

ООО «Драфт»

Поверочный расчет
фундаментов башни высотой $H=95\text{м}$,
для размещения антенного оборудования

Генеральный директор

Главный инженер проекта

Содержание

1. Исходные данные.....	3
2. Описание строительных конструкций.....	3
3. Расчет основания фундамента по деформациям.....	4
4. Расчет фундамента по несущей способности	5
5. Расчет анкерной группы	7
6. Выводы.....	9
7. Список используемой литературы.....	10
Приложения:	
Приложение 1. Схема расположения фундаментов башни	11
Приложение 2. Схема нагрузок на фундаменты башни	13
Приложение 3. Допуск СРО	14

1. Исходные данные.

1.1. Цель расчета – проверка несущей способности фундаментов мачты на возможность размещения оборудования ретранслятора

Место размещения мачты:

При расчете была рассмотрена документация:

- «Поверочный расчет Металлоконструкции башни высотой $H=95$ м для размещения антенного оборудования ретранслятора, расположенной по адресу: , выполненный ООО «Драфт» в 2016 г.;

- Рабочий проект «Строительство базовой станции системы сотовой радиотелефонной связи стандартов GSM900/1800 в , шифр МУР07004-КЖ, выполненный ООО «Центр Качества Строительства», г. Псков в 2007 г.

2. Описание строительных конструкций.

2.1. В основании башня имеет базу 13,684 м и опирается на фундаменты под каждой опорой.

Фундамент под каждую опору (4 шт.) - монолитный железобетонный столбчатый, на естественном основании, стаканного типа размером 4,8х4,8х3,5 м с установкой закладной детали с опорным столиком и анкерной группой для крепления опоры башни.

Материалом фундамента башни служит тяжелый бетон кл. В20 по ГОСТ 26633-91.

Материалы анкерной группы:

- прокат стальной горячекатаный круглый диаметром 42 мм, из стали марки С345 по ГОСТ 27772-88* (Ст3кп2 по ГОСТ 380-94), поставляемый по сортаменту ГОСТ 2590-88.

Метизы крепления башни к закладным деталям фундамента:

- гайки М42 по ГОСТ 5927-70* из стали марки 20 по ГОСТ 1050-88* класса прочности 8 с механическими свойствами по ГОСТ 1759.5-87.

Количество анкерных болтов на один фундамент – 8 шт.

Глубина заложения фундамента 3,0 м.

За условную отметку 0,000 принят уровень верха фундамента башни.

2.2. Данные о грунтовых условиях площадки строительства приняты по материалам Инженерно-строительных изысканий, выполненных ООО «Галана» в 2006 г.

Рельеф площадки спокойный, с общим уклоном на северо-восток. Абсолютные отметки местности изменяются от 58,20 до 61,14 м в Балтийской системе высот.

Геологический разрез представлен следующим напластованием грунтов:

- почвенно-растительный слой с корнями деревьев, влажный (мощность слоя 0,1-0,2 м);

- песок мелкий, средней плотности, влажный и водонасыщенный (мощность слоя 0,0-1,8 м);

- песок пылеватый, средней плотности, влажный и водонасыщенный (мощность слоя 0,8 1,0м);

- суглинок легкий, пылеватый, слоистый, мягкопластичный, тиксотропный (мощность слоя 0,3-0,4м);

- суглинок моренный, легкий, пылеватый, с гравием и галькой до 10-15%, с валунами до 5%, тугопластичный, тиксотропный (мощность слоя 1,1-1,3м);

- галечниковый грунт с суглинистым заполнителем, с валунами до 5-10%, с щебнем до 15%, плотный, водонасыщенный (мощность слоя не менее 3,2м).

Грунты в пределах сезонно-промерзающего слоя обладают средней степенью морозной пучинистости. Проектом предусмотрены мероприятия, уменьшающие влияние сил морозного пучения грунта на фундаменты - заложение подошвы фундамента ниже расчетной глубины промерзания.

Грунтовые воды на период изысканий (ноябрь 2006г.) вскрыты на глубине 1,2- 1,6м, на абсолютных отметках 57,32-57,68м. Расчет фундаментов выполнен с учетом взвешивающего действия воды.

