

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
Воронежский государственный технический университет

Кафедра строительных конструкций, оснований и фундаментов

Расчёт фундамента дымовой трубы по двум группам предельных состояний

Часть 1: Подбор фундамента мелкого заложения

Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов 3-го курса специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» специализации «Строительство высотных и большепролётных зданий и сооружений»

Составители:

Иконин С.В., Иванников Н.Ю., Макарычев В.А..

Содержание:

1. Состав курсового проекта.....	2
2. Исходные данные для разработки проекта.....	3
3. Оценка инженерно-геологических (ИГ) условий строительной площадки.....	3
4. Построение ИГ разрезов строительной площадки.....	6
5. Сбор нагрузок по на фундамент.....	9
6. Подбор ширины подошвы фундамента по II группе предел. состояний.....	14
7. Расчёт крена фундамента.....	16
8. Расчёт фундамента по I группе предельных состояний.....	19
9. Расчёт осадки фундамента.....	21
10. Расчёт тела фундамента.....	23
11. Рабочие чертежи (пример).....	27

Введение

Целью методических указаний является знакомство студентов с проектированием фундамента дымовой трубы, приобретение практических навыков по составлению рабочей документации, а также приобретение навыков работы с учебной, справочной и нормативной литературой.

Методические указания содержат необходимые исходные данные для разработки чертежей и расчётов железобетонного фундамента для дымовой трубы с высотой более 100м

1. Состав курсового проекта

1. Глава 1: Оценка инженерно-геологических (ИГ) условий строительной площадки
2. Глава 2: Построение ИГ разреза строительной площадки
3. Глава 3: Определение нагрузок на фундамент по двум группам предельных состояний
4. Глава 4: Подбор размеров подошвы фундамента по II группе предельных состояний
5. Глава 5: Расчёт крена фундамента
6. Глава 6: Расчёт осадки фундамента
7. Глава 7: Расчёт тела фундамента
8. Глава 8: Графическое оформление чертежей

Требования к оформлению курсового проекта:

Все чертежи и расчёты должны быть выполнены на белой бумаге формата А4 на компьютере

Объём графической части проекта :

1. 5 или 7 чертежей формата А4 (фундамент мелкого заложения, в зависимости от армирования)
2. 6 чертежей формата А4 (свайный фундамент)

Приложения:

В начале курсового проекта должны быть титульный лист, введение [11] и содержание

2. Исходные данные для разработки проекта

Студент должен получить задание от преподавателя в виде листа формата А3, где указан план с рельефом строительной площадки (М 1:1000) и указано расположение скважин, а также результаты инженерно-геологических исследований строительной площадки, которые представлены в следующем виде:

- Таблицы результатов определения физических характеристик грунта
- Геологических разрезов по данным полевых визуальных определений.

3. Оценка инженерно-геологических условий строительной площадки

Из задания берутся данные по грунтам и обрабатываются согласно нормативным документам [1], [2] (смотри на странице 32)

Делается описание каждого образца по примеру ниже

Пример:

Случай связного грунта

Образец породы №1

Отобран из скважины №1. Глубина отбора – 2.50м. По литологическому описанию порода представлена суглинком жёлто-бурым пластичным.

Плотность скелета грунта

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w} = \frac{1,93}{1 + 0,23} = 1,56 \text{ г/см}^3$$

Коэффициент пористости

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d} = \frac{2,70 - 1,56}{1,56} = 0,73$$

Число пластичности

$$I_p = w_l - w_p = 0,30 - 0,18 = 0,12$$

Показатель текучести

$$I_l = \frac{w - w_p}{I_p} = \frac{0,23 - 0,18}{0,12} = 0,41$$

Вывод 1: Согласно таблице Б.16 ГОСТ 25100-2011 образец грунта представлен суглинком

Вывод 2: Согласно таблице Б.19 ГОСТ 25100-2011 образец грунта представлен суглинком тугопластичным

Случай песчаного грунта:

Образец породы №4

Отобран из скважины №2. По литологическому описанию образец представлен песком серо-бурым мелким, средней крупности, насыщенным водой

Плотность скелета грунта

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w} = \frac{2,00}{1 + 0,21} = 1,65 \text{ г/см}^3$$

Коэффициент пористости

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d} = \frac{2,66 - 1,65}{1,65} = 0,61$$

Степень водонасыщения

$$s_r = \frac{w \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w} = \frac{0,21 \cdot 2,66}{0,61 \cdot 1} = 0,92$$

Таблица грансостава песка

Наименование	Фракции, мм				
	>2	2÷0,5	0,5÷0,25	0,25÷0,1	<0,1
Грансостав, %	10	14	21	40	15
Содержание частиц диаметром больше заданного Ω , %	10	24	45	85	100

Вывод 1: песок мелкий согласно таблице Б.9 ГОСТ 25100-2011

Вывод 2: Песок средней плотности Согласно таблице Б.12 ГОСТ 25100-2011

Вывод 3: Песок насыщен водой согласно таблице Б.11 ГОСТ 25100-2011

Коэффициент Пуассона согласно таблице 5,10 СП 22.13330.2016:

$$\nu = 0,325$$

(Соответствует середине диапазон между 0.3 и 0.35)

Согласно таблице А.1 СП 22.13330.2016:

Нормативное удельное сцепление грунта: $c_n = 2$ кПа

Нормативное значение угла внутреннего трения: $\varphi_n = 32$ град

Нормативное значение модуля деформации: $E = 28$ МПа

По результату описания грунтов по [1],[2] составляется сводная таблица физико-механических характеристик грунта (в примере это табл. 3.1):

Значения свойств: $W, W_p, W_l, \rho, \rho_s$, грансостав – берутся из таблицы, находящейся в задании преподавателя.

Остальные значения свойств рассчитываются по формулам ниже

$\rho_d = \frac{\rho}{1+w}$ – плотность скелета грунта

$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$ – коэффициент пористости

$I_p = w_l - w_p$ – число пластичности

$I_l = \frac{w - w_p}{I_p}$ – показатель текучести

c_n, φ_n определяются табл. А2. (нормативное значение удельного сцепления грунта и нормативное значение угла внутреннего трения грунта)

E (модуль деформации грунта) определяется по табл. А3

ν (коэффициент Пуассона) подбирается по таблице 5.10 [2].

Для расчёта показателей γ_n, γ_s используем следующие формулы:

$\gamma_n = \rho \times g$, где $g=10$ м/с² – нормативное значение удельного веса грунта

$\gamma_s = \rho_s \times g$ – удельный вес минеральных частиц грунта

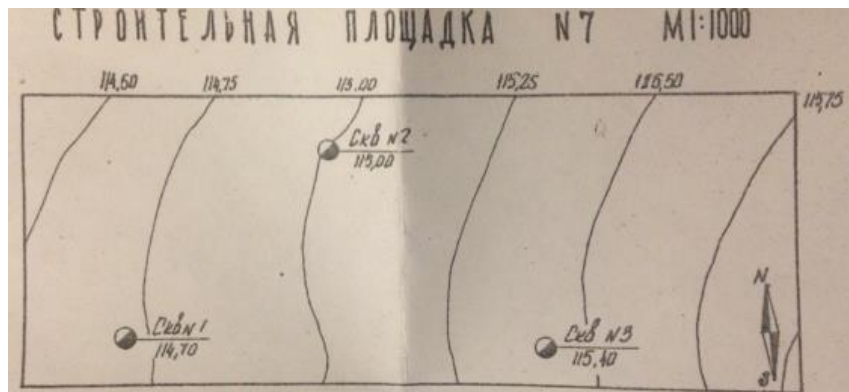
Таблица 3.1

№ образца грунта	№ скважи- ны	Глуби- на отбора образ- ца, м	Наименование грунта по ГОСТ 25100-2011			W	W _p	W _l	I _p	I _l
1	1	2,50	Суглинок тугопластичный			0,23	0,18	0,30	0,12	0,41
2	1	5,00	Глина полутвёрдая			0,34	0,30	0,53	0,23	0,17
3	2	7,00	Супесь пластичная			0,155	0,10	0,16	0,06	0,92
4	2	11,00	Песок мелкий плотный, насыщен водой			0,21	-	-	-	-
5	3	14,50	Глина полутвёрдая			0,37	0,24	0,44	0,20	0,15
	ρ , г/см ³	ρ_s , г/см ³	ρ_d , г/см ³	e	S _r	γ_n , кН/м ³	γ_{II} , кН/м ³	γ_I , кН/м ³	γ_s , кН/м ³	
1	1,93	2,70	1,56	0,73	-	19,3	19,3	18,38	27	
2	1,92	2,74	1,43	0,92	-	19,2	19,2	18,29	27,4	
3	2,18	2,67	1,89	0,41	-	21,8	21,8	20,76	26,7	
4	2,00	2,66	1,65	0,61	0,92	20	20	19,05	26,6	
5	2,00	2,74	1,57	0,745	-	20	20	19,05	27,4	
	γ_{sb} , кН/м ³	c _n , кПа	c _{II} , кПа	c _I , кПа	φ_n , град	φ_{II} , град	φ_I , град	E, кПа	v	
1	-	23	23	15,33	21	21	18,26	14	0,36	
2	-	41	41	27,3	16	16	13,91	15	0,34	
3	-	19	19	12,67	28	28	24,35	32	0,325	
4	10,31	2	2	1,33	32	32	29,09	28	0,325	
5	-	54	54	36	19	19	16,52	21	0,34	

4. Построение инженерно-геологического разреза строительной площадки

Привязка проектируемой дымовой трубы на местности:

В задании есть топографическая карта местности (М 1:1000), где отмечены пробуренные скважины: 1, 2, 3. По ним был взят инженерно-геологический разрез.



Выбор глубины заложения подошвы фундамента

Используемые нормативные документы:

- 1) [2] раздел 5.5
- 2) [10]
- 3) [7]

Сначала нужно определить сезонную глубину промерзания грунта согласно [2] п.5.5.3.

$d_{fn} = d_0 \sqrt{|M_t|}$, где M_t - безразмерный коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за год в данном районе, принимаемых по [7]

Далее необходим расчёт глубины сезонного промерзания грунта (п.5.5.4 [2])

$$d_f = K_h \cdot d_{fn}$$

$d_{fn}=1,1$ для средней полосы России

Теперь необходимо определить глубину заложения, исходя из совокупности двух факторов:

- 1) Вид грунта под подошвой фундамента
- 2) Глубина заложения фундаментов в

зависимости от глубины расположения уровня подземных вод

Это определяется по табл. 5.3 [2]

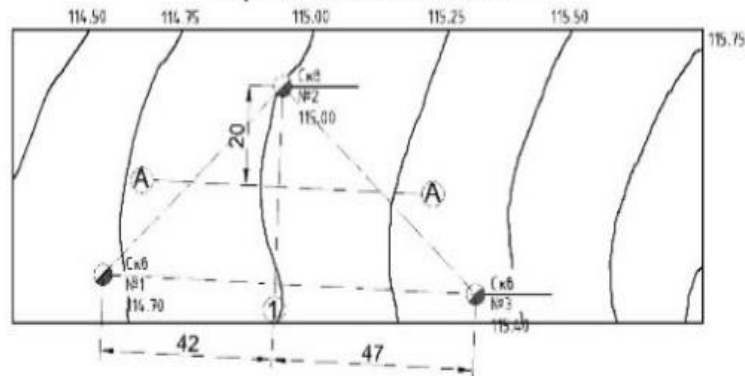
Принимаем глубину заложения подошвы фундамента d с учётом всех вышеперечисленных условий.

Необходимо соединить все 3 скважины прямыми линиями. Получится треугольник. От серединной вершины проводим ортогональ к основанию (Ось 1), и проводим ось А-А параллельно основанию треугольника. На пересечении данных осей находится центр тяжести фундамента проектируемой дымовой трубы.

