$ – расчетное усилие среза, которое может быть воспринято одним болтом

$R_{bs} = 33,2$ кН/см² – расчетное сопротивление срезу болтового соединения (Таблица Г.5, [2])

γ_b – коэффициент условий работы соединения (Таблица 41 [2])

$n_s = 1$ – число расчетных срезов одного болта

$N_{bt} = R_{bp} \cdot \gamma_b \cdot d \cdot \Sigma t$ – расчетное усилие смятия, которое может быть воспринято одним болтом

$R_{bp} = 62$ кН/см² – расчетное сопротивление смятию болтового соединения (Таблица Г.6 [2])

$n \geq \frac{\gamma_n \cdot N}{\gamma_c \cdot N_{min}}$ – требуемое количество болтов, при действии продольной силы N

N_{min} – меньшее из значений расчетных усилий для одного болта (N_{bs} , N_{bp})

$\gamma_c = 1,0$ – коэффициент условия работы (Таблица 1 [2])

Таблица 3.4 - Проверка фланцевых болтовых соединений

Секция	N , кН	d , см	A_{bn} , см ²	N_{bt} , кН	n		n_{np}
SC-1 – SC-2	158,9	2,4	3,52	158,4	1,0	<	6
SC-2 – SC-3	335,2	2,4	3,52	158,4	2,1	<	6
SC-3 – SC-4	529,8	2,7	4,59	206,6	2,6	<	6
SC-4 – SC-5	674,5	3,0	5,60	252,0	2,7	<	6
SC-5 – SC-6	817,2	3,6	8,16	367,2	2,2	<	6
SC-6 – SC-7	941,5	3,6	8,16	367,2	2,6	<	6
SC-7 – SC-8	1056,7	3,6	8,16	367,2	2,9	<	6
SC-8	1131,6	3,6	8,16	367,2	3,1	<	6

Класс прочности фланцевых болтов 8,8

Сталь фундаментных болтов 09Г2С-12

Класс точности В

N – максимальное усилие в элементах данных секций

d – наружный диаметр стержня болта

A_{bn} – площадь сечения болта нетто (Таблица Г.9 [2])

$N_b = R_{bt} \cdot A_{bn}$ – расчетное усилие растяжения, которое может быть воспринято одним болтом

$R_{bt} = 45,1$ кН/см² – расчетное сопротивление растяжению фланцевых болтов (Таблица Г.5 [2])

$n \geq \frac{N}{\gamma_c \cdot N_{bt}}$ – требуемое количество болтов, при действии продольной силы N

$\gamma_c = 1,0$ – коэффициент условия работы (Таблица 1 [2])

4 Результаты расчета

4.1 Расчетные нагрузки на фундамент

Максимальные нагрузки анкерную деталь:

	N , кН	Q , кН
Прижим	1296,7	126,1
Отрыв	1131,6	112,8

Максимальные нагрузки на фундамент в целом:

$$N = 330,3 \text{ кН}$$

$$Q = 195,8 \text{ кН}$$

$$M = 9968,3 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Максимальные нагрузки на центральный ствол

$$N = 118,8 \text{ кН}$$

4.2 Выводы

Конструкция башни высотой 80 метров по проекту ST80-T8-КМ удовлетворяет требованиям, предъявляемым СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции».