МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт___ИГЭС_____

Кафедра____Механика грунтов и геотехника_____

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине

«Фундаменты, подпорные стены и ограждения котлованов»

Тема: «Выбор конструкций нулевого цикла здания с подземной частью»

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Выполнил обучающийся
(ИГЭС, ___ курс, ___ группа) _____
(Ф.И.О.)

Руководитель _____
(Ф.И.О.)

К защите _____
(дата, подпись руководителя)

Оценка _____
_____
(дата, подпись руководителя)

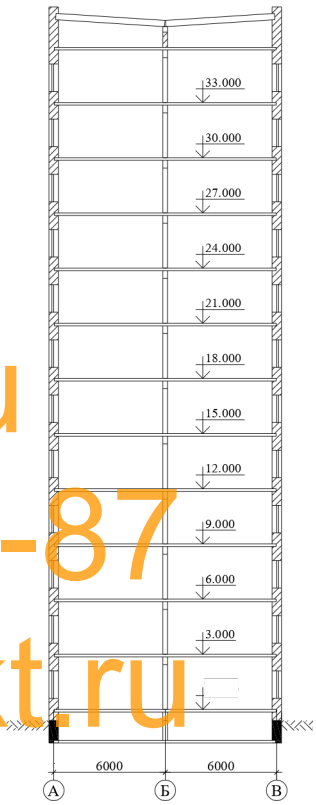
Москва 2022 г.

Вариант 3

Краткая характеристика здания

Конструкция № 3

1 - 1



Стены наружные – кирпичные толщиной 64 см.

Стены внутренние (перегородки) – кирпичные толщиной 15 см.

Колонны – ж/б, 40*40 см.

Перекрытия – сборные многопустотные ж/б плиты толщиной 22 см.

Покрытия – сборные ж/б плиты.

Здание имеет подвал во всех осях Отметка пола подвала – 12,20.

Отметка пола первого этажа ±0,00 на 0,60 м

Выше отметки спланированной поверхности земли.

От оси «13» на расстоянии 5,55 метров находится 14-ти этажное здание.

$P_{ср}$=380кПа.

Категория технического состояния здания - II.

Размеры существующего здания идентичны проектируемому зданию в КР.

Центры фундаментов соседних зданий находятся на одной прямой.

Нагрузки даны: на стену «А» в кН/м, на колонну «Б» в кН. При наличии подвала постоянные временные нагрузки увеличиваются:

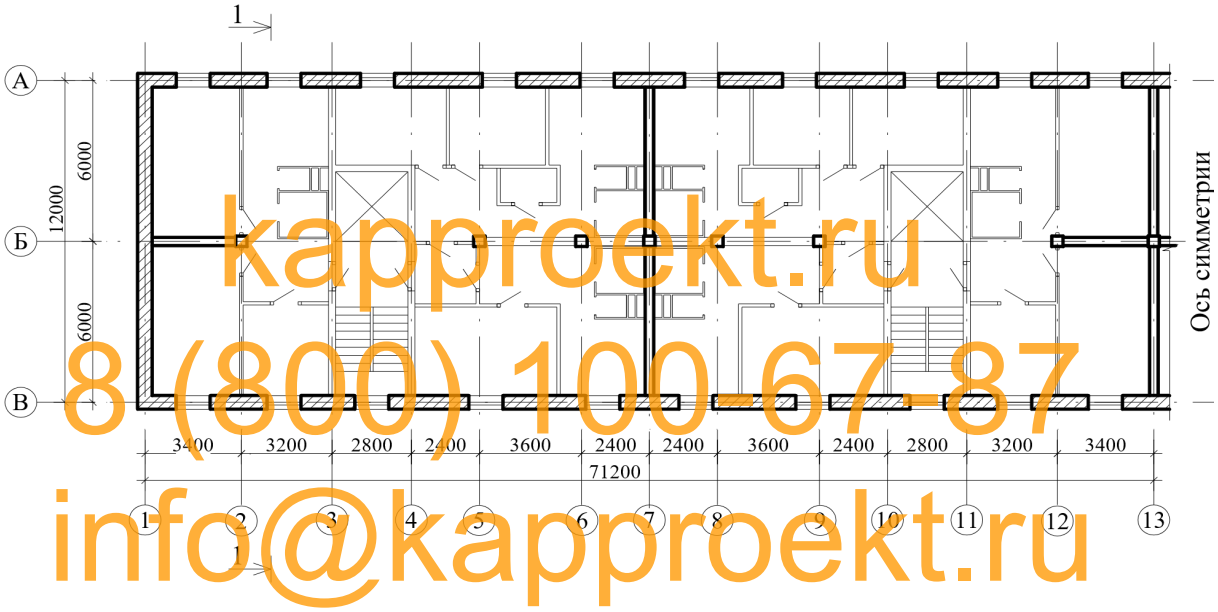
На стену А – пост. На 14 кН/м, врем. на 2 кН/м На колонну Б – пост. На 65 кН, врем. на 3 кН.

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Нагрузки на уровне 1-го этажа.

Количество этажей									
		7	8	9	10	11	**12**	13	14
Ось А (стена)	Пост.	263	279	293	307	431	**334**	349	443
	Врем.	20	21	21	23	25	**28**	30	52
Ось Б (колонна)	Пост.	752	848	928	1020	1150	**1200**	1280	1546
	Врем.	139	145	149	160	175	**200**	210	216

Типовой план этажа



kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

ДАННЫЕ О ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ГРУНТОВ

№ п.п.	№ скважин и шурфов	Глубина от поверхности, м	Гранулометрический состав, % (размер частиц в мм)								Влажность на границе		Плотность частиц грунта ρ_s, т/м^3	Плотность грунта ρ, т/м^3	Природн. влажность W%
			>2,0	2,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,10-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005	W_L % текуч.	W_P % раскат.			
1	Ш.1	1,0	Насыпь не слежавшаяся											1,59	19,0
2	-	2,0		12,7	10,4	21,2	5,4	29,2	5,3	15,8	35,5	19,4	2,65	1,93	24,8
3	-	4,0	4,8	19,8	21,3	48,1	1,2	4,0	0,6	0,2			2,65	2,03	19,1
4	Скв.1	7,0	11,3	8,4	17,4	10,6	7,4	12,3	11,2	21,4	32,3	17,5	2,67	2,12	16,8
5	-	13,0	15,4	61,3	12,5	6,2	1,4	2,2	0,2	0,8			2,66	2,14	16,1
6															

kapproekt.ru 8 (800) 100-67-87 info@kapproekt.ru

СКВАЖИНА №1

Абсолютная отметка устья 140,68

№ пород	Абсолютная отметка подошвы слоя	Глубина подошвы слоя, м	Мощность слоя, м	Уровень грунтовых вод
I	139,18	1,50	1,50	3,20 / 137,48
II	137,48	3,20	1,70	
III	136,28	4,40	1,20	
IV	131,08	9,60	5,20	
V	125,78	14,90	5,30	
VI				

ШУРФ №1

Абсолютная отметка устья 140,60

№ пород	Абсолютная отметка подошвы слоя	Глубина подошвы слоя, м	Мощность слоя, м	Уровень грунтовых вод
I	138,90	1,70	1,70	3,10 / 137,50
II	137,50	3,10	1,40	
III	135,60	5,00	1,90	
IV				
V				
VI				

СКВАЖИНА №2

Абсолютная отметка устья 140,18

№ пород	Абсолютная отметка подошвы слоя	Глубина подошвы слоя, м	Мощность слоя, м	Уровень грунтовых вод
I	138,78	1,40	1,40	2,60 / 137,58
II	137,58	2,60	1,20	
III	135,88	4,30	1,70	
IV	129,68	10,50	6,20	
V	124,98	15,20	4,70	
VI				

№ пород	Угол внутреннего трения φ	Удельн. сцепление С, кПа	Коэфф. фильтрации $K_ф$, см/с	Модуль деформации Е, МПа
I	-	-	-	

II	15_0	19	$4x10_{-7}$	18,5
III	30^0	-	$2x10^{-3}$	22,4
IV	19^0	23	$4x10^{-8}$	32,4
V	33^0	-	$8x10^{-3}$	18,7

ПРИМЕЧАНИЯ:

1. Скважины и шурф расположены на прямой , проходящей по продольной оси здания.