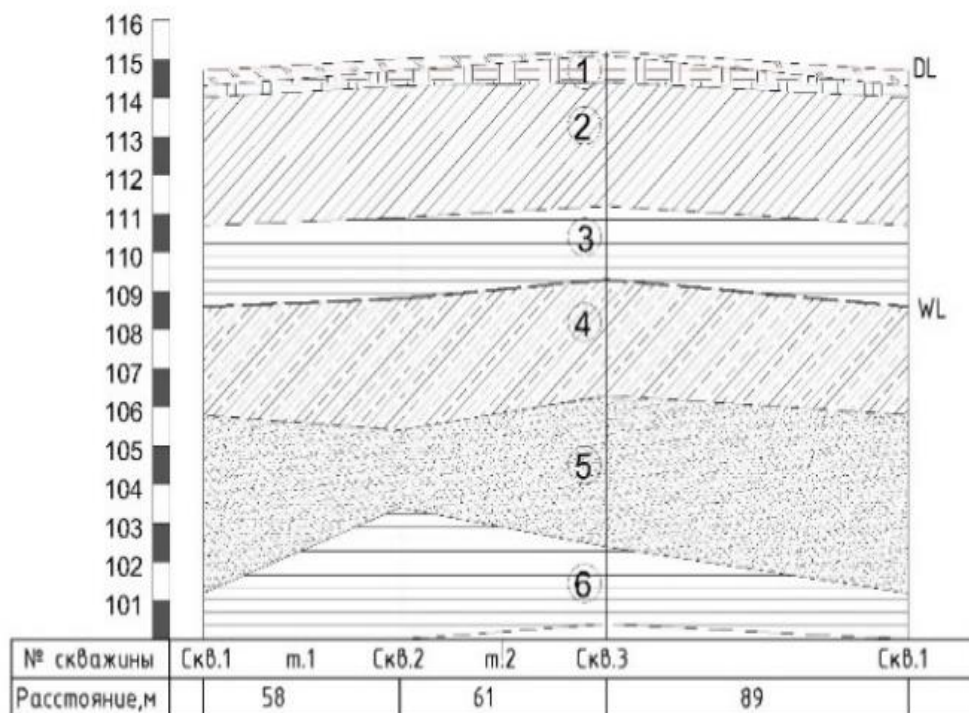
Результат видим на рисунке на странице 7 (согласно примеру)

Пример

Глава 2 – Построение инженерно-геологического разреза строительной площадки



Инженерно-геологический разрез по скважинам 1-2-3-1



Условные обозначения

- ① ИГЗ №1-Культурный слой
- ② ИГЗ №2-Суглинок тугопластичный
- ③ ИГЗ №3-Глина полутвердая
- ④ ИГЗ №4-Супесь пластичная
- ⑤ ИГЗ №5-Песок мелкой крупности, плотный, насыщенный водой.
- ⑥ ИГЗ №6-Глина полутвердая

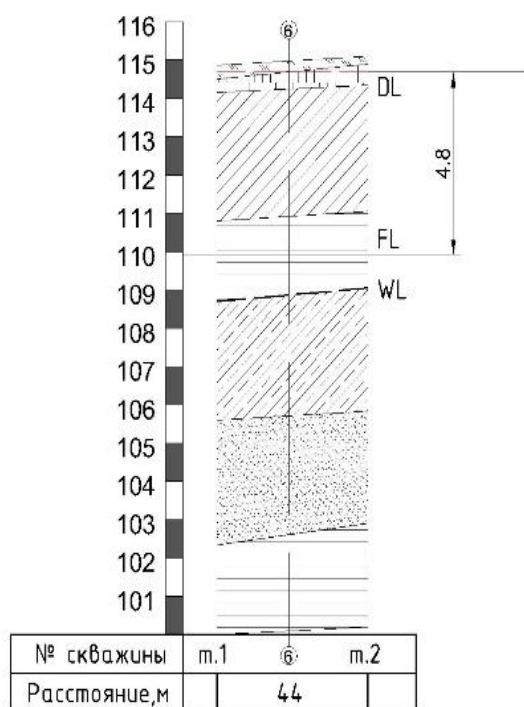
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

ВГТУ 16-38-06

Лист
12

Далее по оси А-А необходимо построить инженерно-геологический разрез

Инженерно-геологический разрез по оси А



Выбор глубины заложения фундамента: район строительства – г. Оренбург, первый грунт, который можно применить в качестве основания – суглинок тугопластичный.

1) Определяем нормативную глубину сезонного промерзания грунта строительной площадки.

$$d_{fn} = d_0 \cdot \sqrt{M_t} = 0.23 \cdot \sqrt{45.6} = 1.55 \text{ м}$$

$d_0 = 0.23 \text{ м}$ – для суглинка

$$M_t = |-13.7 - 13.1 - 6 - 3.1 - 9.7| = 45.6$$

2) Определяем расчетную глубину сезонного промерзания грунта строительной площадки.

$$d_f = k_h \cdot d_{fn} = 1.1 \cdot 1.55 = 1.705 \text{ м}$$

$k_h = 1.1$ – коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения (неотапливаемое сооружение)

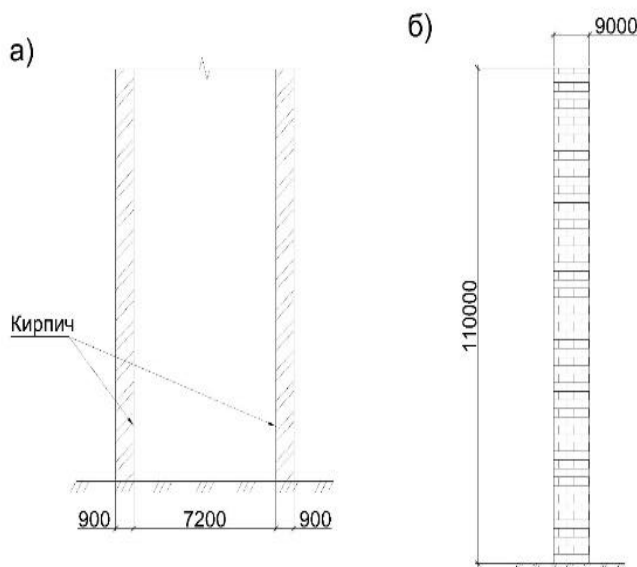
Вывод: согласно таблице 5.3 СП 22.13330.2016 принимаем глубину заложения фундамента не менее $0.5d_f$. Таким образом фундамент можно расположить выше или ниже глубины промерзания. В качестве основания рекомендуется принять ИГЭ №3 представленный глиной полутвердой, т.к. находится в рассматриваемой толще 5м. Таким образом принимаем глубину заложения фундамента $d = 4.8 \text{ м}$

				ВГТУ 16-38-06	Лист
					13
Изм	Кол	Лист	№ док	Подпись	Дата

!Отметку DL студент выбирает сам из своих рациональных соображений!

5. Сбор нагрузок на фундамент:

Задание согласно варианту 6:



$H=110$ м – высота трубы
 $D=9$ м – наружный диаметр трубы
 $t=0.9$ м – толщина стенок трубы
 Материал: кирпич

Определение собственного веса трубы [5]

$G_n = \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi (D-2t)^2}{4} \right) \cdot H \cdot \gamma_{\text{мат}}$
 – нормативное значение собственного веса трубы
 D – наружный диаметр трубы
 t – толщина стенок трубы

$$\gamma_{\text{мат}} = \begin{cases} 18 \text{ кН/м}^3 & \text{– кирпич} \\ 25 \text{ кН/м}^3 & \text{– железобетон} \\ 78 \text{ кН/м}^3 & \text{– сталь} \end{cases}$$

$G_{II} = G_n \cdot \gamma_f$ ($\gamma_f = 1$) – собственный вес трубы по II группе предельных состояний

$G_I = G_n \cdot \gamma_f$ ($\gamma_f = \begin{cases} 1,05 & \text{(для стали)} \\ 1,1 & \text{(для кирпича и Ж/Б)} \end{cases}$) – собственный вес трубы по I группе предельных состояний

Сбор ветровой нагрузки

Сбор идёт по [3]

Место строительства: г. Воронеж (Либо другой город)

Тип местности В (Для Воронежа)

Расчёт нормативного значения ветрового давления:

Ветровой p -н ([3] карта 2 приложение Е)

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки

$$w_m = w_0 \cdot K_{(z_l)} \cdot c$$

w_0 определяется по табл. 11.1 [2]

$K_{(z_l)}$ определяется по п. 11.1.6 [2] в зависимости от эквивалентной высоты z_l , которая в свою очередь определяется согласно п.11.1.5 того же СП. (для труб $z_l = z$)

c – в нашем случае аэродинамический коэффициент лобового сопротивления C_x .
 Определяется согласно п. 11.1.7 [3]:

$$C_x = K_\lambda \cdot C_{x\infty}$$

K_λ определяется по графику рисунка В.23 приложения В [3] как величина, зависящая от φ и λ_B (Используйте линейную интерполяцию!)

$\varphi = \frac{\sum A_i}{A_k}$ – степень заполнения (для труб $\varphi=1$)

λ_B – коэффициент относительного удлинения, определяется по таблице В.10 [3] (третий рисунок, $\lambda_B = 2 \cdot \lambda$)

$$\lambda = l/b = H/D$$

H – высота трубы; D – наружный диаметр трубы

$C_{x\infty}$ определяется по рис. В.14 как величина, зависящая от δ и Re (Используйте билинейную интерполяцию, либо линейную 2 раза)

$$\delta = \Delta/d$$

Δ определяется по таблице В.11 [3]

Re – число Рейнольдса (определяется по п. В.11 [3])

$$Re = 0,88 \cdot D \cdot \sqrt{w_0 \cdot K_{zl} \cdot \gamma_f} \cdot 10^5 ;$$

$$\gamma_f = 1,4 \div 1,5 [5]; K_{zc} = 0,8H$$

Далее определяется нормативное значение интерполяции ветровой нагрузки и заносится в таблицу 3.1. По данным табл. строится эпюра w_m :

$$w_m = w_0 \cdot K_{(zl)} \cdot c$$

По данным табл. 3.1 определяется нормативное значения пульсационной составляющей ветровой нагрузки. Результаты заносятся в табл. 3.2

$$w_p = w_m \cdot \xi_{(zl)} \cdot v;$$

$$\xi_{(zl)} \text{ определяется по табл. 11.4 [3],}$$

v определяется по п. 11.1.11 [3]

Далее подсчитывается ветровая нагрузка по формуле

$$W = W_m + W_p$$

Результаты заносятся в табл. 3.3. Строится эпюра W.