Основанием фундаментов башни служит песок пылеватый со следующими расчетными физико-механическими характеристиками:

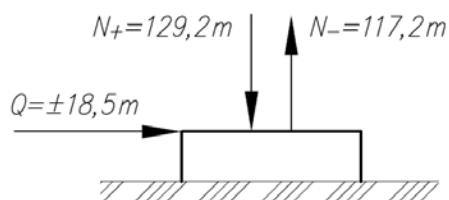
- коэффициент пористости $e = 0,65$;
- удельный вес грунта: $\gamma_{II} = 1,87 \text{ т/м}^3$;
- удельное сцепление грунта: $c_{II} = 0,4 \text{ т/м}^2$;
- угол внутреннего трения: $\varphi_{II} = 30^\circ$;
- модуль деформации: $E = 18 \text{ МПа} = 1800 \text{ тс/м}^2$.

Схема расположения фундаментов башни приведена в Приложении 1.

Схема нагрузок на фундаменты башни приведена в Приложении 2.

3. Расчет основания фундамента по деформациям.

Схема нагрузок по обрезу фундамента:



Размеры подошвы фундамента: 4,8х4,8м.

Среднее давление под подошвой фундамента: $P_m = N/F$,

где:

$$N = N/\gamma_t + G_\phi + G_r$$

$F = 23,04\text{ м}^2$ – площадь подошвы фундамента.

$\gamma_t = 1,3$ – коэффициент надежности по нагрузке.

$G_\phi = 41,158\text{ т}$ – вес фундамента.

$G_r = 14,688\text{ т}$ – вес грунта на обрезах фундамента.

Тогда:

$N = 155,231\text{ т}$

$P_m = 6,74\text{ тс/м}^2$.

Расчетное сопротивление грунта основания под подошвой фундамента определяем по формуле (5.7) СП 22.13330.2011 :

$$R = (\gamma_{c1} * \gamma_{c2}) / k * [M_\gamma * k_z * b * \gamma_{II} + M_q * d_1 * \gamma_{II}' + M_c * c_n],$$

где:

$\gamma_{c1} = 1,1$ $\gamma_{c2} = 1,0$	Коэффициенты условий работы, принимаемые по таблице 5.4 СП 22.13330.2011
$M_\gamma = 1,15$ $M_q = 5,59$ $M_c = 7,95$	По таблице 5.5 СП 22.13330.2011 при $\varphi = 30^\circ$
$k = 1$	При φ и c определенных непосредственными испытаниями
$k_z = 1$	При ширине подошвы фундамента $b < 10$ м
$\gamma_{II} = 1,7\text{ т/м}^3$	Осредненное расчетное значение удельного веса грунта, залегающего выше подошвы фундамента
$\gamma_{II}' = 1,87\text{ т/м}^3$	Осредненное расчетное значение удельного веса грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента
$c_n = 0,4\text{ тс}$	Расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента
$d_1 = 3,0$ м	Глубина заложения подошвы фундамента
$b = 4,8$ м	Ширина подошвы фундамента

Тогда: $R = 48,32\text{ т/м}^2$.

То есть, среднее давление под подошвой фундамента **не превышает** расчетного сопротивления грунтов основания: $P_m = 6,74\text{ т/м}^2 < R = 48,32\text{ т/м}^2$.

4. Расчет фундамента по несущей способности.

Расчет оснований по несущей способности при действии на фундамент (анкерную плиту) выдергивающей нагрузки производится исходя из условия:

$$F - \gamma_f G_n \cos \beta \leq \gamma_c F_{u,a} / \gamma_n,$$

$F = 117,2$ тс	Расчетное значение выдергивающей силы
$\gamma_f = 0,9$	Коэффициент надежности по нагрузке
$G_n = 41,158$ тс	Нормативное значение веса фундамента (анкерной плиты),
$\beta = 0^\circ$	Угол наклона выдергивающей силы к вертикали
$\gamma_c = 1$	Коэффициент условий работы