2. Расстояние между скважинами соответственно

54 и 48

3. Дата бурения скважин 25.02.2000 г.

kapproekt.ru 8 (800) 100-67-87 info@kapproekt.ru

Содержание

Стр.

1. Физико-механические свойства грунтов 7

2. Определение глубины заложения фундамента. 12

3. Определение нагрузок на фундаментную плиту 13

4. Построение эпюры природных напряжений 14

5. Расчет осадки основания 17

6. Расчет учета взаимного влияния соседних фундаментов 21

7. Построение эпюр активного и пассивного давления. 26

8. Расчет тонкой свободно стоящей шпунтовой стенки 29

8.1. Расчет по фактическим характеристикам 29

8.2. Сравнительный расчет по характеристикам рекомендованным СП. 35

8.3. Анализ результатов 41

9. Расчет тонкой заанкеренной стенки. 42

9.1. Определение параметров ограждения. 42

9.2. Расчет анкера 45

10. Сравнение рассчитанных вариантов и выводы 48

11. Состав геотехнического мониторинга 49

Список литературы 50

Содержание графической части:

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

1. Физико-механические свойства грунтов

На основе исходных данных анализа рассчитываем следующие показатели.

Коэффициент пористости определяем по формуле:

$$e=\frac{\rho_s}{\rho}(1+W)-1=\frac{2,7}{2,06}(1+0,222)-1=0,6;$$

Степень водонасыщения:

$$S_r=\frac{\rho_s \cdot w}{e\rho_W}$$

Число пластичности:

Ip = WL-Wp

Показатель текучести:

IL = (W-Wp)/Iv

где WL, WP - Влажность на границе, %

ρS - Плотность частиц грунта, т/м3

ρ - Плотность грунта, т/м3

ρw - Плотность воды, т/м3

γ - Удельный вес грунта, кН/м3

γs - Удельный вес твёрдых частиц грунта, кН/м3

W - Природная влажность, %

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

<u>ИГЭ-1</u>: (проба отобрана из шурфа №1 с глубины 1,0 м). Насыпь не слежавшаяся, R_0 не нормируется.

<u>ИГЭ-2</u>: (проба отобрана из шурфа №1 с глубины 2,0 м).

Вид – *глинистый грунт*, так как I_p= W_L- W_p=35,5-19,4=16,1%>1%

Разновидность:

- по числу пластичности I_p= W_L- W_p=35,5-19,4=16,1% -

суглинок

- по показателю текучести I_L= 0,34 <0% - *тугопластичная*

e = 0,71

R_0=223,80кПа

Расчеты по ИГЭ-3 и остальных слоев делаются по аналогии, а результаты приведены в табл. 1.

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Таблица 1 Сводная таблица свойств слоев грунта

№ слоя	Полное наименование грунтов		γ, 3 кН/м	γs, 3 кН/м	Sr	Ip, %	IL, %	e	R0,кПа
1	Насыпь не слежавшаяся		15,60	0,00	-	-	-	-	-
2	глина	суглинок	18,93	26,00	0,92	16,10	0,34	0,71	223,80
3	песок	мелкие	19,91	26,00	0,91		-	0,55	300,00
4	глина	суглинок	20,80	26,19	0,95	14,80	-0,05	0,47	350,00
5	песок	крупные	20,99	26,09	0,97			0,44	600,00

kapproekt.ru 8 (800) 100-67-87 info@kapproekt.ru

2. Определение глубины заложения фундамента

Глубину заложения назначаем, исходя из:

а) конструктивных особенностей:

$d = hn - hц + hcf + hпл$

где h_n - разница отметок пола первого этажа (±0,000) и пола подвала;

$h_ц$ - высота цоколя – разница отметок пола первого этажа и планировочной отметки;

h_{cf} - толщина пола подвала;

$h_{пл}$ - толщина фундаментной плиты.

d= 12,2− 0,6 + 0,2 + 0,5 = 12,3 *м*

б) гидрогеологических условий:

$h_w > d$,

где h_w - глубина залегания подземных вод;

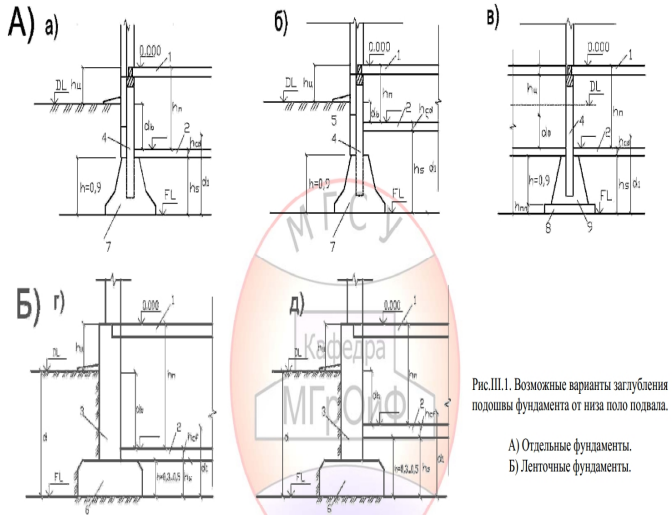
d - глубина заложения фундамента.

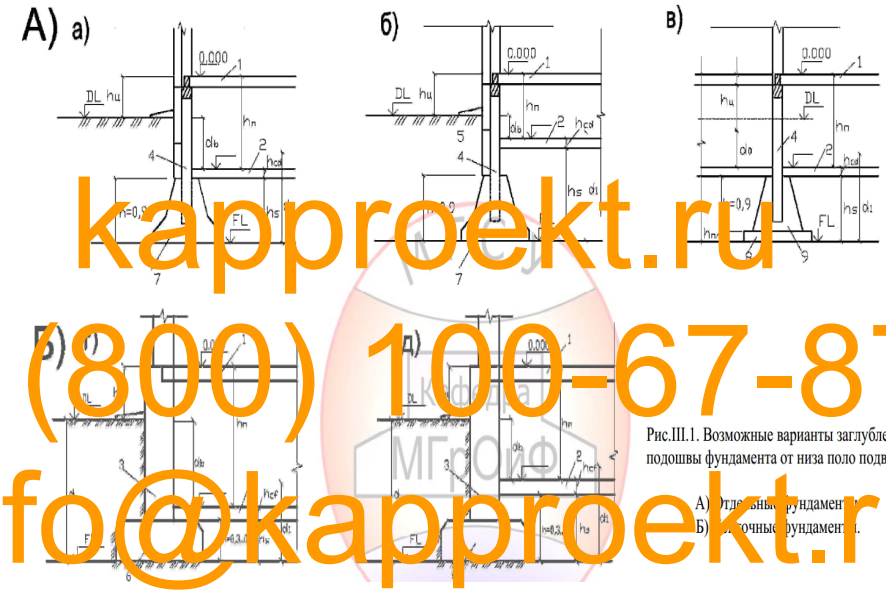
h_w = 3,2 *м* < d= 12,3 *м*

Так как условие не выполняется, и глубина заложения фундамента значительно больше глубины залегания подземных вод, а толща грунта, находящегося во взвешенном воде состоянии составляет 9,1 м, принимаем решение об устройстве ограждающей конструкции котлована в виде металлической шпунтовой стены.