1. Определение равнодействующей внешней нагрузки в уровне планировочной отметки:

В данном расчётном случае на фундамент действуют поперечная сила, изгибающий момент и продольная сила. Ветровая нагрузка создаёт поперечную силу и изгибающий момент, а собственный вес трубы – продольную силу.

$$H_{II} = \sum_{i=1}^m w_i \cdot h_i \cdot D \cdot \gamma_f, \quad \gamma_f = 1$$

$$H_I = \sum_{i=1}^m w_i \cdot h_i \cdot D \cdot \gamma_f, \quad \gamma_f = 1,4$$

$$M_{II} = \sum_{i=1}^m w_i \cdot h_i \cdot D \cdot l_i \cdot \gamma_f, \quad \gamma_f = 1$$

$$M_I = \sum_{i=1}^m w_i \cdot h_i \cdot D \cdot l_i \cdot \gamma_f, \quad \gamma_f = 1,4$$

$$N_{II} = G_{II}$$

$$N_I = G_I$$

Пример

Задание, соответствующее варианту 6:

H=110 м – высота трубы

D=9 м – наружный диаметр трубы

t=0.9 м – толщина стенок трубы

Материал: кирпич

1. Определение собственного веса трубы $G_n = \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi (D-2t)^2}{4} \right) \cdot H \cdot \gamma_{\text{мат}} =$
 $\left[\frac{3,14 \times 9^2}{4} - \frac{3,14 \times (9-2 \times 0,9)^2}{4} \right] \cdot 110 \cdot 18 = 45323 \text{ кН}$

$$G_{II} = G_n \cdot \gamma_f = 45323 \cdot 1 = 45323 \text{ кН}$$

$$G_I = G_n \cdot \gamma_f = 45323 \cdot 1,1 = 49855 \text{ кН} [5]$$

2. Определение ветровой нагрузки

Место строительства: г. Оренбург (Ветровой р-н: III) [7]; Тип местности: В

Нормативное значение ветрового давления:

Согласно карте 2 прил. Е [3] $w_0 = 0,38 \text{ кПа}$; $K_{z1} = 1,66$ Согласно п.11.1 [3]

Аэродинамический коэффициент лобового сопротивления

$$C_x = K_\lambda \times C_{x\infty} = 0,861 \cdot 0,85 = 0,732$$

Согласно линейной интерполяции графика из рис. В.23 $K_\lambda = 0,861$

$\varphi=1$ (для труб) – коэффициент заполнения $\varphi = \frac{\sum A_i}{A_k}$

Далее для нахождения $C_{x\infty}$ находим Re и δ

$$\delta = \frac{\Delta}{D} = \frac{0,003 \text{ м}}{9 \text{ м}} = 33 \cdot 10^{-5} \text{ – относительная шероховатость поверхности трубы}$$

$\Delta=3\text{мм}$ для кирпича согласно таблице В11

Число Рейнольдса согласно пункту В.11

$$Re = 0,88 \cdot D \cdot \sqrt{w_0 \cdot K_{z1} \cdot \gamma_f \cdot 10^5} =$$

$$= 0,88 \cdot 9 \cdot \sqrt{0,38 \cdot 1,51 \cdot 1,4 \cdot 10^5} = 7,1 \cdot 10^5$$

$C_{x\infty} = 0,85$ согласно интерполяции графика на рис. В.17 [3]

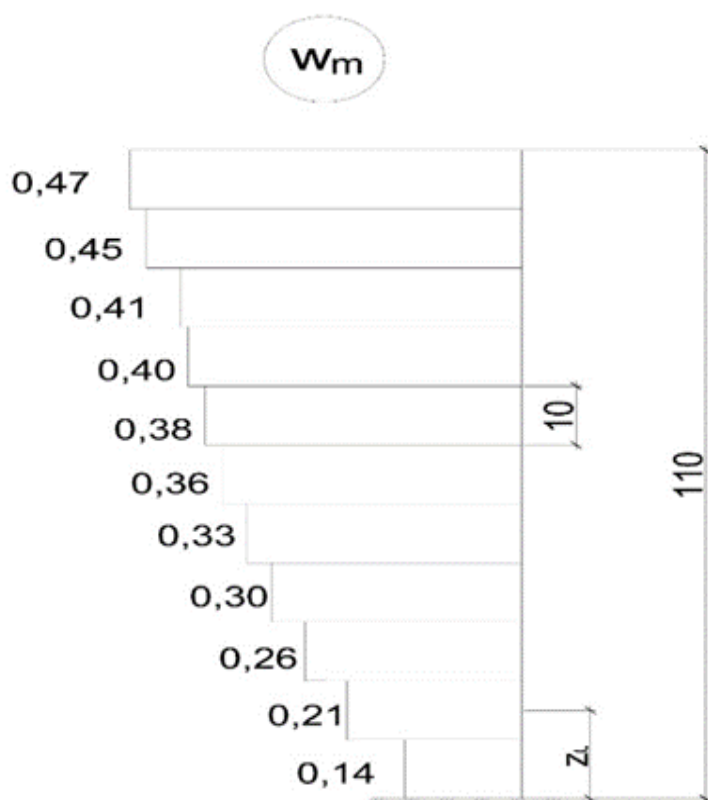
Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки

$$w_m = w_0 \cdot K_{(z1)} \cdot c$$

Результаты расчёта ветровой нагрузки представлены в таблице 3.1

Таблица 3.1

Z_l, м	K(z_l)	C	W_m, кПа
5	0,493	0,732	0,14
15	0,75	0,732	0,21
25	0,9125	0,732	0,26
35	1,0375	0,732	0,30
45	1,15	0,732	0,33
55	1,25	0,732	0,36
65	1,3375	0,732	0,38
75	1,4125	0,732	0,40
85	1,4875	0,732	0,41
95	1,5625	0,732	0,45
105	1,63	0,732	0,47



Определение
нормативного
значения
пульсационной
составляющей
ветровой нагрузки
 $W_p = W_m \cdot \xi_{(z_l)} \cdot v$
(11.5)

Результаты расчёта
 W_p представлены в
табл. 3.2

Таблица 3.2

$Z_b, \text{м}$	$\xi(z)$	v	$W_m, \text{кПа}$	$W_p, \text{кПа}$
5	1.20	0.687	0.14	0.115
15	0.99	0.687	0.21	0.143
25	0.89	0.687	0.26	0.16
35	0.83	0.687	0.30	0.17
45	0.785	0.687	0.33	0.178
55	0.755	0.687	0.36	0.187
65	0.73	0.687	0.38	0.19
75	0.71	0.687	0.40	0.195
85	0.6925	0.687	0.41	0.195
95	0.6775	0.687	0.45	0.209
105	0.665	0.687	0.47	0.215

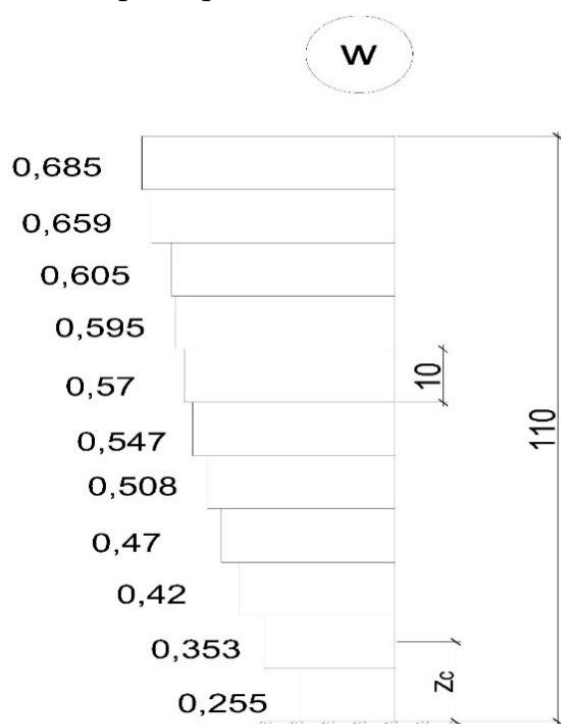
$$W = W_m + W_p$$

Таблица подсчёта W

Табл. 3.3

$Z_b, \text{м}$	$W_m, \text{кПа}$	$W_p, \text{кПа}$	$W, \text{кПа}$
5	0.14	0.115	0.255
15	0.21	0.143	0.353
25	0.26	0.16	0.42
35	0.30	0.17	0.47
45	0.33	0.178	0.508
55	0.36	0.187	0.547
65	0.38	0.19	0.57
75	0.40	0.195	0.595
85	0.41	0.195	0.605
95	0.45	0.209	0.659
105	0.47	0.215	0.685

Эпюра нормативного основного значения ветровой нагрузки



3. Определение равнодействующей внешней нагрузки в уровне планировочной отметки

$$H_{II} = \sum_{i=1}^m w_i \cdot h_i \cdot D \cdot \gamma_f, \quad \gamma_f = 1$$

$$H_I = \sum_{i=1}^m w_i \cdot h_i \cdot D \cdot \gamma_f, \quad \gamma_f =$$

$$1,4 \quad (100\text{м} < H < 200\text{м});$$

$$\gamma_f = 1,5 \quad (200\text{м} < h < 300\text{м})$$

$$M_{II} = \sum_{i=1}^m w_i \cdot h_i \cdot D \cdot l_i \cdot \gamma_f, \quad \gamma_f = 1$$

$$M_I = \sum_{i=1}^m w_i \cdot h_i \cdot D \cdot l_i \cdot \gamma_f, \quad \gamma_f = 1,4 \div$$

$$1,5 \quad [5, \text{т. 7.1}]$$

Таблица расчёта

Табл. 3.4

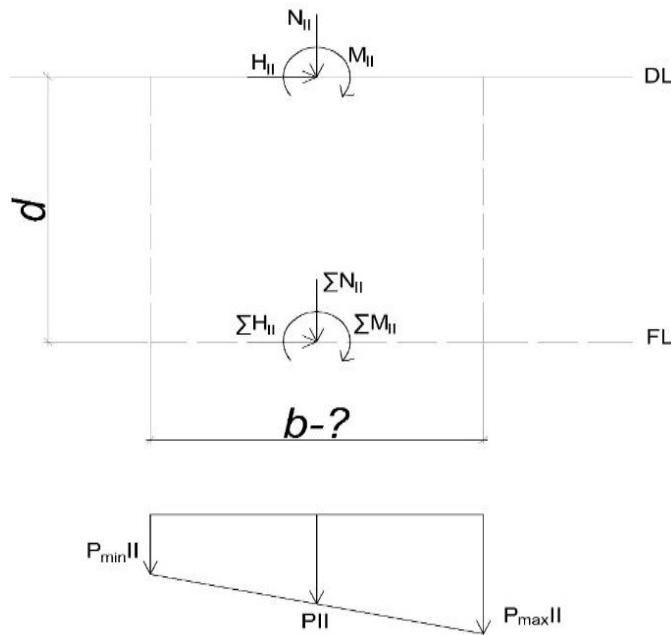
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Σ
$l_i, \text{м}$	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	
H_{II}	32,13	44,48	52,92	59,22	64,01	68,92	71,82	74,97	76,23	83,03	86,31	714,04 кН
H_I	22,95	31,49	37,8	42,3	45,72	49,23	51,3	53,55	54,45	59,31	61,65	509,75 кН
M_{II}	160,65	667,2	1323	2072,7	2880,45	3790,6	4668,3	5622,75	6479,55	7887,85	9062,55	43424,9 кН*м
M_I	114,75	472,35	945	1480,5	2057,4	2707,65	3334,5	4016,25	4628,25	5634,45	6473,25	31864,35 кН*м

$$N_{II} = N_n \times \gamma_f = 45323 \text{ кН}; (\gamma_f = 1)$$

$$N_I = N_n \times \gamma_f = 49855 \text{ кН}; (\gamma_f = 1,1)$$

6. Подбор размеров подошвы фундамента по II группе предельных состояний

Расчётная схема:



$$P_{II} = \frac{\sum N_{II}}{A} = f_1(b)$$

$$\begin{aligned} \sum N_{II} &= N_{II} + G_{\text{усл.ф. II}} = \\ &= N_{II} + \frac{\gamma_{\text{мт}} \pi b^2 d}{4} \gamma_f, \end{aligned}$$

$$\text{где } \gamma_f = 1$$

$$P_{\text{max II}} = P_{II} + \frac{\sum M_{II}}{W} = f_2(b)$$

$$\sum M_{II} = M_{II} + H_{II}d; \quad W = \frac{\pi b^3}{32};$$

$$P_{\text{min II}} = P_{II} - \frac{\sum M_{II}}{W} = f_3(b)$$

Расчетное сопротивление грунта [3]:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \gamma_{c2}}{k} [M_{\gamma} K_z b^* \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c C_{II}] = f(b)$$

Проверки давлений по подошве фундамента:

- 1) $P_{II} \leq R$
- 2) $P_{\text{max II}} \leq 1.2R$
- 3) $P_{\text{min II}} \geq 0$
- 4) $\frac{P_{\text{min II}}}{P_{\text{max II}}} \geq 0.25$

Расчёт производим в табличном виде (как показано в примере ниже).