$F_{u,a}$	Сила предельного сопротивления основания выдергиваемого фундамента
$\gamma_n = 1,3$	Коэффициент надежности по назначению

Силу предельного сопротивления основания выдергиваемого фундамента $F_{u,a}$ следует определять по формуле:

$$F_{u,a} = \gamma_{bf} * V_{bf} * [\cos \vartheta_1 + \operatorname{tg} \varphi_0 * \sin \vartheta_1 / \cos \vartheta_2 - \operatorname{tg} \varphi_0 * \sin \vartheta_2] + c_0 * [A_1 * \cos \vartheta_2 + A_2 * \cos \vartheta_1 + 2A_3 * \cos \varphi_0]$$

где:

$\gamma_{bf} = 1,7 \text{ т/м}^3$	Расчетное значение удельного веса грунта обратной засыпки
V_{bf}	Объем тела выпирания в форме усеченной пирамиды, образуемой плоскостями, проходящими через кромки верхней поверхности фундамента (плиты) и наклоненными к вертикали под углами ϑ_i , равными:
	у нижней кромки $\vartheta_1 = \varphi_0 + \beta / 2 = 18^0$
	у верхней кромки $\vartheta_2 = \varphi_0 - \beta / 2 = 18^0$
	у боковых кромок $\vartheta_3 = \vartheta_4 = \varphi_0 = 18^0$
A_1, A_2, A_3	Площади граней тела выпирания, имеющих в основании соответственно нижнюю, верхнюю и боковые кромки верхней поверхности фундамента (плиты);
c_0 и φ_0	Расчетные значения удельного сцепления, кПа (кгс/см ²), и угла внутреннего трения грунта обратной засыпки, град, принимаемые равными:
	$c_0 = \eta c_1 = 0,24; \varphi_0 = \eta \varphi_1 = 18$
здесь: c_1 и φ_1	Расчетные значения соответственно удельного сцепления и угла внутреннего трения грунта природного сложения, определяемые в соответствии с указаниями п. 11.2;
$\eta = 0,6$	Коэффициент, принимаемый по табл. 139 пособия к СНиП 2.02.01-83*

Объем выпирания грунта определим по формуле:

$$V_{bf} = [L * D_0 * (l_k + l_1 + l_2) - d_f * b * (l_k + 2 * l)] / 6 = 132,16 \text{ м}^3,$$

где:

$$l_1 = l_2 = 1 + 2d_1 * \operatorname{tg} \varphi_0 * (\cos \vartheta_2 / \cos \vartheta_1) = 9,36 \text{ м}$$

$$l_k = 1 - b * \cos \vartheta_2 * \cos \vartheta_1 / \cos^2 \varphi_0 = 0,5 \text{ м}$$

$$L = 3,95 \text{ м};$$

$$l = 6,75 \text{ м};$$

$$d_f = 7,77 \text{ м}$$

$$D_0 = 10,39 \text{ м}.$$

Площади боковых граней тела выпирания определим по формуле:

$$A_1 = A_2 = (1 + l_1) * d_1 / 2 \cos \vartheta_1 = 50,82 \text{ м}^2$$

$$A_3 = A_4 = [L * D_0 - b * d_f] / \cos \varphi_0 = 34,53 \text{ м}^2$$

Тогда:

$F_{u, a} = 243,33 \text{ тс}$

Проверяем условие:

$117,2 - 0,9 \cdot 41,158 \cdot 1 \leq 1 \cdot 243,33 / 1,3.$

44,23 тс < 187,18 тс.