Размеры подошвы фундаментной плиты принимаются конструктивно с учетом габаритных размеров здания (не превышают габаритные размеры здания более чем на 1 м).

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru





kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

DL – планировочная отметка; FL – отметка подошвы фундамента; hs – толщина слоя грунта выше подошвы фундамента (до низа пола подвала); hs - толщина пола подвала; d1 - приведенная глубина заложения фундамента со стороны подвала; db – расстояние от планировочной отметки DL до пола подвала; hп – разность отметок пола 1-ого этажа (+0.000) и пола подвала; h – высота; плиты ленточного фундамента (Б); 7 – отдельного одноблочного стаканного типа; отдельного составного (опорная плита 8 с подколонником 9) (А); hпл – высота (толщина) опорной плиты отдельного составного фундамента.

1 – надподвальное перекрытие (пол первого этажа); 2 – пол подвала; 3 – стена подвала (стеновая часть ленточного фундамента); 4 – колонна; 5 – ограждающая панель, образующая стену повала в каркасном здании; 6 – опорная лита ленточного фундамента; 7 – отдельный одноблочный фундамент; 8 – опорная плита в отдельном составном фундаменте; 9 – подколонник в отдельном составном фундаменте.

Рис. 1 - Возможные варианты заглубления подошвы фундамента от низа поло подвала.

3. Определение нагрузок на фундаментную плиту

При вычислении нагрузки N_{II} для расчетов основания по второй группе предельных состояний γ_f=1, то есть

N_{II}=1.0(N_{II}+ $N_в$)

где N_{II} - постоянная нормативная нагрузка,

$N_в$ - временная нормативная нагрузка.

Нагрузка от стен по осям А:

N_{II}=1.0(348 + 30)= кН/м

Нагрузка колон по осям Б:

N_{II}=1.0(1265 + 203)= кН

kapproekt.ru

Определение размеров площади подошвы фундамента

8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

4. Построение эпюры природных напряжений

Для определения значений координат эпюры природных давлений используем формулу:

$$\sigma\ \sigma zg\ i, = \quad zg\ i, -1 + hi \cdot gi$$

где $\sigma_{zg\ i}$, - природное давление на подошве рассматриваемого слоя, кПа; $\sigma zg\ i, -1$ - природное давление на кровле рассматриваемого слоя, кПа; h_i - мощность рассматриваемого слоя, м; g_i - удельный вес грунта рассматриваемого слоя, кН/м^3.

Вычисление ординат эпюры природных давлений от планировочной отметки залегания грунтов:

- На границе I и II слоев: $\sigma_{zg\ I,} = 0 + h_I \cdot g_I = 0 + 1.6\ 17.64 \cdot = 28.22 кПа$
- На границе II и III слоев: $\sigma\ \sigma_{zg\ II,} = {}_{zg\ I,} + h_{II} \cdot g_{II} = 28.22 + 1.4\ 18.82 \cdot = 54.57 кПа$
- На границе III и IV слоев: $\sigma zg\ III, = \sigma zg\ II, + hIII \cdot gIIIsb = 59.6 + 4\ 9.95 \cdot = 94.35 кПа$ где $g_{IIIsb} = g\ g^{IIIs} 1_{+}^{-} e^{w} = \underline{26.36} 1_{+}\ 0.645^{-} \underline{10} = 9.95 кН / м^3$ - удельный вес грунта с

учетом взвешивающего действия воды;

- На границе IV и V слоев: $\sigma zg\ IV, = \sigma zg\ III, + hIV \cdot gIVsb = 94.35 + 1.6\ 9.94 \cdot = 110.26 кПа$ где $g_{IVsb} = g\ g^{\underline{IVs}} 1_{+}^{-} e^{\underline{w}} = \underline{26.26} 1_{+}\ 0.636^{-} \underline{10} = 9.95 кН / м^3$ - удельный вес грунта с

учетом взвешивающего действия воды;

- С учетом давления толщи воды высотой $h_w = 4 + 1.6 = 5.6 м$ над глиной твердой, являющейся водоупором:

$\sigma zg\ IVw, = \sigma zg\ IV, + hW \cdot gW = 110.26 + 5.6\ 10 \cdot = 166.26 кПа$ • На уровне подошвы фундамента:

$\sigma\ \sigma_{zg,0} = \quad {}_{zg\ IVw,} + 0.7 \cdot g_V = 166.26 + 0.7\ 20.48 \cdot \quad = 180.59 кПа$

- На границе V и VI слоев: $\sigma\ \sigma_{zg\ V,} = {}_{zg\ IVw,} + h_V \cdot g_V = 166.26 + 1.2\ 20.48 \cdot = 190.83 кПа$
- В VI слое, на глубине $h'_{VI} = 3м$:

$\sigma\ \sigma_{zg\ VI,} \quad = \quad {}_{zg\ V,} + h'_{VI} \cdot g_{VI} = 190.83 + 3\ 18.13 \cdot \quad = 245.22 кПа$

Вычисление ординат эпюры природных давлений от уровня дна котлована:

- На границе V и VI слоев:

$\sigma_{zg\ V,} = 0 + (h_V - 0.7м) \cdot g_V = 0 + (1.2 - 0.7)\ 20.48 \cdot \quad = 10.24 кПа$

- В VI слое, на глубине $h'_{VI} = 3м$: $\sigma\ \sigma_{zg\ VI,} = {}_{zg\ V,} + h'_{VI} \cdot g_{VI} = 10.24 + 3\ 18.13 \cdot = 64.63 кПа$

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Рис. 2. Эпюры природных давлений, s_{zg}.

5. Расчет осадки основания

Расчет осадки основания выполняется с целью установления соответствия требованиям, при которых конечная осадка основания и крен фундаментной плиты не должны превышать предельно допустимых значений, принимаемых по таблице Г.1 СП 22.13330.2016 в зависимости от типа сооружения.

Осадку плиты рассчитываем методом послойного суммирования. Расчетная формула осадки метода послойного суммирования имеет вид:

$s = \beta \cdot \sum = n$

σ $g_{zg,0}$ = $_{II}$ ·*d* =180.59*кПа*. (см. п.3 КР).