Выбираем подошву фундамента из следующего условия:

$$B = \max(b_1, b_2, b_3, b_4) = 14,57 \text{ м}$$

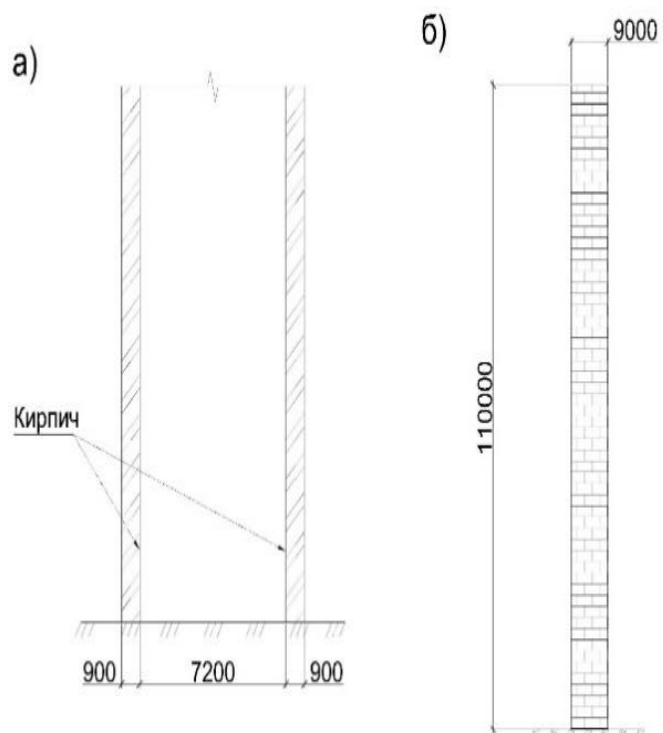
Проверка:

$$P_{\text{max II}} \leq 1,2R$$

$$P_{\text{min II}} \geq 0$$

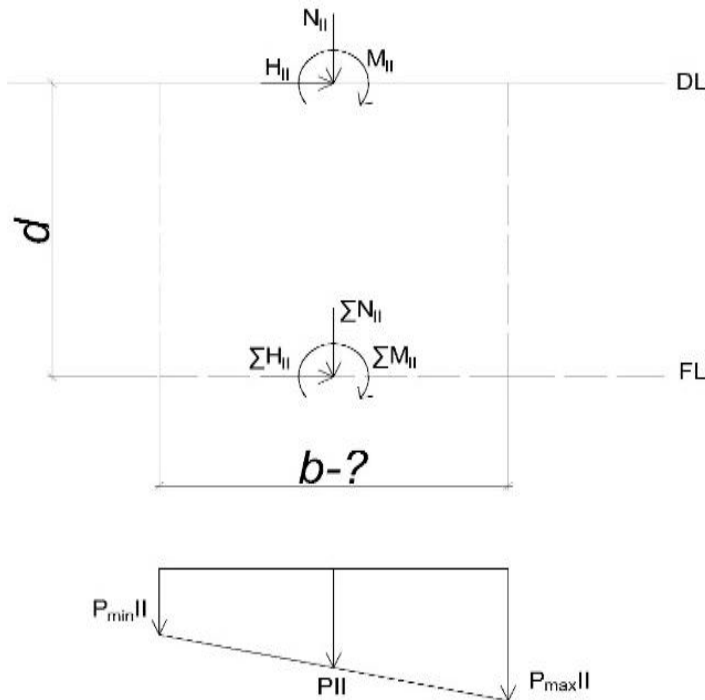
$$P_{II} \leq R$$

$$P_{\text{min II}} / P_{\text{max II}} \geq 0,25$$



Пример

Расчётная схема:



$$P_{II} = \frac{\sum N_{II}}{A} =$$

$$\sum N_{II} = N_{II} + G_{\text{усл.ф. II}} =$$

$$= N_{II} + \frac{\gamma_{\text{мт}} \pi b^2 d}{4} \gamma_f,$$

$$\gamma_f = 1$$

$$P_{\text{max II}} = P_{II} + \frac{\sum M_{II}}{W}; W = \frac{\pi b^3}{32}$$

$$\sum M_{II} = M_{II} + H_{II} d$$

$$P_{\text{min II}} = P_{II} - \frac{\sum M_{II}}{W}$$

Расчетное сопротивление грунта [2]

$$R = \frac{\gamma_{c1} \gamma_{c2}}{k} [M_{\gamma} K_z b^* \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II}] = f(b)$$

Проверки давлений по подошве фундамента:

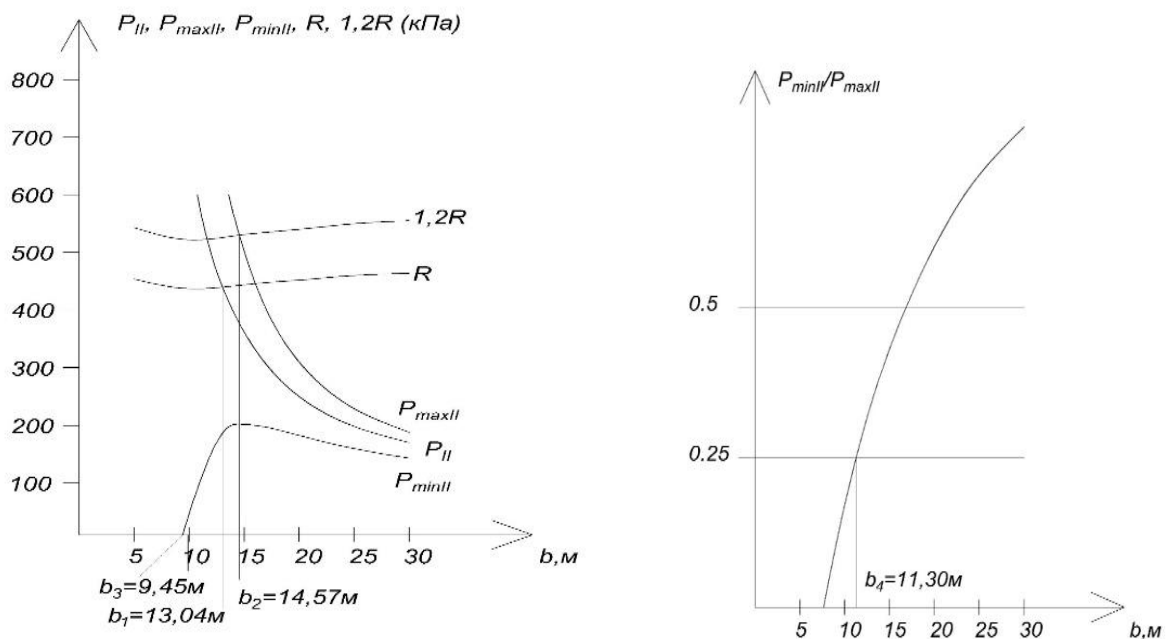
- 5) $P_{II} \leq R$
- 6) $P_{\text{max II}} \leq 1.2R$
- 7) $P_{\text{min II}} \geq 0$
- 8) $\frac{P_{\text{min II}}}{P_{\text{max II}}} \geq 0.25$

Таблица подбора ширины подошвы фундамента

Таблица 3.5

b, м	5	10	15	20	25	30
$\sum N_{II}$	47208	52863	62288	75482	92447	113181
$\sum M_{II}$	46852	46852	46852	46852	46852	46852
A	19,63	78,54	176,71	314,16	490,87	706,86
W	12,27	98,17	331,34	785,40	1533,98	2650,72
P_{II}	2404,89	673,07	352,49	240,27	188,33	160,12
$P_{\text{max II}}$	6223	1150,2	493,88	299,92	218,87	177,8
$P_{\text{min II}}$	-1414	195,82	211,09	180,62	157,79	142,44
$\frac{P_{\text{min II}}}{P_{\text{max II}}}$	-0,227	0,17	0,43	0,6	0,72	0,80
b^*	4,43	8,86	13,29	17,72	22,16	26,59
R	444	427	434	442	450	454

Пример: графики подбора ширины подошвы фундамента



$$b = \max(b_1, b_2, b_3, b_4) = 14,57 \text{ м}$$

Проверка:

- 1) $P_{\max II} \leq 1,2R$
- 2) $P_{\min II} \geq 0$
- 3) $P_{II} \leq R$
- 4) $\frac{P_{\min II}}{P_{\max II}} \geq 0,25$

Таким образом (видим из графиков примера), выбранная ширина подошвы фундамента удовлетворяет всем требованиям

7. Расчёт крена фундамента

Расчёт выполняется по ф-ле (5,24) [2]:

$$i = D \cdot K_1 \cdot \frac{N \cdot l}{(a/2)^3}; \quad \text{Где } D = \frac{1-v^2}{E};$$

K_1 определяется по табл. 5.9 и для круглого фундамента равняется 0.75

$$N \times l = \sum M_{II};$$

a – в нашем случае **диаметр** подошвы фундамента

Среднее значение D считается по формуле (5,26) [2]:

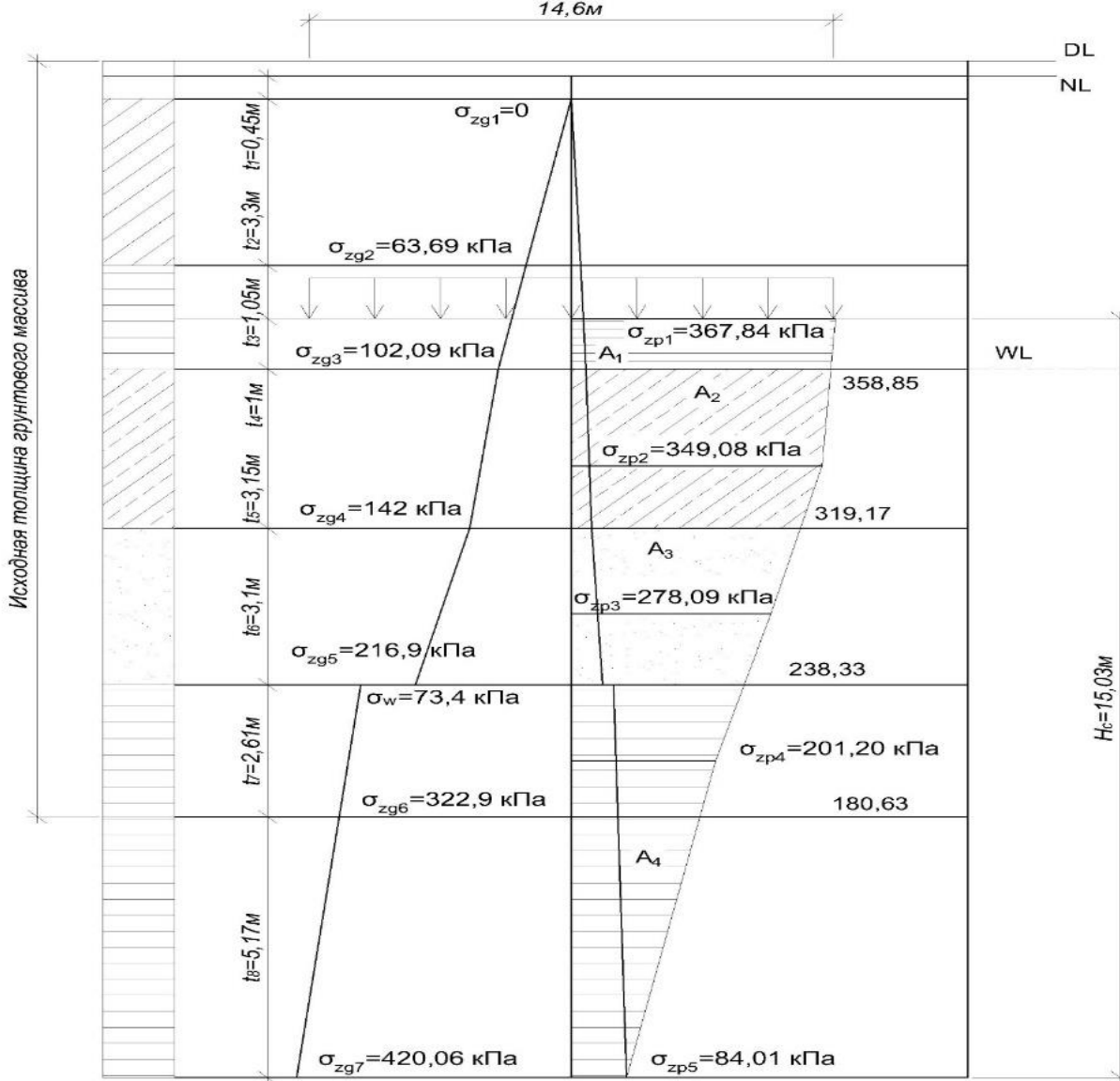
$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot \frac{1-v_i}{E_i})}{\sum_{i=1}^n A_i}; \quad \text{Где } A_i \text{ – площадь фигуры, ограниченной эпюрой } \sigma_{zp}$$

v_i, E_i берутся из сводной таблицы для соответствующих грунтов.