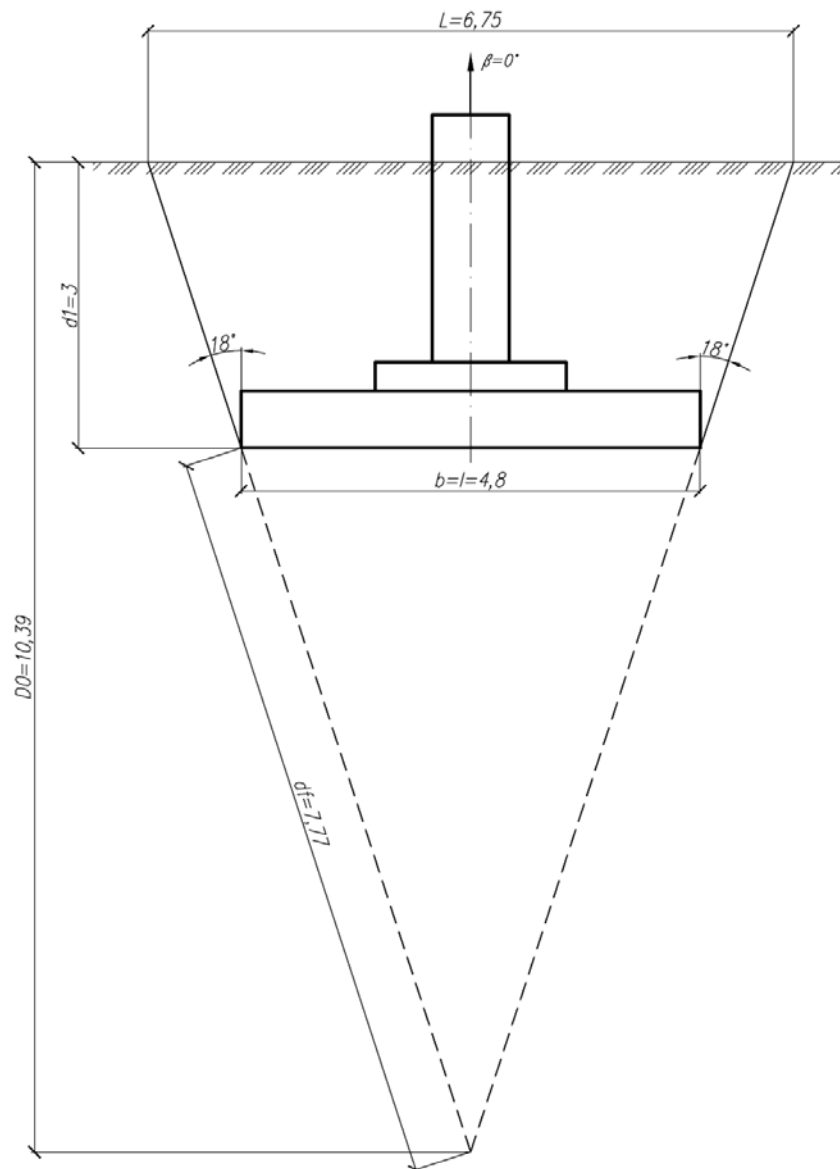


Рис. 1. Расчетная схема фундамента

5. Расчет анкерной группы.

Исходные данные:

Осевое усилие на болты: $F_w = 117,2 \text{ тс} = 117200 \text{ кгс}.$

Поперечное усилие на болты: $Q_w = 18,5 \text{ тс} = 18500 \text{ кгс}.$

Номинальный диаметр резьбы болта: $D = 42 \text{ мм}.$

Количество болтов: $z = 8 \text{ шт}.$

Шаг резьбы болта: $P = 4,5 \text{ мм}.$

Марка стали болтов: 8.8.

Допускаемое напряжение:

- на растяжение: $[\sigma] = 320 \text{ МПа} = 32 \text{ кгс/мм}^2$;

- на срез: $[\tau]^0 = 160 \text{ МПа} = 16 \text{ кгс/мм}^2$.

Диаметр резьбы по впадинам: $d_3 = 36,48 \text{ мм}$.

Коэффициент полноты резьбы:

болта: $K_1 = 0,75$; гайки: $K_1 = 0,875$.

Коэффициент деформации витков: $K_m = 0,6$.