Среднее давление под подошвой фундамента *ср* $\underline{N}$ *пл*

$$P = \quad + gb \cdot h$$

A

N – вертикальная нагрузка на фундаментную плиту, кН;

A – площадь подошвы фундаментной плиты А = 20,5х17,8=364,9 м^2

g*b* – удельный вес бетона, g*b* = 24 кН/м^3;

$h_{пл}$ - толщина фундаментной плиты, равная 0,5м.

$$P_{ср} = \frac{777 \cdot 19,5 \cdot 4 + 867 \cdot 14 \cdot 4}{20,5 \cdot 17,8} + 24 \cdot 0,5 = 311,15$$

Таблица 3

Определение осадки фундамента методом послойного суммирования

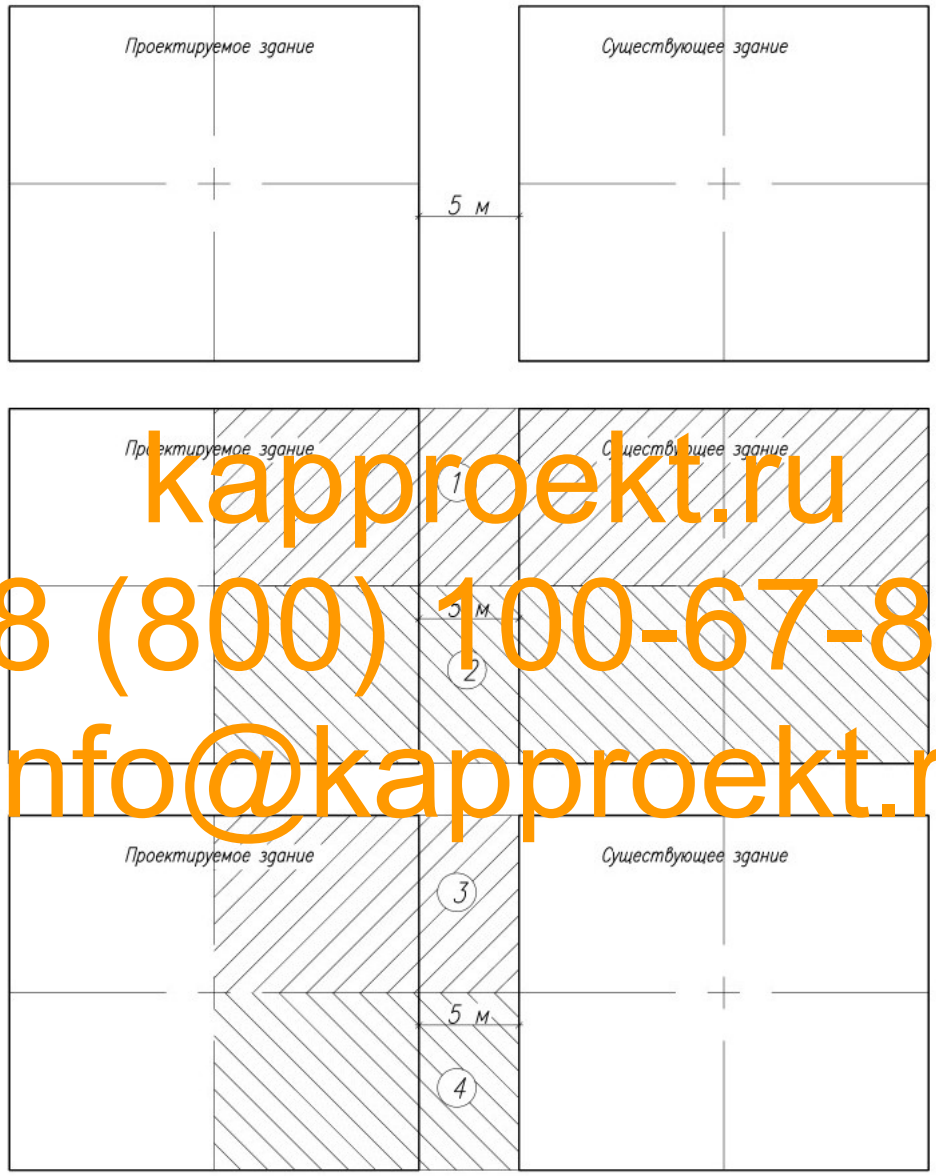
Полную осадку фундамента найдем сложив осадки Δs_1 и Δs_2

S=0.0192+0.0135=0,0327 м или 3,27 см

kapproekt.ru 8 (800) 100-67-87 info@kapproekt.ru

6. Расчет учета взаимного влияния соседних фундаментов

Для учета взаимного влияния фундаментов выполняем графические построения, связанные с применением метода угловых точек (рис.3).



kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Рис. 3. Схемы к определению взаимного влияния фундаментов методом угловых точек

Таблица 3

Параметры фиктивных площадей нагружения в методе угловых точек

Параметр	**Номера фиктивных площадей нагружения**			
	1	**2**	**3**	**4**
Ширина B, м	8,9	8,9	8,9	8,9
Длина L, м	35,75	35,75	15,25	15,25
Давление, кПа	+	+	-	-

Взаимное влияние фундаментов учитывается как дополнительная осадка по центральной оси рассчитываемого фундамента от средних давлений, действующих по подошве влияющих фундаментов. Влияющим в нашем случае считается фундамент существующего здания. Дополнительные осадки вычисляются методом послойного суммирования по формуле:

$s = \beta \cdot \sum = n$

конструкциями, но не более 2L, где L - суммарная длина горизонтальной проекции тела анкера и его тяги;

$4H_k$ - при использовании ограждения из стальных элементов (труб, двутавров и т.п.) с консольным креплением либо креплением стальными распорками или

подкосами, а также при устройстве котлованов в естественных откосах; 4х9.3м=37,2м –ориентировочная величина радиуса зоны влияния.

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Таблица 4

Определение суммарной осадки от взаимного влияния соседнего фундамента методом послойного суммирования

Давление		p0	311.2	p01	450	p02	450	p03		-450	p04	-450	Расчет осадок		
Размеры фундаментов		основного		метода угловых точек											
		L	B	L1	B1	L2	B2	L3	B3	L4	B4				
		20.5	17.8	35.75	8.9	35.75	8.9	15.25	8,9	15,25	8,9				
L/2, B/2		10.25	8.9								K=	0.5			
Z	hi	zi	γII	szg	α	[illegible]	szp	szp,c	szp,nf	E	Ee	szγ	szp,nf-szγ	s_1	s_2
0		1E-10		180.60	0.99999	7.07E-17	311.15	0.00	311.15	17400	87000	185.82	125.33	0.003	0.001
0.5	0.5	0.25	20.9	185.82	0.99998	5.02E-07	311.14	0.00	311.15	17900	89500	195.56	115.58	0.003	0.001
1	0.5	0.75	18.5	195.07	0.99962	1.35E-05	311.03	0.01	311.04	17900	89500	204.61	106.43	0.002	0.001
1.5	0.5	1.25	18.5	204.32	0.99830	6.21E-05	310.62	0.03	310.65	17900	89500	213.41	97.24	0.002	0.001
2	0.5	1.75	18.5	213.57	0.99546	0.000169	309.74	0.08	309.81	17900	89500	221.73	88.09	0.002	0.001
2.5	0.5	2.25	18.5	222.82	0.99062	0.000354	308.23	0.16	308.39	17900	89500	229.51	78.89	0.002	0.001
3	0.5	2.75	18.5	232.07	0.98347	0.000635	306.01	0.29	306.29	17900	89500	236.57	69.72	0.002	0.001
3.5	0.5	3.25	18.5	241.32	0.97379	0.001028	302.99	0.46	303.46	17900	89500	242.98	60.48	0.001	0.001
4	0.5	3.75	18.5	250.57	0.961526	0.001544	299.18	0.69	299.87	17900	89500	248.66	51.21	0.001	0.001
4.5	0.5	4.25	18.5	259.82	0.94673	0.002191	294.58	0.99	295.56	17900	89500	253.45	42.11	0.001	0.001
5	0.5	4.75	18.5	269.07	0.92956	0.002973	289.24	1.34	290.57	17900	89500	257.54	33.03	0.001	0.001
5.5	0.5	5.25	18.5	278.32	0.91026	0.00389	283.23	1.75	284.98	17900	89500	260.74	24.24	0.001	0.001
6	0.5	5.75	18.5	287.57	0.88909	0.004942	276.64	2.22	278.86	17900	89500	263.02	15.85	0.000	0.001
6.5	0.5	6.25	18.5	296.82	0.86637	0.006122	269.57	2.75	272.33	17900	89500	264.60	7.72	0.000	0.001
														0.021	0.022