Проверка: $i \leq i_n$, где $i_n = 1/2N$ (N – высота трубы)

Мин. диаметр подошвы, исходя из крена: $b = 2 \sqrt[3]{\bar{D} \cdot K_1 \cdot \frac{\sum M_{II}}{i_H}}$

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_{IIIi} \cdot t_i \cdot P$$



Пример:

Расчёт крена фундамента выполняется по ф-ле (5,24) п.5.6.44 [2]

$$i = D \cdot K_1 \cdot \frac{N \cdot l}{\left(\frac{a}{2}\right)^3} = 0,00435;$$

$$D = \frac{1 - \nu^2}{E} = \frac{1 - (0,34^2)}{15} = 0,059$$

K_1 определяется по табл. 5.9 и для круглого фундамента равняется 0.75

$$N \cdot l = \sum M_{II} = 43,245 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$a = 15,2 \text{ м}$ – диаметр подошвы фундамента

Среднее значение D считается по формуле (5,26) [2]:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(A_i \cdot \frac{1 - \nu_i}{E_i} \right)}{\sum_{i=1}^n A_i} =$$

$$\frac{363,5 \cdot \frac{1 - 0,34^2}{15} + 1090,5 \cdot \frac{1 - 0,325^2}{32}}{363,5 + 1090,5 + 868,25 + 1224,92} + \frac{868,25 \cdot \frac{1 - 0,325^2}{28} + 1224,92 \cdot \frac{1 - 0,34^2}{21}}{363,5 + 1090,5 + 868,25 + 1224,92} = 0,0369$$

Где A_i – площадь эпюры σ_{zp} , ограниченная i -ым слоем

$$\begin{aligned} \text{Проверка: } i &\leq i_H \\ i_H &= 1/(2 \cdot 110) = 0,0045 \\ 0,00435 &< 0,0045 \end{aligned}$$

Проверка успешна

$$b = 2 \sqrt[3]{\bar{D} \cdot K_I \cdot \frac{\sum M_{II}}{i_H}} = 12,9 \text{ м}$$

Построение эпюр

$$\text{Напряжения от собственного веса грунта: } \sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_{III} \cdot t_i$$

Таблица 4.1

№ слоя	Наименование грунта по ГОСТ 25100-2011	t_i , м	γ_{III} , кН*м	Насыщенность водой	σ_{zg}
1	Суглинок тугопластичный	3,3	19,3	Нет	63,69
2	Глина полутвёрдая	2,0	19,2	Нет	102,09
3	Супесь пластичная	3,37	11,84	Да	142
4	Песок мелкий плотный, насыщен водой	4,0	10,31	Да	216,9
5	Глина полутвёрдая	6.8	20	Нет (глина-водоупор)	322,9+7.37*10=396.6

Таблица построения эпюр σ_{zp}

Таблица 4.2

z_i , м	ξ_i	α_i	$\sigma_{zp} = \alpha_i \cdot P_{II}$
0	0	1,000	367,84
0,2b	0,4	0,949	349,08
0,4b	0,8	0,756	278,09
0,6b	1,2	0,547	201,2
0,8b	1,6	0,390	143,46
b	2,0	0,285	104,83
1,2b	2,4	0,214	78,72

Напряжения от давл. на подошву ϕ – та считается по ϕ -ле $\sigma_{zp} = \alpha_i \cdot P_{II}$, где α_i определяется по 5.8 в зависимости от ξ_i , которое зависит от z_i . [2]

8. Расчёт фундамента по первой группе предельных состояний

Сначала собираем нагрузки на подошву фундамента:

(схема 1)

$$\sum N_I = N_I + G_{\text{усл.фунд. I}}$$

$$(\gamma_f = 1,1)$$

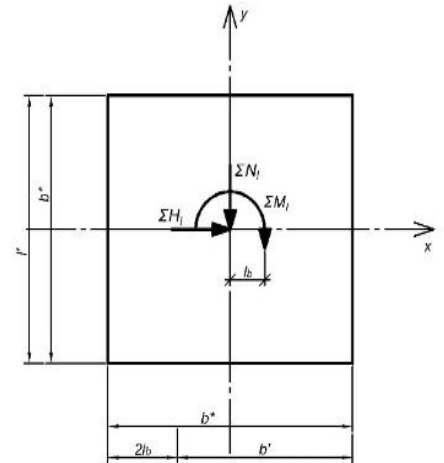
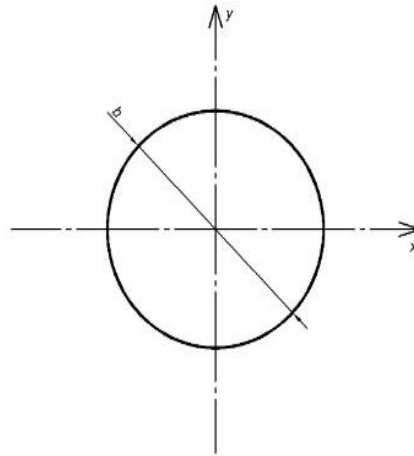
$$G_{\text{усл.фунд. I}} = V_{\text{усл.фунд. I}} \cdot \gamma_{\text{mt}} \cdot \gamma_f$$

$$V_{\text{усл.фунд. I}} = \frac{\pi \cdot b^2}{4} \cdot d$$

$$\sum H_I = H_I$$

$$\sum M_I = M_I + H_I \cdot d$$

$$\sum N_I = \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot N_u, (\gamma_f = 1,1)$$



Расчётная схема

$\gamma_n = 1,2$ согласно табл. 4.1

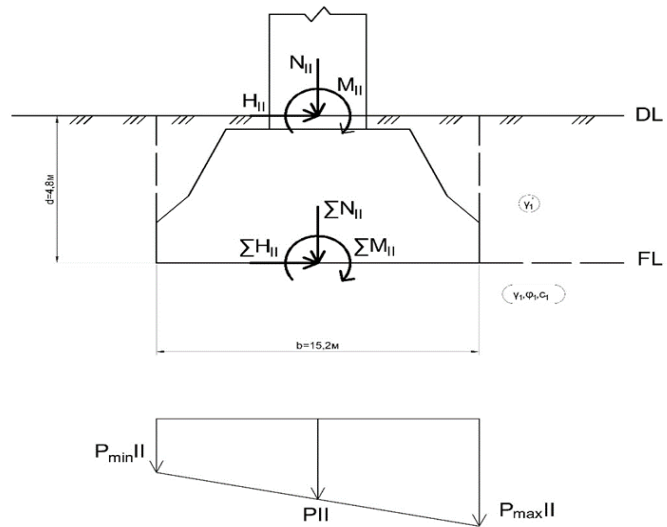
$\gamma_c = 0,9$ согл. примечанию к ф.

5.27 [2]

Согласно схеме 1 :

$$b' = b^* - 2l_b$$

$$b' = 12,15 \text{ м } (\gamma_f = 1,1)$$



Вертикальная составляющая силы предельного сопротивления

$$N_u = b' \cdot l' \cdot (N_\gamma \cdot \xi_\gamma \cdot b' \cdot \gamma_I + N_q \cdot \xi_q \cdot d \cdot \gamma'_I + N_c \cdot \xi_c \cdot c_I)$$

$$b^* = \sqrt{\frac{\pi b^2}{4}} = \sqrt{\frac{\pi \cdot (15,2)^2}{4}} = 13,47 \text{ м}$$

$$l' = l - 2l_b = b^* = 13,47 \text{ м (в нашем случае } l_1 = 0); l_b = \frac{\sum M_I}{\sum N_I}$$

$$N_\gamma, N_q, N_c = f(\varphi_I, \delta)$$

$$\delta = \arctg\left(\frac{\sum H_I}{\sum N_I}\right) \text{ (Согласно табл. 5.12 [2])}$$

$$\xi_\gamma, \xi_q, \xi_c = f(\text{форма фундамента})$$

$$\xi_\gamma = 1 - 0,25 \cdot \eta; \xi_q = 1 + \frac{1,5}{\eta}; \xi_c = 1 + \frac{0,3}{\eta}$$

$$\eta = \frac{l}{b} = 1 \text{ (для круглого фундамента)}$$

$$\gamma'_I = \gamma'_{II} / \gamma_g$$

γ_I, c_I – удельное сцепление и удельный вес грунта основания по I группе предельных состояний (брать из сводной таблицы главы 1)

Проверка :

$$\sum N_I \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot N_u$$

$$\operatorname{tg} \delta \leq 0,412$$

Пример:

$$\sum N_I = N_I + G_{\text{усл.фунд.I}}; \sum N_I = 49855 + 1882 = 51737 \text{ кН } (\gamma_f = 1,1)$$

$$G_{\text{усл.фунд.I}} = V_{\text{усл.фунд.}} \cdot \gamma_{\text{mt}} \cdot \gamma_f = 627,35 \cdot 20 \cdot 1,15 = 1882 \text{ кН}$$

$$V_{\text{усл.фунд.}} = \frac{\pi \times b^2}{4} \cdot d = 627,35 \text{ м}^3; \sum H_I = H_I = 509,75 \text{ кН}$$

$$\sum M_I = M_I + H_I \cdot d = 31864 + 509,75 \cdot 4,8 = 34311 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot N_u = 412884$$

Вертикальная составляющая силы предельного сопротивления

$$N_u = b' \cdot l' \cdot (N_\gamma \cdot \xi_\gamma \cdot b' \cdot \gamma_I + N_q \cdot \xi_q \cdot d \cdot \gamma'_I + N_c \cdot \xi_c \cdot c_I)$$

$$N_u = 550513 \text{ (}\gamma_f = 1,1\text{);}$$

$$\text{Согласно схеме 1 : } b' = b^* - 2l_b; \quad b' = 12,15 \text{ м } (\gamma_f = 1,1);$$

$$b^* = \sqrt{\frac{\pi b^2}{4}} = \sqrt{\frac{\pi \cdot (15,2)^2}{4}} = 13,47 \text{ м}$$

$$l' = l - 2l_l = b^* = 13,47 \text{ м (в нашем случае } l_l = 0)$$

$$l_b = \frac{\sum M_I}{\sum N_I}; l_b = 0,66; (\gamma_f = 1,1); N_\gamma, N_q, N_c = f(\varphi_I, \delta)$$

$$\delta = \operatorname{arctg} \left(\frac{\sum H_I}{\sum N_I} \right) = \operatorname{arctg} \left(\frac{510}{42671} \right) = 0,685 \text{ (Согласно табл.5.12 [2])}$$

$$\xi_\gamma, \xi_q, \xi_c = f(\text{форма фундамента})$$

$$\xi_\gamma = 1 - 0,25 \cdot \eta = 0,75; \xi_q = 1 + \frac{1,5}{\eta} = 2,5; \xi_c = 1 + \frac{0,3}{\eta} = 1,3$$

$$\eta = \frac{1}{b} = 1 \text{ (для круглого фундамента)}$$

$$\gamma'_I = \gamma'_{II} / \gamma_g = \frac{18}{1,05} = 17,14$$

γ_I, c_I – удельное сцепление и удельный вес грунта основания по I группе предельных состояний (брать из сводной таблицы главы 1)

Проверка условий крена фундамента :

$$\sum N_I \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot N_u$$

$$51737 \leq 412884 = \frac{0,9}{1,2} \cdot 550513$$

$$\operatorname{tg} \delta = 0,0119 \leq 0,412 = \sin \varphi_I$$

Проверка успешна

9. Расчёт осадки фундамента

Начало расчёта такое же, как у крена. Необходимо найти сжимаемую толщину H_c , которая определяется графически как высота от FL до точки пересечения эпюр σ_{zp} и $0.2\sigma_{zg}$ (для гидротехн. сооружений - $0.5\sigma_{zg}$)

ВАЖНО!