Площадь сечения болта:

$$A_w = \frac{1}{4}\pi(d_3^2 - d_2^2) = 1044,7 \text{ мм}^2.$$

Площадь сечения тела болта:

$$A_D = \frac{1}{4}\pi(D^2 - d^2) = 1384,7 \text{ мм}^2.$$

Коэффициенты наличия смазки:

$$\zeta = 0,13; \zeta_1 = 0,26.$$

Результаты расчета болтов:

Момент сопротивления сечения кручению:

$$W_w = \frac{1}{16}\pi D^3 (1 - d^3/D^4) = \frac{1}{16}\pi \times 36,48^3 (1 - 0^3/36,48^4) = 9527,4 \text{ мм}^3.$$

Крутящий момент при затяжке:

$$M_k = \zeta F_w D / z = 0,13 \times 37322,5 \times 42 / 8 = 79989 \text{ кгс*мм}.$$

Момент на ключе для обеспечения усилия F_w :

$$M_{кл} = \zeta_1 F_w D / z = 0,26 \times 117200 \times 42 / 8 = 159978 \text{ кгс*мм (со смазкой)}.$$

Напряжения среза по резьбовой части:

$$\tau_w = F_w / (A_w * z) = 18500 / (1044,7 \times 8) = \mathbf{2,21 \text{ кгс/мм}^2} < \mathbf{16,0 \text{ кгс/мм}^2} - \text{выполнено}.$$

Напряжения среза тела болта:

$$\tau_w = Q_w / (A_D * z) = 18500 / (1384,7 \times 8) = \mathbf{1,67 \text{ кгс/мм}^2} < \mathbf{16 \text{ кгс/мм}^2} - \text{выполнено}.$$

Напряжения растяжения в болте:

$$\sigma_w = F_w / (A_w * z) = 117200 / (1044,7 \times 8) = \mathbf{14,02 \text{ кгс/мм}^2} < \mathbf{32 \text{ кгс/мм}^2} - \text{выполнено}.$$

Напряжения среза резьбы в болте:

$$\tau_p = F_w / (\pi * d_3 * h * z * K_1 * K_m) = 117200 / (3,14 * 36,48 * 42 * 8 * 0,75 * 0,6) = \mathbf{6,77 \text{ кгс/мм}^2} < \mathbf{16 \text{ кгс/мм}^2} - \text{выполнено}.$$

Напряжения кручения в болте:

$$\tau_{sw} = M_k / W_w = 79989,0 / 9527,4 = \mathbf{8,4 \text{ кгс/мм}^2} < \mathbf{16 \text{ кгс/мм}^2} - \text{выполнено}.$$

Результаты расчета гаек:

Напряжения среза резьбы в гайке:

$$\tau_p = F_w / (\pi Dh_z K_1 K_m) = 117200 / (\pi \times 42 \times 42 \times 8 \times 0,875 \times 0,6) = \mathbf{5,04 \text{ кгс/мм}^2} < \mathbf{16 \text{ кгс/мм}^2} - \text{выполнено}.$$

6. Выводы

6.1. Среднее давление под подошвой фундамента не превышает расчетного сопротивления грунтов основания: $6,74 \text{ т/м}^2 < 48,32 \text{ т/м}^2$.

6.2. Расчетное значение выдерживаемой нагрузки, действующей по верхнему обрезу фундамента, **не превышает** предельно-допустимого значения:

44,23 тс < 187,18 тс, таким образом, несущая способность фундамента **обеспечивается**;

6.3. Несущая способность анкерной группы обеспечивается. Коэффициенты запаса прочности для болтов М42 анкерной группы составляют:

- растяжение: $k = 2,28$

- срез резьбы: $k = 2,36$

- кручение: $k = 1,90$

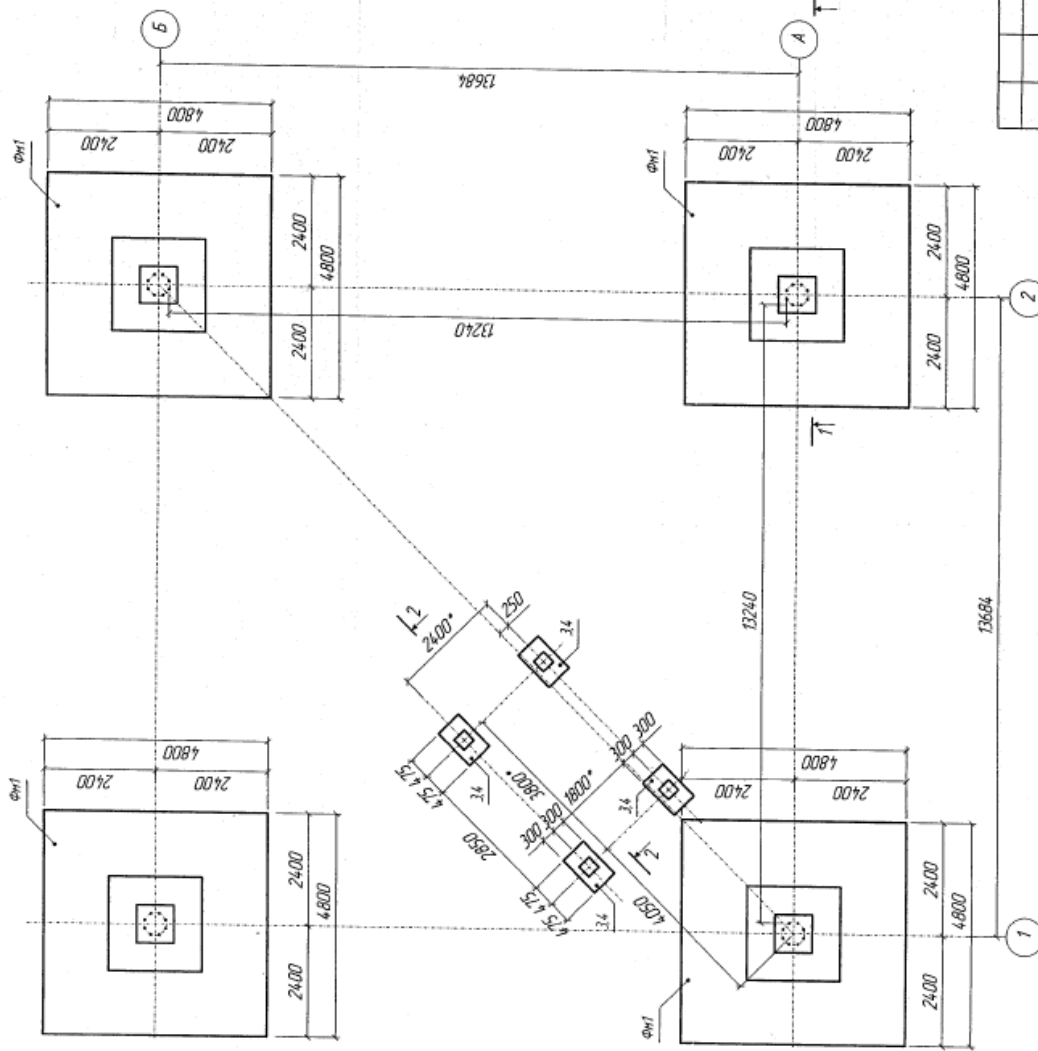
- срез гайки: $k = 3,17$

- срез болта: $k = 7,24$

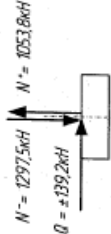
7. Список используемой литературы

1. «Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений» (к СНиП 2.02.01-83), Москва 1986.
2. СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений». (Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*).
3. СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». С картами. (Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85).

Схема расположения фундаментов башки



Нагрузки на фундамент ФМ1



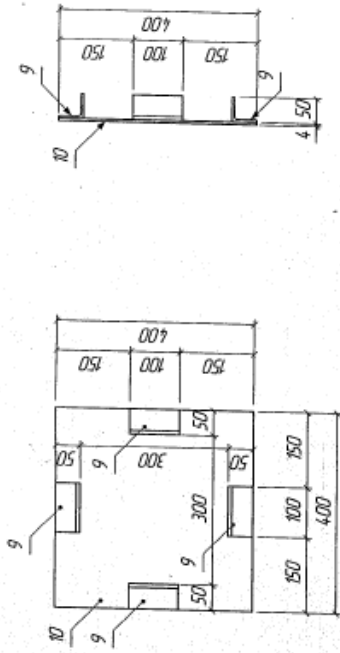
Общие указания:

1. Значение отклонений отметок опрельных датой, верхних обрезов фундаментов и расстояний в плане от проектных не должны превышать величин, приведенных в табл.22 СНиП 3.03.01-87 "Исцущие и ограждающие конструкции".
2. Грунтот основания фундаментов ФМ1 является песок пылеватый с расчелным сопротивлением 370,6кПа.
3. Для защиты от коррозии боковые поверхности железобетонных фундаментов обрабатывать горячей дилурной мастикой за два раза.
4. Фундаменты типа ФМ-2 (лос 3) устанавливать на уплотненные подушки из щебня толщиной 150мм. Сбоку лос 4, закреплять в стаканах фундаментов ФМ-2 с использованием цементно-песчаного раствора М150.
5. При обратной засылке котлована грунта пылкостью работать слойки не более 200мм до пылости не менее 1г/м³. Для обратной засылки котлована под фундаменты допускается использование местного уплотненного грунта - лесса нежесткого и грабильного грунта. Использовать в обратной засылке лесса пылеватого не допускается.
6. При обратной засылке котлована выложить устройство контура оземнения (см. СМ- комплект рабочих чертежей).
7. После окончания монтажа, дыйержки и закрепления нижней секции башки зазор между опорным фланцем башки и фундаментом залить нежестким бетоном класса В25.
8. Поверхность вокруг фундаментов в пределах ограждения стеноработать с уклоном i=0,02 и установить отмостку шириной 600мм из нежесткого бетона класса В25 по уплотненному слою обратной засылки и щебеночной подсыпанке.

Муром		Лист	№ Экз.	Полнота	Дата
Разработ	Голованов А.А.	Лист	№ Экз.	Полнота	Дата
Проектиров	Резниченко В.Н.	Лист	№ Экз.	Полнота	Дата
ИП	Гусев А.Е.	Лист	№ Экз.	Полнота	Дата
МУРО7004 - КЖ					
п.Варзуга Терского района Мурманской области					
Строительстводоброй станции М51-424					
сетей СПС стандарта G5M-900 040 "МТ"					
000 "Центр качества строительства"					

Дополнение:
 1 Спецификация материалов на фундаменты башки см. лист КЖ-3
 2 Разрезы 1-1 2-2 см. лист КЖ-3
 3 Расстояния, отмеченные *, уточнить по технической паспорту на контейнер-аппаратную. Указанное расстояние должно быть принято равным расстоянию между центрами опор контейнера

Деталь оголовка Д01



Спецификация материалов на фундаменты башни

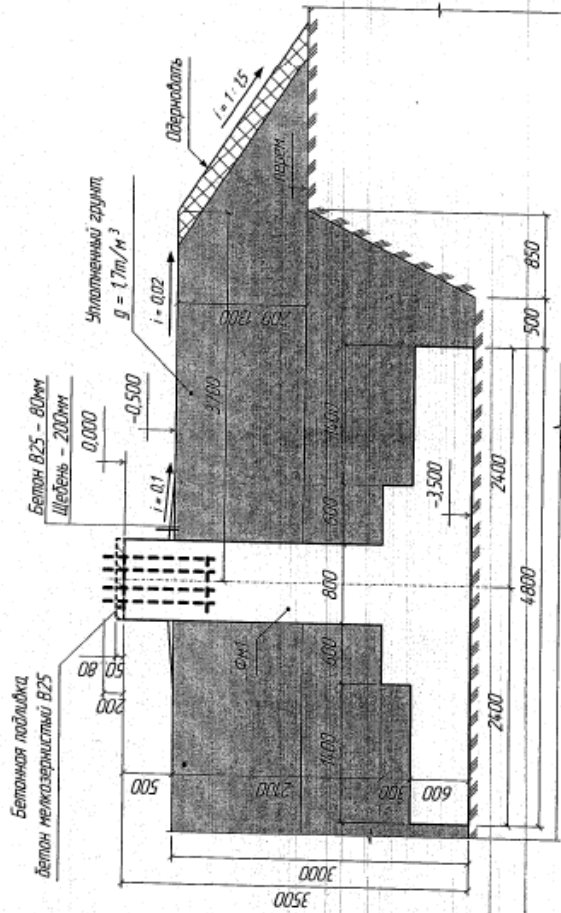
Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Масса ед. из	Примеч
ФМ1	МФР07004-КЖ лист КЖ-4	Фундамент ФМ1	4	40000	
Д01	МФР07004-КЖ лист КЖ-3	Деталь оголовка Д01	4	6532	26.02
3	Серия 3.017-1	Фундамент оголовка Ф0-2, шт	4	560	
4	ГОСТ 98804-91	Слон X/B С30.30-35, шт	4	675	
5	ГОСТ 9128-84	Бетон мелкозернистый В25, Ф50, М45, кубд	16		
6	ГОСТ 28010-89	Распорщик цем.-легч. М50, кубд	0.2		
7	ГОСТ 30693-2000	Масло алкидная гидроизоляционная горячая, л	300		
8	ГОСТ 22263-76	Щебень, кубд	3.2		
		Деталь оголовка Д01			
9	ГОСТ 8509-93	Уголок 50х50х5, L = 800, сталь С235 ГОСТ 27772-88	4	0.377	15.08
10	ГОСТ 19903-74	Лист 2/1 400х400х4, сталь С235 ГОСТ 27772-88	1	5.024	5.024
11	ГОСТ 25129-82	Грунтовка ГФ-021, л	0.05		
12	ТУ 6-82-8301-78	Эмаль ХВ-86, л	0.1		