Полную суммарную осадку фундамента найдем сложив осадки s_1 и s_2

kapproekt.ru 8 (800) 100-67-87 info@kapproekt.ru

S=0.021+0.022=0,043 м или 4,3 см

kapproekt.ru 8 (800) 100-67-87 info@kapproekt.ru

$\surd$

Таблица 5 Значения ординат эпюр активного и пассивного давления

№ п/п	h,м	γ, 3 кН/м	ϕ,0	c,кПа	szg, кПа	sW, кПа	λ*a*	s_a, кПа	szg, кПа	λ_p	sp, кПа	sa+ sp, кПа
1 слой	0.0	17.64	10	10	0.00	-	0.704	-16.78	-	-	-	0.00
	0.8				14.11	-		-6.85	-	-	-	0.00
	1.6				28.22	-		3.09	-	-	-	3.09
2 слой	0.0	18.82	20	13	28.22	-	0.490	-4.37	-	-	-	0.00
	0.7				41.40	-		2.09	-	-	-	2.09
	1.4				54.57	-		8.55	-	-	-	8.55
3 слой	0.0	9.95	29	0	54.57	0	0.347	18.94	-	-	-	18.94
	1.0				64.52	10		22.39	-	-	-	32.39
	2.0				74.46	20		25.84	-	-	-	45.84
	3.0				84.41	30		29.29	-	-	-	59.29
	4.0				94.35	40		32.74	-	-	-	72.74
4 слой	0.0	9.94	31	0	94.35	40	0.320	30.20	-	-	-	70.20
	0.8				102.30	48		32.75	-	-	-	80.75
	1.6				110.26	56		35.29	-	-	-	91.29
граница толщи воды	5.6	10			56.00	-		35.29	-	-	-	91.20
5 слой	0.0	20.48	18	50	166.26	-	0.528	15.11	-	-	-	15.11
	0.7				180.59	-		22.67	0.00	1.894	137.64	-114.97
	1.2				190.83	-		28.08	10.24		157.04	-128.96
6 слой	0.0	18.13	17	16	190.83	-	0.548	80.81	10.24	1.826	61.95	18.86
	6.0				299.61	-		140.37	119.02		260.62	-120.25
	9.0				354.00	-		170.15	173.41		359.95	-189.80
	10.0				372.13	-		180.08	191.54		393.06	-212.98

kapproekt.ru 8 (800)100-67-87 info@kapproekt.ru

kapproekt.ru 8 (800) 100-67-87 info@kapproekt.ru

8. Расчет тонкой свободно стоящей шпунтовой стенки

8.1. Расчет по фактическим характеристикам

Так как глубина котлована составляет 9,3 метра, уровень грунтовых вод находится выше дна котлована, возникает необходимость устройства ограждающей конструкции. В качестве ограждающей конструкции выбираем металлическую шпунтовую стену.

Шпунтовые стенки рассчитывают по первой группе предельных состояний. Данный расчет состоит в том, что бы определить:

1) усилия, действующие на ограждающую конструкцию; 2) глубину забивки шпунта; 3) размеры поперечного шпунта.

В расчетном отношении металлическая шпунтовая стенка представляет собой статически определимую консольную балку, имеющую жесткую заделку в основании и находящуюся в статическом равновесии вследствие уравновешенных активного и пассивного давления. Эпюры действующих на стенку давлений грунта имеют криволинейный характер, но в целях упрощения расчетов заменяются на более простой, прямолинейный вид.

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

По построенным эпюрам активного и пассивного давления строится результирующая эпюра s_a+sp, затем ее разбивают на ограниченные слои и заменяют распределенное давление сосредоточенными силами, равными площади каждого из слоев и приложенными к их центрам тяжести (таблица 6).

По вычисленным сосредоточенным силам строим силовой многоугольник (рис. 5).

По полученным данным строим веревочный многоугольник (рис. 6).

Графически определяем минимальный размер забивки стены в грунт, получаем t_0=10,373 м.

Тогда полная глубина заделки шпунтовой стенки составит:

t=1,1 t_0=1,1·10,373=11,41≈11,5м.

Полная длина шпунтин составит *l*=L+t=9,3+11,5=20,8м.

Полученная фигура представляет собой в определенном масштабе эпюру изгибающих моментов в стенке.

Таблица 6 Расчет сосредоточенных сил

№	Расчет	Q	№	Расчет	Q
1	0.5 3.090 0.8. .	1.236	11	0.5 (114.965) (0.7· − · − 0.081)	-35.582
2	0.5 2.092 0.7. .	0.732	12	0.5 (114.965· − −128.958) 0.5·	-60.981
3	0.5 (2.092. +8.551) 0.7.	3.725	13	0.5 (27.507) 1.19· − ·	-16.367
4	0.5 (18.935. +32.386) 1.	25.66	14	0.5 (27.51· − −50.69) 1·	-39.099
5	0.5 (32.386. +45.837) 1.	39.111	15	0.5 (50.63· − − 73.88) 1·	-62.284
6	0.5 (45.837. +59.287) 1.	52.562	16	0.5 (73.88· − −97.06) 1·	-85.469
7	0.5 (59.287. +72.738) 1.	66.013	17	0.5 (97.061 120.246) 1· − −	-108.563
8	0.5 (70.202. +80.747) 1.	60.38	18	0.5 (120.246· − −143.43) 1·	-131.838
9	0.5 (80.747. +91.293) 1.	68.812	19	0.5 (143.43· − −166.615) 1·	-155.023
10	0.5 15.106 0.081. .	0.612	20	0.5 (166.615· − −189.8) 1·	-178.207

kapproekt.ru
8 (800) 100 67 87
info@kapproekt.ru

Значения моментов равны произведению полюсного расстояния в масштабе сил на соответствующие ординаты замкнутого веревочного многоугольника в масштабе длин:

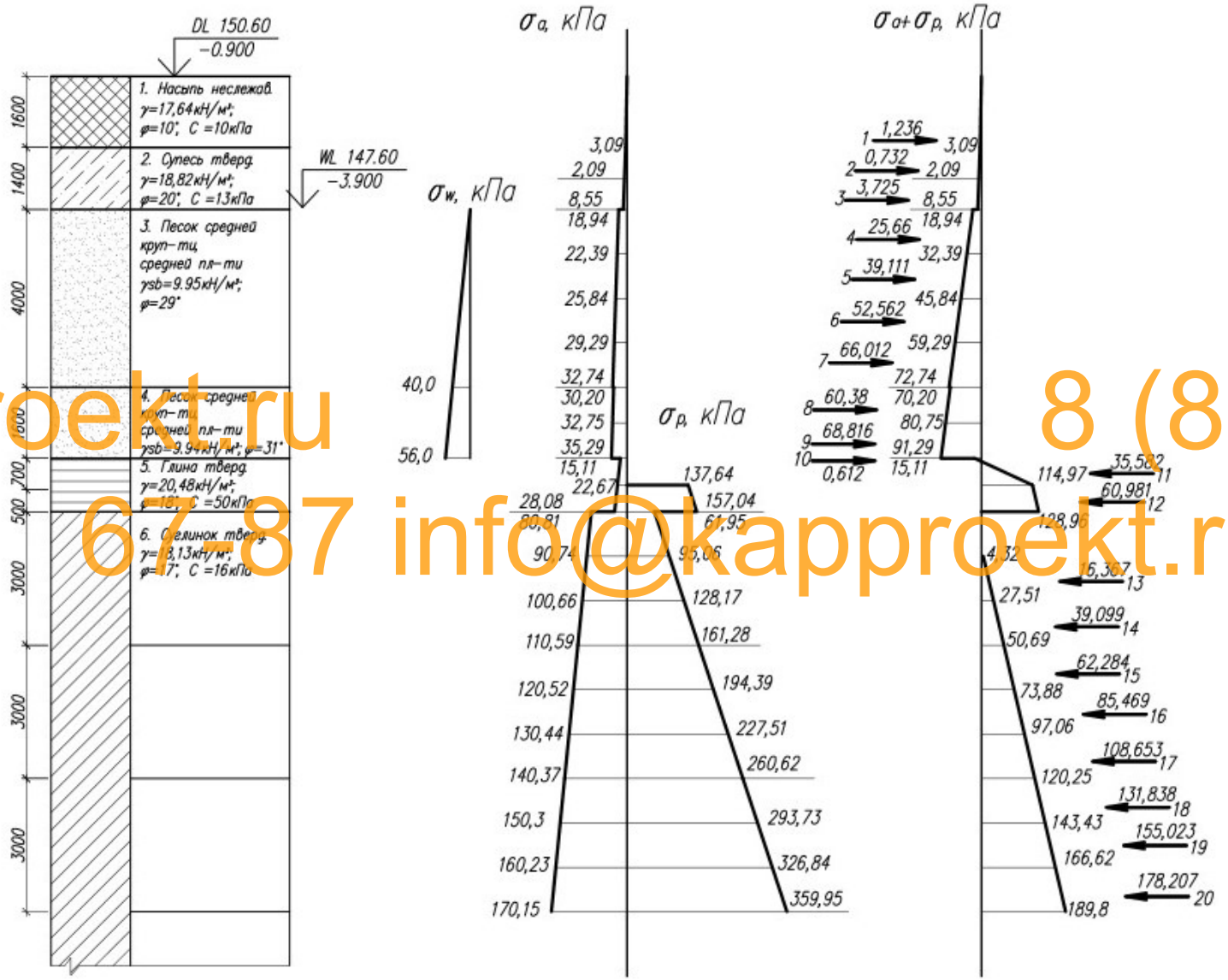
M_{max}=H.y_{max}=200кН.9,511м=1902кНм

Размеры сечения шпунта подбираем по максимальному изгибающему моменту, определяя требуемый момент сопротивления 1 п.м. шпунта:

Wтр= Mmax/Ryγc

где R_y – расчетное сопротивление стали, R_y=235МПа; γ_c – коэффициент условий работы, γ_c=1.

$$W\,тр = \frac{1902кНм}{235000кН/м} \cdot 106 = 8093{,}62см3$$



kapproekt.ru 8 (800) 100-67 87 info@kapproekt.ru

Рис. 4. Эпюры гидростатического, активного, пассивного и суммарного давлений на стенку.

kapproekt.ru 8 (800) 100-67-87 info@kapproekt.ru

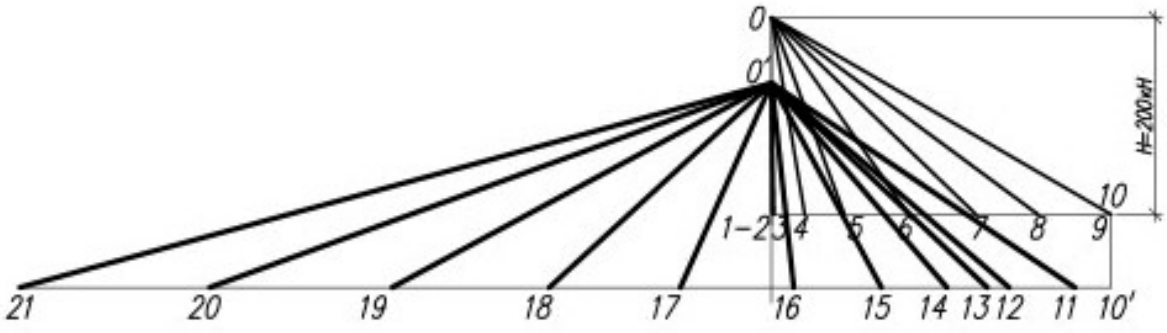


Рис. 5. Силовой многоугольник.

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Рис. 6. Веревочный многоугольник.

В качестве ограждающей конструкции применяем шпунтовую комбинированную стенку ШТС(К) 9010, состоящую из чередующихся трубошпунта Т1020х14 и шпунтовой сваи F3310. Данная конструкция обладает следующими характеристиками: упругий момент сопротивления 1 п.м. – W=9005см^3, удельная масса 1 п.м. 561 кг, момент инерции 1 п.м. J=367177см^4.

8.2. Сравнительный расчет по характеристикам, рекомендованным СП.

Значения удельного сцепления грунта (16 кПа) для ИГЭ-6 – суглинка твердого является значительно ниже значений, рекомендованных положением СП 22.13330.2016. В связи с этим, улучшаем фактические данные и принимаем с =52кПа.

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Проводим сравнительный расчет.

Получаем новые значения пассивного и активного давлений в пределах 6го слоя.

Таблица 7

Значения изначальных и измененных параметров

№ слоя	h,м	ϕ,0	c,кПа	λ*a*	s_a, кПа	λ_p	sp, кПа	sa+ s_p, кПа
6 слой	0,0	17	16	0,548	80,810	1,826	61,947	18,862
			52		27,532		159,250	-131,717
	6,0		16		140,371		260,617	-120,246
			52		87,094		357,919	-270,825
	9,0		16		170,152		359,952	-189,800
			52		116,875		457,254	-340,379

Измененные значения сосредоточенных сил составят:

Таблица 8

Измененные значения сосредоточенных сил составят:

№ п/п	Q,кН	№ п/п	Q,кН	№ п/п	Q,кН
1	1,236	8	60,38	15	-212,864
2	0,732	9	68,816	16	-236,048
3	3,725	10	0,612	17	-259,233
4	25,66	11	-35,582	18	-282,418
5	39,111	12	-60,981	19	-305,602
6	52,562	13	-143,31	20	-328,787
7	66,013	14	-189,68	21	-351,972

kapproekt.ru
8 (800) 100 67-87
info@kapproekt.ru

Строим эпюры активного и пассивного давления грунта, а также силовой и веревочный треугольник (рис.7-9).