Если проверка условий крена (страница 20) не выполняется, то необходимо изменять ширину подошвы и считать для неё крен заново до тех пор, пока условия крена не выполняются.

$$\bar{\sigma}_{zpi} = (\sigma_{zpi} + \sigma_{zpi+1}) / 2$$

$$E = \frac{E_i t_i + E_{i+1} t_{i+1}}{t_i + t_{i+1}}; E_{0,e} = 5E_i;$$

$$\sigma_{zyi} = \alpha_i \cdot \sigma_{zg0}$$

$$S_i = \beta \frac{\bar{\sigma}_{zpi} - \bar{\sigma}_{zyi}}{E_i} h_i + \beta \frac{\bar{\sigma}_{zyi} \cdot h_i}{E_{0,e}}; S = \sum_{i=1}^n S_i$$

Пример: Составим таблицу для расчёт осадки фундамента:

z_i	ξ_i	α_i	$\sigma_{zpi} = \alpha_i P_{II},$ кПа	$\bar{\sigma}_{zpi},$ кПа	$h_i,$ м	$E_i,$ кПа	$\sigma_{zy0},$ кПа	$\sigma_{zyi},$ кПа	$\bar{\sigma}_{zyi},$ кПа	$S_i,$ см
0	0	1	349,7 1	340,79	3,04	1465 0	63,69	63,69	50,07	4,99 3
3,04	0,4	0,94	331,8	298,13	3,04	2530 0	38,4	36,44	44,18	2,52 6
6,08	0,8	0,75 6	264,3 8	227,84	3,04	3001 6	68,67	51,91	42,91	1,56 8
9,12	1,2	0,54 7	191,2 9	163,84	3,04	2480 0	62	33,91	27,14	1,39 4
12,1 6	1,6	0,39	136,3 9	118,91	3,04	2100 0	52,2	20,36	25,17	1,14 4
15,0 3	1,98	0,29	101,4 2				103,4	29,98		

$$S_1 = 0.8 \left(\frac{240.79 - 50.7}{14650} \right) 304 + 0.8 \frac{50.07 \cdot 304}{44.18 \cdot 304} = 4,99 \text{ см}$$

$$S_2 = 0.8 \left(\frac{298.13 - 44.18}{25300} \right) 304 + 0.8 \frac{44.18 \cdot 304}{5 \cdot 25300} = 2,526 \text{ см}$$

$$S_3 = 0.8 \left(\frac{227.84 - 42.91}{30016} \right) 304 + 0.8 \frac{42.91 \cdot 304}{5 \cdot 30016} = 1.568 \text{ см}$$

$$S_4 = 0.8 \left(\frac{163.84 - 27.14}{24800} \right) 304 + 0.8 \frac{27.14 \cdot 304}{5 \cdot 24800} = 1.394 \text{ см}$$

$$S_5 = 0.8 \left(\frac{118.91 - 25.17}{21000} \right) 304 + 0.8 \frac{25.17 \cdot 304}{5 \cdot 21000} = 1.144 \text{ см}$$

Таким образом, $S = \sum_{i=1}^n S_i = 11,622 \text{ см}$

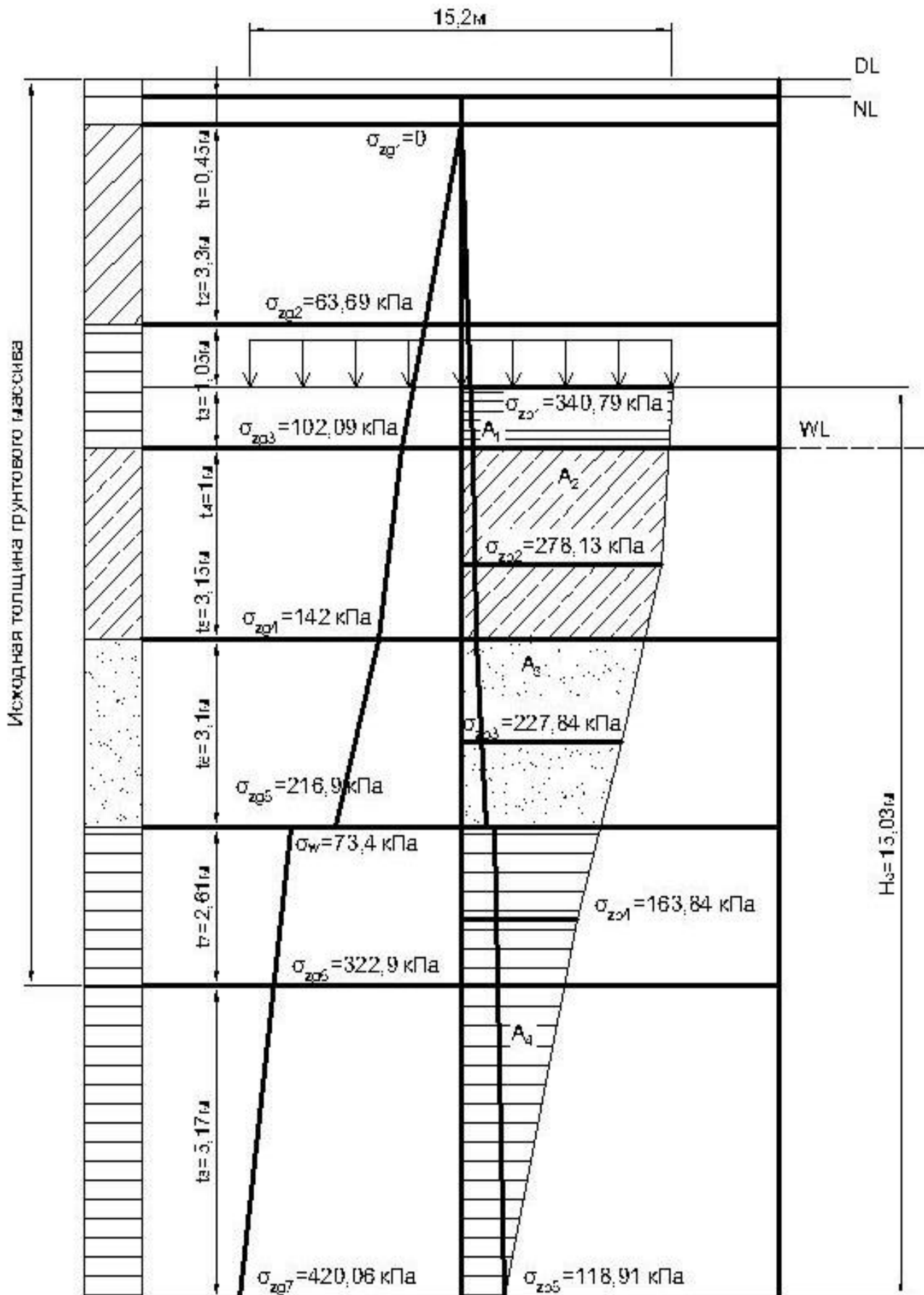
Проверка: (согласно СП22.13330.2016 п.5 прил. Г)

$$S \leq S_{\max, u}$$

$$11,622 \text{ см} \leq 30 \text{ см}$$

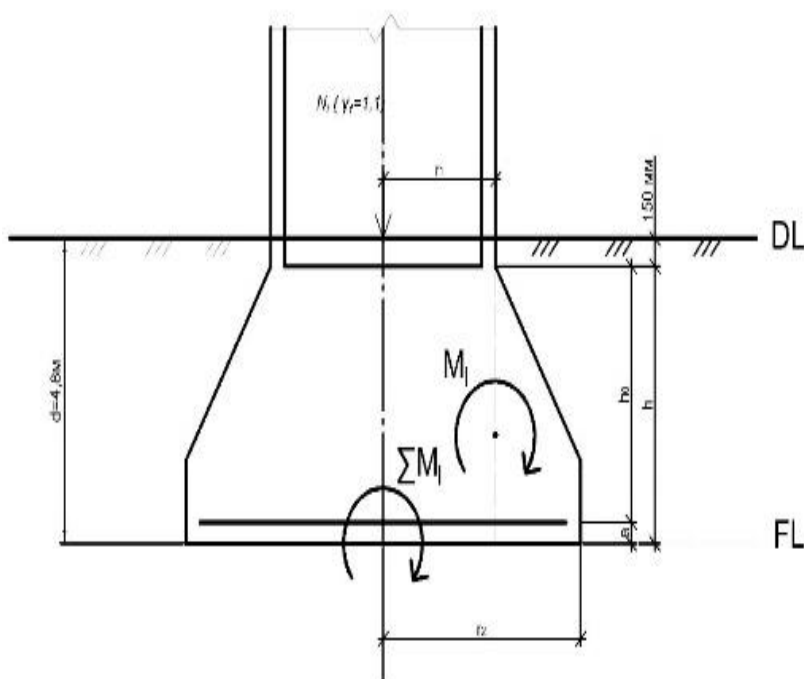
Вывод: условия проверки по деформациям выполняются.