МФР07004 - КЖ

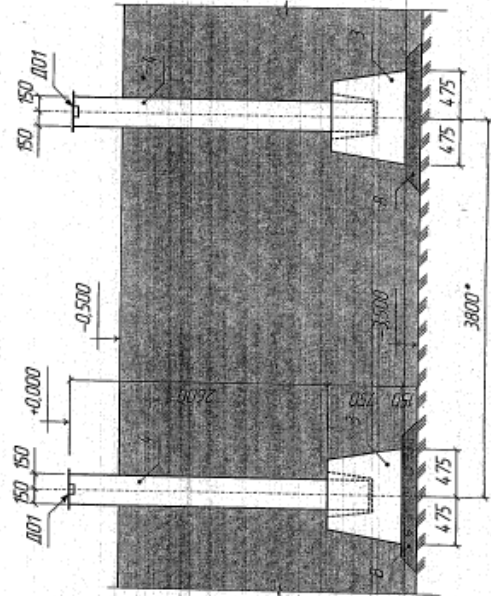
п.Варзуга Терского района Мурманской области

№ п/п	Классификация	№ документа	Лист	Содержание	Лист	Листов
1	Лист	1	1	Спецификация материалов на фундаменты башни	1	1
2	Лист	2	2	Спецификация материалов на фундаменты башни	2	2
3	Лист	3	3	Спецификация материалов на фундаменты башни	3	3
4	Лист	4	4	Спецификация материалов на фундаменты башни	4	4
5	Лист	5	5	Спецификация материалов на фундаменты башни	5	5
6	Лист	6	6	Спецификация материалов на фундаменты башни	6	6

1-1



2-2



Обозначение:
1. Деталь лист рассмотреть совместно с листом КЖ-2

- Общие указания:
1. Элементы Д01 соединить между собой непрерывными стальными швами катаном 4 мм.
2. Стыркы выполнять электропробойки типа 34.2 по ГОСТ 9467-78.*
3. Детали Д01 окрасить эмалью ХВ-86 за два раза по слою грунта ГФ-021.
4. Очистить раму контейнера-аппарата проработать к деталям Д01 при монтаже контейнера.

3.3. Нагрузки на фундаменты

Максимальные нагрузки на одну фундаментальную опору составляют:

$$R_{x,y} = 18,5$$

$$R_z = 129,2$$

$$R_z = -117,2 \text{ (отрыв)}$$

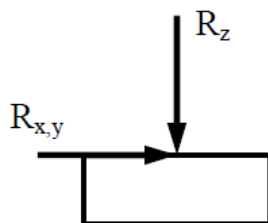


Рис.6. Нагрузки на фундамент башни