Графически определяем минимальный размер забивки стены в грунт, получаем t_0=5,945 м.

Тогда полная глубина заделки шпунтовой стенки составит: t=1,1 t_0=1,1·5,945=6,54≈6,6м.

Полная длина шпунтин составит *l*=L+t=9,3+6,6=15,9м.

Значения моментов равны произведению полюсного расстояния в масштабе сил на соответствующие ординаты замкнутого веревочного многоугольника в масштабе длин:

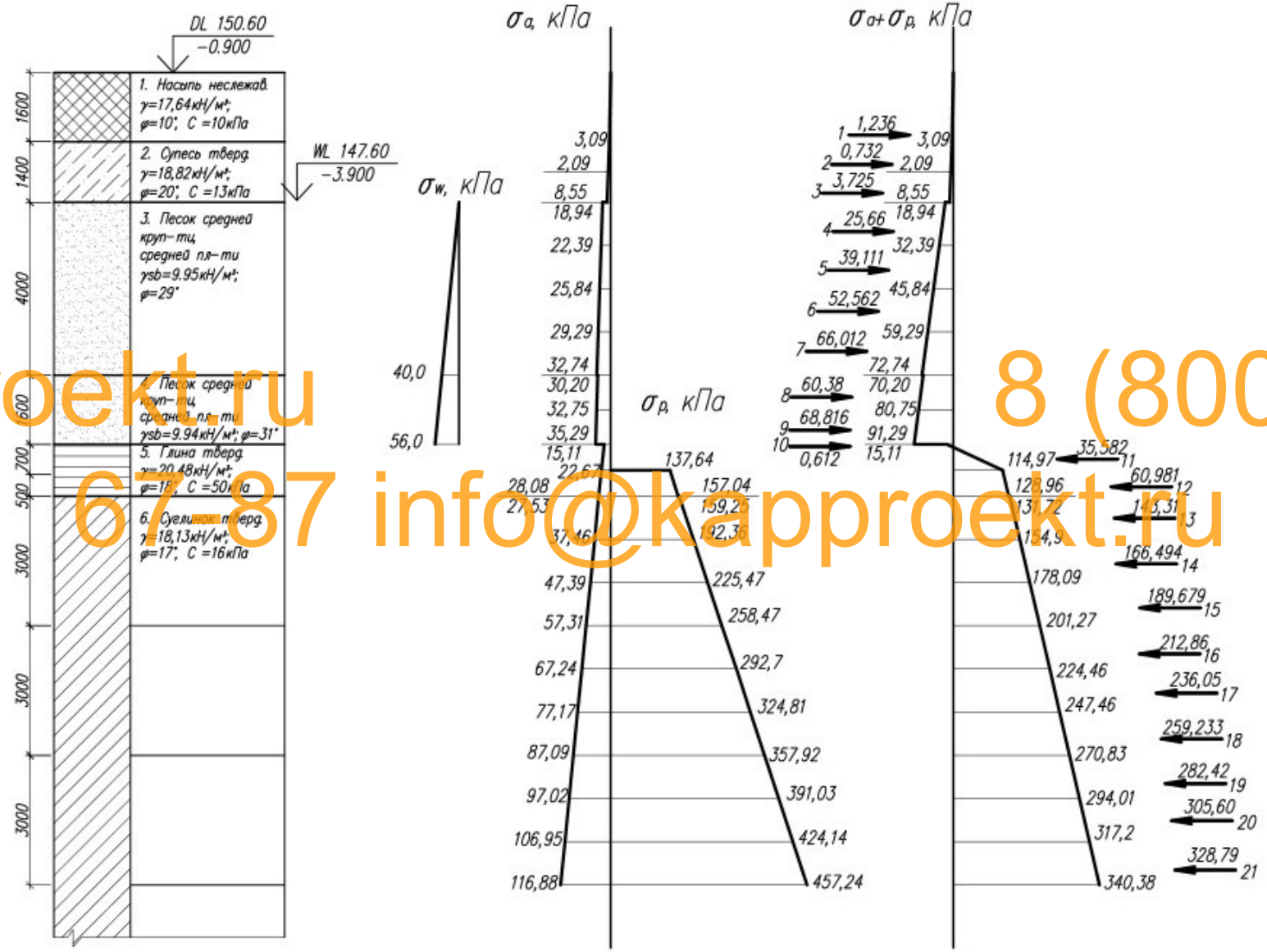
M_{max}=Н·y_{max}=200кН·6,328м=1266кНм

Размеры сечения шпунта подбираем по максимальному изгибающему моменту, определяя требуемый момент сопротивления 1 п.м. шпунта:

Wтр= Mmax/Ryγc

где R_y – расчетное сопротивление стали, R_y=235МПа; γ_c – коэффициент условий работы, γ_c=1.

W тр = 2350001266*кНкНм*/ *м*2 ·106 = 5387*см*3



kapproekt.ru 8 (800) 100-67-87 info@kapproekt.ru

Рис. 7. Эпюры гидростатического, активного, пассивного и суммарного давлений на стенку.