Расчётная схема к расчёту осадки



10. Расчёт тела фундамента

Расчётная схема

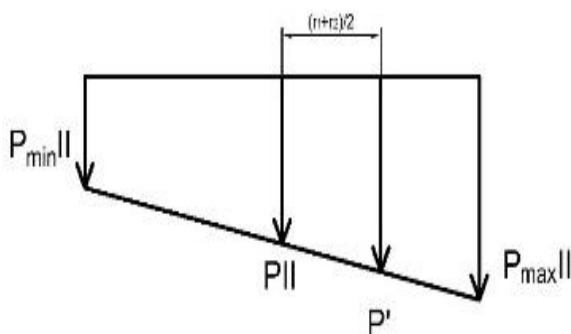


а – защитный слой бетона
(принимается 40 мм
согласно п. 10.3.2. табл.
10.1) [6]

Принимаем для
изготовления
фундаментной плиты
бетон со свойствами:

1. B25
2. F50
3. W6
4. $R_{bt} = 1050$ кПа
5. $R_b = 1450$ кПа

Проверка толщины
фундаментной плиты по
поперечной силе [8]:



$$\begin{cases} Q = \pi(r_2^2 - r_1^2) \times p' \leq 2\pi \cdot r_1 \cdot h_0 \cdot R_{bt} \\ h_0 \geq \frac{p'(r_2^2 - r_1^2)}{2 \cdot r_1 \cdot R_{bt}} \end{cases}$$

$$p' = \frac{N_0}{F} + \frac{M}{J} \cdot \frac{r_1 + r_2}{2} \quad N_0 = N_I \quad (\gamma_f = 1,1)$$

$$M = \sum M_I; \quad F = \pi r_2^2; \quad J = \frac{\pi r_2^4}{4}$$

Расчёт армирования нижней зоны фундаментной плиты

$$M_1 = \frac{p'}{6r_1} (r_1^3 - 3r_1r_2^2 + 2r_2^3)$$

Требуемая по расчёту площадь арматуры:

$$A_s = \frac{M}{0,9 \cdot R_s \cdot h_0}; M = M_1$$

0,9 – коэффициент в формуле, применяемый для фундаментов

Выбираем арматуру согласно п. 6.2.8 табл. 6.14[6]

Раскладка арматуры нижней сетки

Шаг арматуры u : $n = \frac{b}{u}$

$m=n+1=152$ – количество стержней

Общая длина стержней :Поз.1 $\sum l$

Расчёт анкеровки рабочих арматурных стержней [6] п.10.3.24

Базовая длина анкеровки:

$$l_{0,an} = \frac{R_s A_s^{ct}}{R_{bond} \cdot U_s}$$

$$R_{bond} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot R_{bt}$$

η_1 (согласно ГОСТ 58781-82 для ненапрягаемой горячекатанной арматуры);

$\eta_2 = 1$ ($\varnothing < 32$ мм)

$$A_s = \frac{M}{0,9 \cdot R_s \cdot h_0}$$

$A_{s,cal}$ – фактически установленная площадь арматуры (после вычета лишних стержней)

$$A_s^{ct} = \frac{A_s}{m}; \quad d_s = \sqrt{4 \cdot \frac{A_s^{ct}}{\pi}}$$

Расчётная длина анкеровки

$$l_{ан} = \alpha \times l_{0,an} \cdot \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}}; \quad A_{s,ef} = m \cdot A_s^{ct}$$

Число рабочих стержней

$m^* = m - m^{брак}$, где $m^{брак}$ - число стержней, исключённых из работы фундамента (размером меньше 1 длины анкеровки)

Уточнение димастра стержней рабочей арматуры

$$A_s^{ct} = \frac{A_s}{m^*} = \frac{0,00138}{148} = 0,00000932 \text{ м}^2$$

$$d_s = \sqrt{4 \cdot \frac{A_s^{ct}}{\pi}}$$

Округляем согласно ГОСТ 5781-82

Общий вес арматуры нижней сетки

$$G = q \cdot \sum l$$

$\sum l$ – суммарная длина арматуры

q – вес 1 п.м. арматуры

Подбор арматуры верхней сетки (на 1 п.м.):

$$M' = \frac{p'_1 r_2^3}{6} - \frac{p'}{6} \cdot (2r_2^3 + r_1^3 - 3r_1 r_2^2); \quad [8]$$

p' (из расчёта нижней сетки)

$$p'_1 = p'_0 + (p' - p'_0) \cdot \frac{r_1 + r_0}{r_2 + r_1}; \quad p'_0 = \frac{N_0}{F}; \quad N_0 = N_I; \quad F = \pi r_1^2$$

Требуемая площадь арматуры:

$$A_s = \frac{M}{0,9 \cdot R_s \cdot h_0}$$

Пример

Принимаем для изготовления фундаментной плиты бетон со свойствами:

1. B25

2. F50

3. W6

4. $R_{bt} = 1050$ кПа

5. $R_b = 1450$ кПа

$$p' = \frac{N_0}{F} + \frac{M}{J} \cdot \frac{r_1 + r_2}{2} = \frac{49855}{181,45} + \frac{34311}{2620} \cdot \frac{4,5 + 7,6}{2} = 354 \text{ кПа}$$

$$N_0 = N_I (\gamma_f = 1,1) = 49855 \text{ кН}$$

$$M = \sum M_I = 34311 \text{ кН} \times \text{м (По предыдущей главе расчёта)}$$

$$F = \pi r_2^2 = \pi \cdot 7,6^2 = 181,45 \text{ м}^2; J = \frac{\pi r_2^4}{4} = \frac{\pi \cdot 7,6^4}{4} = 2620 \text{ м}^4$$

Расчёт армирования нижней зоны фундаментной плиты

$$M_1 = \frac{p'}{6r_1} (r_1^3 - 3r_1r_2^3 + 2r_2^3) = \frac{354}{6 \cdot 4,5} (4,5^3 - 3 \cdot 4,5 \cdot 7,6 + 2 \cdot 7,6^3) = 2482$$

Требуемая по расчёту площадь арматуры:

$$A_s = \frac{M}{0,9 \cdot R_s \cdot h_0} = \frac{2482}{0,9 \cdot 435000 \cdot 4,61} = 0,00138 \text{ м}^2$$

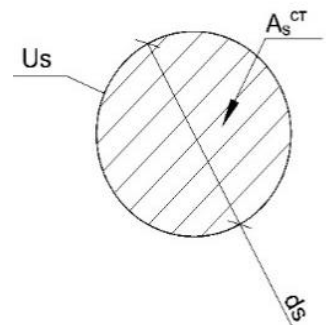
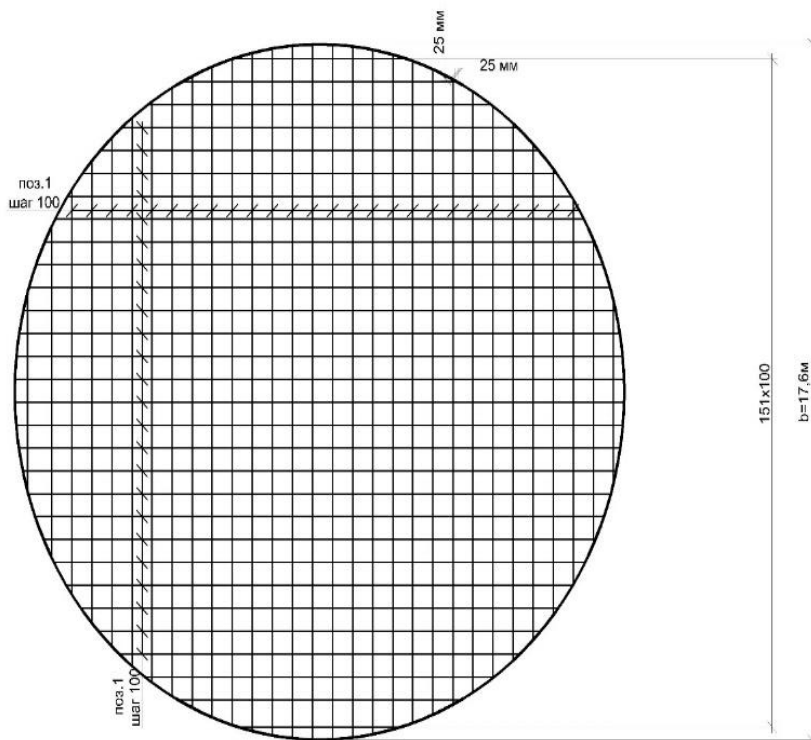
$$M = M_1$$

0,9 – коэффициент в формуле, применяемый для фундаментов

Выбираем арматуру класса А500 согласно [6] п. 6.2.8 табл. 6.14

$$R_s = 435000 \text{ кПа}$$

$$h_0 = 4,8 - 0,04 - 0,15 = 4,61 \text{ м}$$



Раскладка арматуры
нижней сетки

Шаг арматуры

$u = 100 \text{ мм}$

$$n = \frac{b}{u} = \frac{15100}{100} = 151 -$$

количество шагов

между крайними

стрелями

$$m = n + 1 = 151 + 1 = 152 -$$

количество стержней

Общая длина

стержней : Поз.1

$$\sum l = 7165 \text{ м}$$

Расчёт анкерования рабочих арматурных стержней [6] п.10.3.24

Базовая длина анкеровки:

$$l_{0,an} = \frac{R_s A_s^{CT}}{R_{bond} \cdot U_s} = \frac{435000 \cdot 0,00000914}{2625 \cdot 0,00986} = 0,154 \text{ м}; \quad R_s = 435000 \text{ кПа}$$

$$R_{bond} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot R_{bt} = 2,5 \cdot 1 \cdot 1050 = 2625 \text{ кПа}$$

$$\eta_1 = 2,5 \text{ (согласно [9] для ненапряг. горячекат. арматуры); } \eta_2 = 1 (\varnothing < 32 \text{ мм})$$

$$A_s = \frac{M}{0,9 \cdot R_s \cdot h_0} = \frac{2482}{0,9 \cdot 435000 \cdot 4,61} = 0,00138 \text{ м}^2$$

$$A_{s,cal} = 0,00138 \text{ м}^2$$

$$A_s^{CT} = \frac{A_s}{m} = \frac{0,00138}{152} = 0,00000914 \text{ м}^2$$

$$d_s = \sqrt{4 \cdot \frac{A_s^{CT}}{\pi}} = \sqrt{4 \cdot \frac{0,00000914}{\pi}} = 0,00314 \text{ м} = 3,14 \text{ мм}$$

Расчётная длина анкеровки

$$l_{ан} = \alpha \cdot l_{0,an} \cdot \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}} = 1 \cdot 0,154 \cdot \frac{0,00138}{0,00139} = 0,01529 \text{ м} = 153 \text{ мм}$$

$$A_{s,ef} = m \cdot A_s^{CT} = 152 \cdot 0,00000914 = 0,00139$$

Число рабочих стержней: $m^* = m - m^{брак} = 152 - 4 = 148$

Уточнение димаетра стержней рабочей арматуры

$$A_s^{CT} = \frac{A_s}{m^*} = \frac{0,00138}{148} = 0,00000932 \text{ м}^2$$

$$d_s = \sqrt{4 \cdot \frac{A_s^{CT}}{\pi}} = \sqrt{4 \cdot \frac{0,00000932}{\pi}} = 3,44 \text{ мм}$$

Округляем до 12 мм согласно [9]

Общий вес арматуры нижней сетки

$$G = q \cdot \sum l = 0,888 \frac{\text{кг}}{\text{м}} \cdot 3583 \text{ п. м.} = 3182 \text{ кг} = 3,18 \text{ т}$$

$\sum l$ – суммарная длина арматуры ; q – вес 1 п.м. арматуры

Подбор арматуры верхней сетки (на 1 п.м.):

$$M' = \frac{p'_1 r_2^3}{6} - \frac{p'}{6} \cdot (2r_2^3 + r_1^3 - 3r_1 r_2^2) = \frac{496 \cdot 7,6^3}{6} - \frac{354}{6} \cdot (2 \cdot 7,6^3 + 4,5^3 - 3 \cdot 4,5 \cdot 7,6^2) = 36288 - 46008 < 0 \text{ [8]}$$

$p' = 354 \text{ кПа}$ (из расчёта нижней сетки)

$$p'_1 = p'_0 + (p' - p'_0) \cdot \frac{r_1 + r_0}{r_2 + r_1} = 784 + (354 - 784) \cdot \frac{4,5 + 3,6}{7,6 + 4,5} = 496 \text{ кПа}$$

$$p'_0 = \frac{N_0}{F} = 784 \text{ кПа}$$

$$N_0 = N_I = 49855 \text{ кН} (\gamma_f = 1,1)$$

$$F = \pi r_1^2 = \pi \cdot 4,5^2 = 63,6 \text{ м}^2$$

$$r_0 = \frac{9 - 2 \cdot 0,9}{2} = 3,6 \text{ м}$$

Вывод: верхняя арматура не требуется

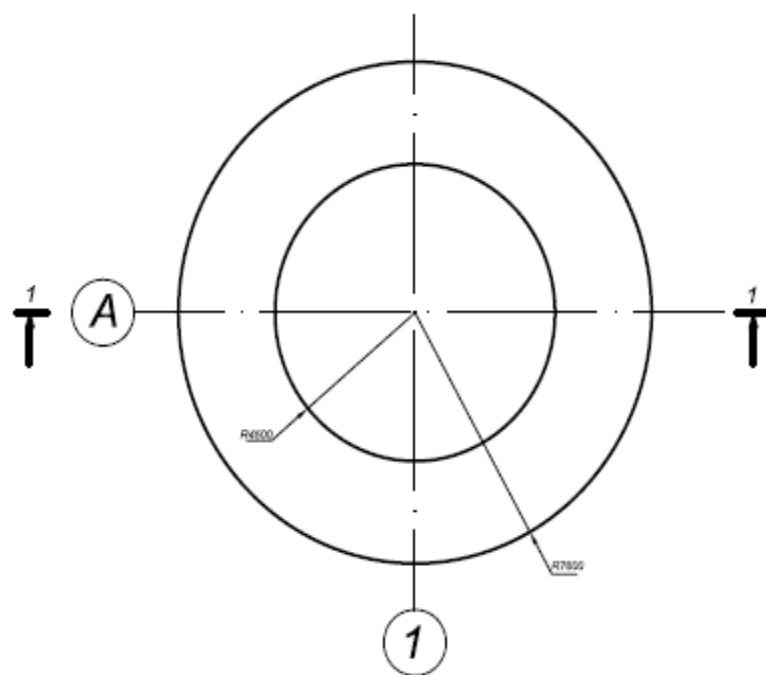
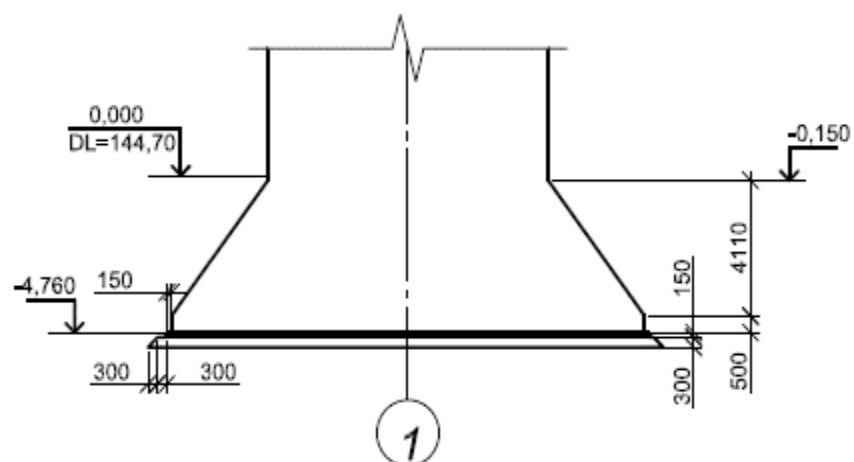
Далее необходимо начертить рабочие чертежи по объяснению преподавателя.

(Приведены чертежи для примера по расчёту с. 45-49)

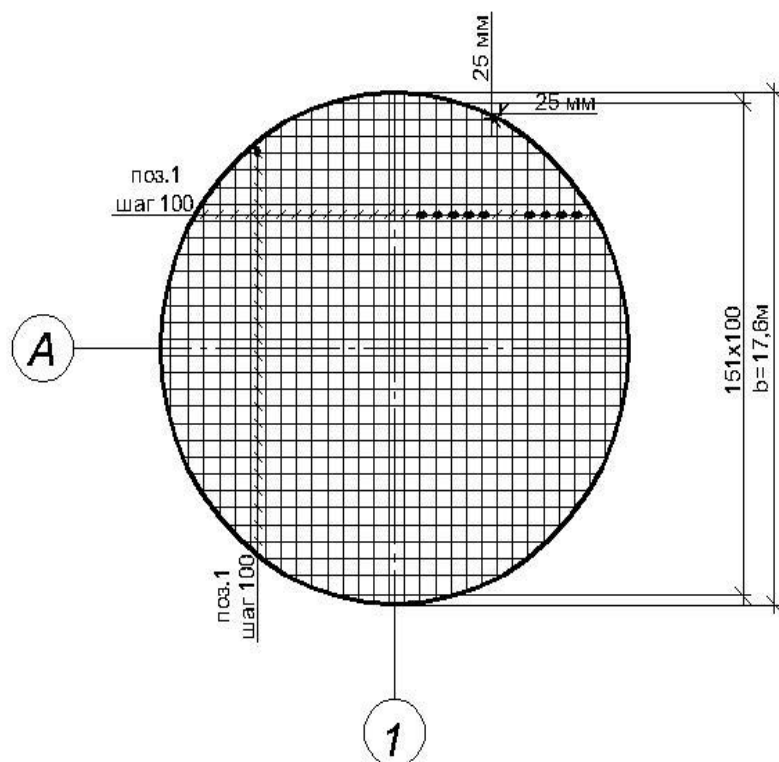
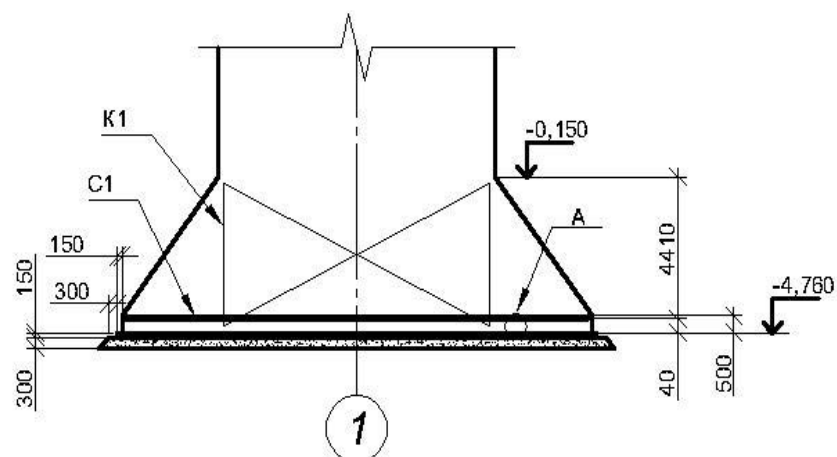
11. Рабочие чертежи (пример)

Ведомость чертежей основного комплекта марки КЖ-1									
Лист								Примеч.	
1	Общие данные								
2	Опалубочный план фундаментной плиты								
3	Разрез 1-1, схема армирования нижней зоны плиты								
4	Узел А								
5	Спецификация								
Примечания: 1. Строительной отметке 0,000 соответствует абсолютная отметка 114,7 2. Основанием фундаментной плиты служит глина полутвёрдая со следующими характеристиками: $\gamma_{II}=19.2 \text{ кН/м}^3$, $\phi_{II}=16 \text{ град}$, $c_{II}=41 \text{ кПа}$, $E=0,015 \text{ МПа}$									
								31/2019 – КЖ1	
								Котельная в г. Оренбург по адресу ул. Ломоносова, 11	
Изм.	Кол.уч.	Лист	Число	Подпись	Дата				
Зав. каф.	Панфилов					Фундамент под кирпичную дымовую трубу Н=110м	Стадия	Лист	Листов
Н. контр.	Иконин С.В						Р	1	5
Руковод.	Иконин С.В								
Консульт.	Иконин С.В								
Разработ.	Иванников					Общие данные	ВГТУ		

Опалубочный план (М 1:200)

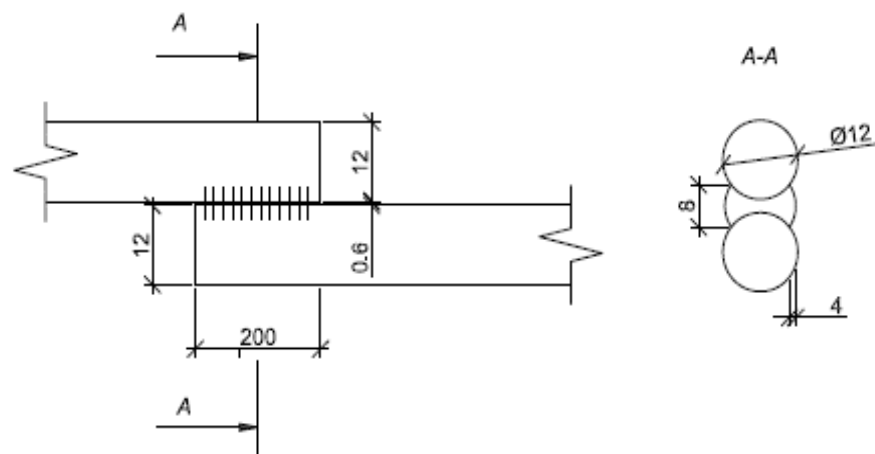


						31/2019 -- КЖ1			
						Котельная в г. Оренбург по адресу ул. Ломоносова, 11			
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подпись	Дата				
Зав. каф.	Панфилов					Фундамент под кирпичную дымовую трубу Н=110м	Стадия	Лист	Листов
Н. контр.	Иконин С.В						P	2	5
Руковод.	Иконин С.В					Опалубочный план фунда. плиты	ВГТУ		
Консульт.	Иконин С.В								
Разработ.	Иванников								



						31/2019 -- КЖ 1		
						Котельная в г. Оренбург по адресу ул. Ломоносова, 11		
Изм.	Кол.уч.	Лист	Недоп.	Подпись	Дата			
Зав. каф.	Панфилов					Фундамент под кирпичную дымовую трубу Н=110м	Стадия	Лист
Н. контр.	Иконин С.В						P	3
Руковод.	Иконин С.В					Разрез 1-1, Схема армирования нижней зоны плиты	ВГТУ	
Консульт.	Иконин С.В							
Разработ.	Иванников							Листов
								5

Узел А (по ГОСТ 14098-2014)



						31/2019 -- КЖ1		
						Котельная в г. Оренбург по адресу ул. Ломоносова, 11		
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата			
Зав. каф.	Панфилов					Фундамент под кирпичную дымовую трубу Н=110м	Стадия	Лист
Н. контр.	Иконин С.В						P	4
Руковод.	Иконин С.В							5
Консульт.	Иконин С.В					Узел А (М 1:10)	ВГТУ	
Разработ.	Иванников							

Спецификация					
Позиц.	Обозначение	Наименование	Кол. шт.	Масса ед.кг	Примеч.
		<u>Фундаментная плита</u>			
		Ø12 A500 ГОСТ 5781-82 ℓ -перем.		3182	$\Sigma \ell=3583м$
	СИ001	Каркас К1	1		
К1		<u>Материалы</u>			
		Бетон В30 W6 F50	573,68 м ³		
		Бетон В10 F100	28,30 м ³		

Список литературы, используемой для курсового проекта:

1. Гост 25100-2011 Грунты. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2018
2. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. – М.: Минрегион России, 2017
3. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. – М.: Минрегион России, 2017
4. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. – М.: ФГУП ЦПП, 2011
5. СП 375.1325800.2017 Трубы промышленные дымовые. Правила проектирования. – М.: Стандартинформ, 2018
6. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – М.: ФГУП ЦПП, 2019
7. СП 131.13330.2018 Строительная климатология. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2019
8. А.А. Кальницкий, Л.М. Пешковский. Расчёт и конструирование железобетонных фундаментов гражданских и промышленных зданий и сооружений. Учеб. Пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1974
9. ГОСТ 5781-82 Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. – М.: Стандартинформ, 2009
10. Е.А. Сорочан., Ю.Г.Трофименков. Справочник проектировщика: Основания, фундаменты и подземные сооружения. – М.: Стройиздат, 1985
11. Долматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – Л.: Стройиздат, 1988