kapproekt.ru 8 (800) 100-67-87 info@kapproekt.ru

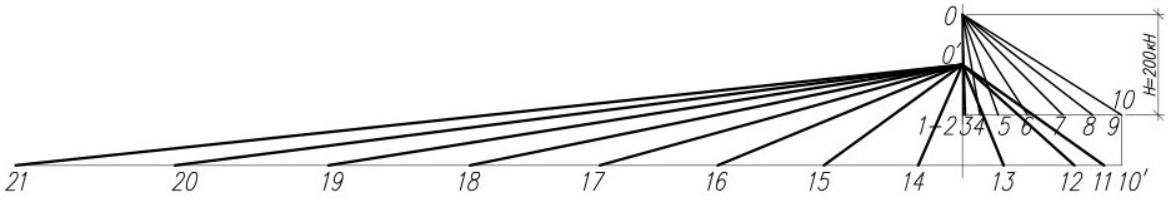
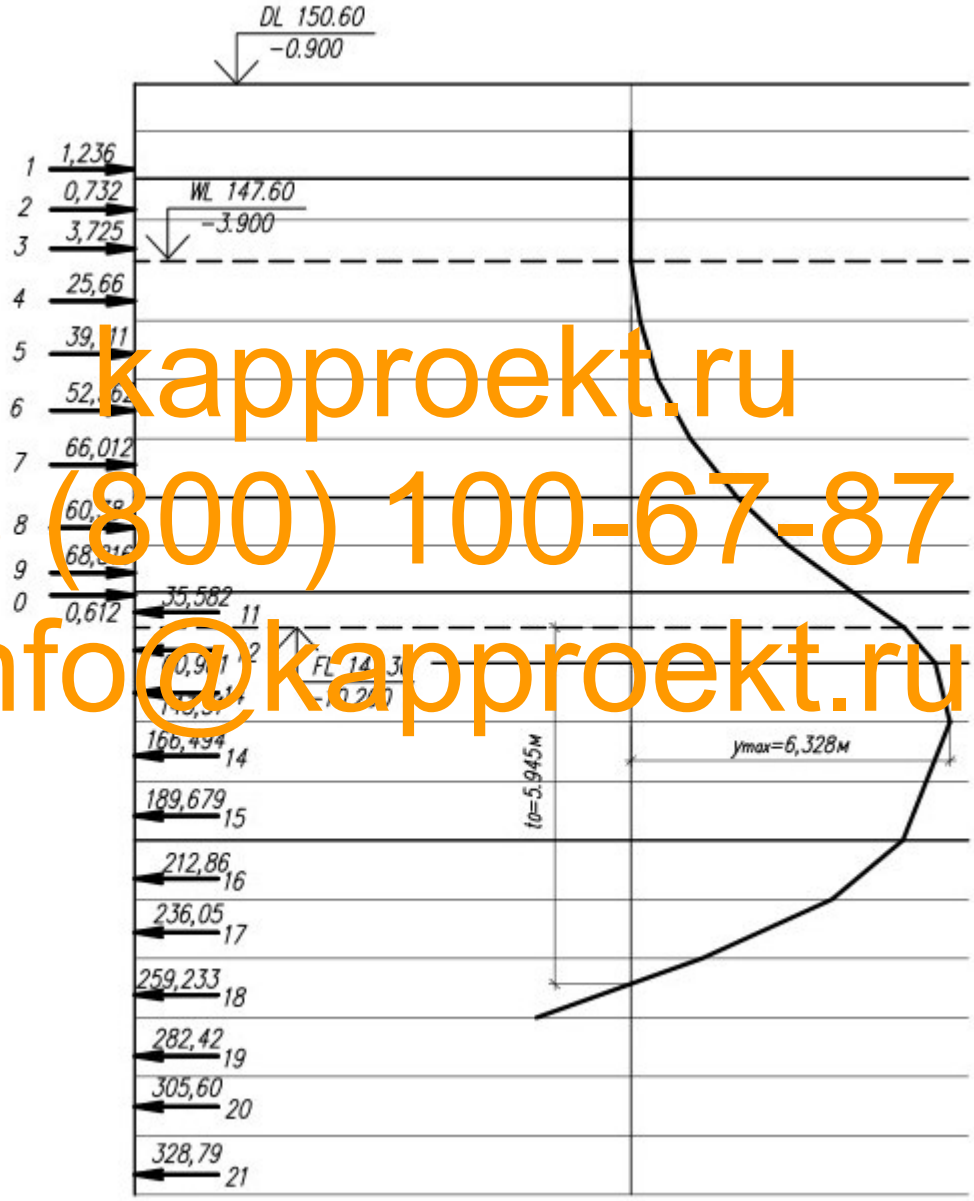


Рис. 8. Силовой многоугольник.



kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Рис. 9. Веревочный многоугольник.

В качестве ограждающей конструкции применяем синусоидальную

шпунтовую стенку F5910. Данная конструкция обладает следующими характеристиками: упругий момент сопротивления 1 п.м. – W=5873см^3, удельная масса 1 п.м. 211 кг, момент инерции 1 п.м. J=313018см^4.

8.3. Анализ результатов

При расчете по фактическим значениям полная длина шпунтин составляет 20,8 метра. Доставка конструкций такого размера на строительную площадку практически невозможна, поэтому целесообразно рассчитывать дополнительные меры закрепления шпунтовой стены, которые позволят уменьшить заглубление шпунтин.

Во втором варианте расчета, где удельное сцепление грунта приближено к значению, рекомендованному для твердого суглинка, глубина заделки уменьшилась более чем в два раза и составляет 6,6 метра. А также появилась возможность уменьшить сечение шпунта, вследствие чего более чем в два раза уменьшилась металлоемкость на 1 п.м. стены. Рассчитывать дополнительное раскрепление для стенки в данных грунтах нецелесообразно.

kapproekt.ru
8 (800) 100 67 87
info@kapproekt.ru

9. Расчет тонкой заанкеренной стенки.

В качестве ограждающей конструкции применяем тонкую шпунтовую стенку, закрепленную с помощью грунтовых анкеров, располагаемых под 0 к горизонту с оголовком на расстоянии 2м от планировочной углом 15 отметки.

9.1. Определение параметров ограждения.

При статическом расчете заанкеренных тонких стенок определяют:

необходимую глубину заложения стенки в основание котлована; усилия, действующие в стенке, анкерных тягах.

При расчете по методу Блюма-Ломейера эпюры активного и пассивного давлений грунта строятся так же, как и для безанкерных стенок.

Для построения силового многоугольника строим отрезок, длина которого равна сумме сил активного давления (1-10), от его середины отложить выбранное полюсное расстояние, которое для удобства сравнения результатов, как и в предыдущем случае, принимаем равным 200кН. По низу откладываются силы (слева направо – положительные, справа налево – отрицательные) в

/ для нижнего силового многоугольника заданном масштабе (М1:1). Точка О находится под точкой О, принятое полюсное расстояние не меняется. Проводятся аналогичные построения для второго многоугольника.

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

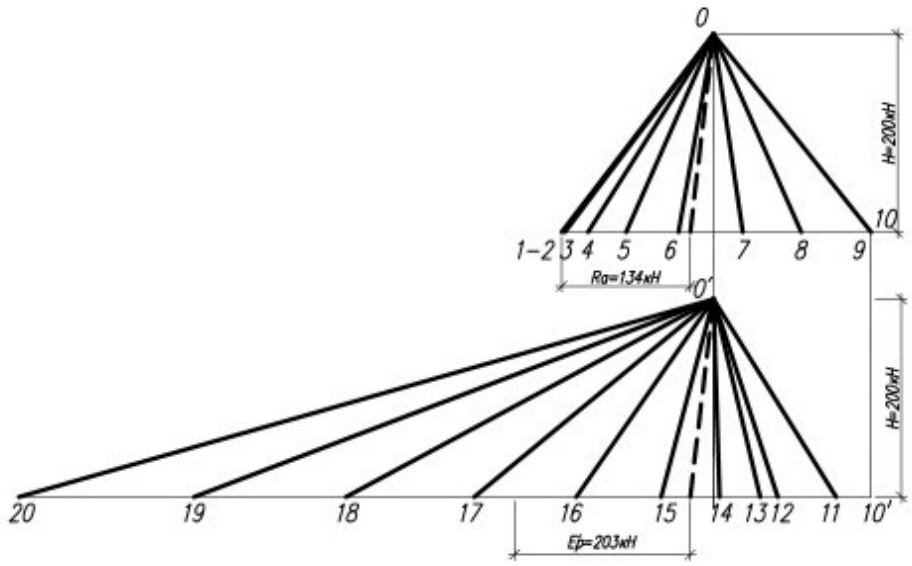


Рис. 10. Силовой многоугольник.

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Отмечаем точку А в уровне установки анкера, от нее откладываем замыкающую таким образом, чтобы разница между высотами верхнего и нижнего сегментов была не больше 10%. Отмечаем точку С.

Получаем точку y_1=1,588 и y_2=1,463, разница между которыми составляет:

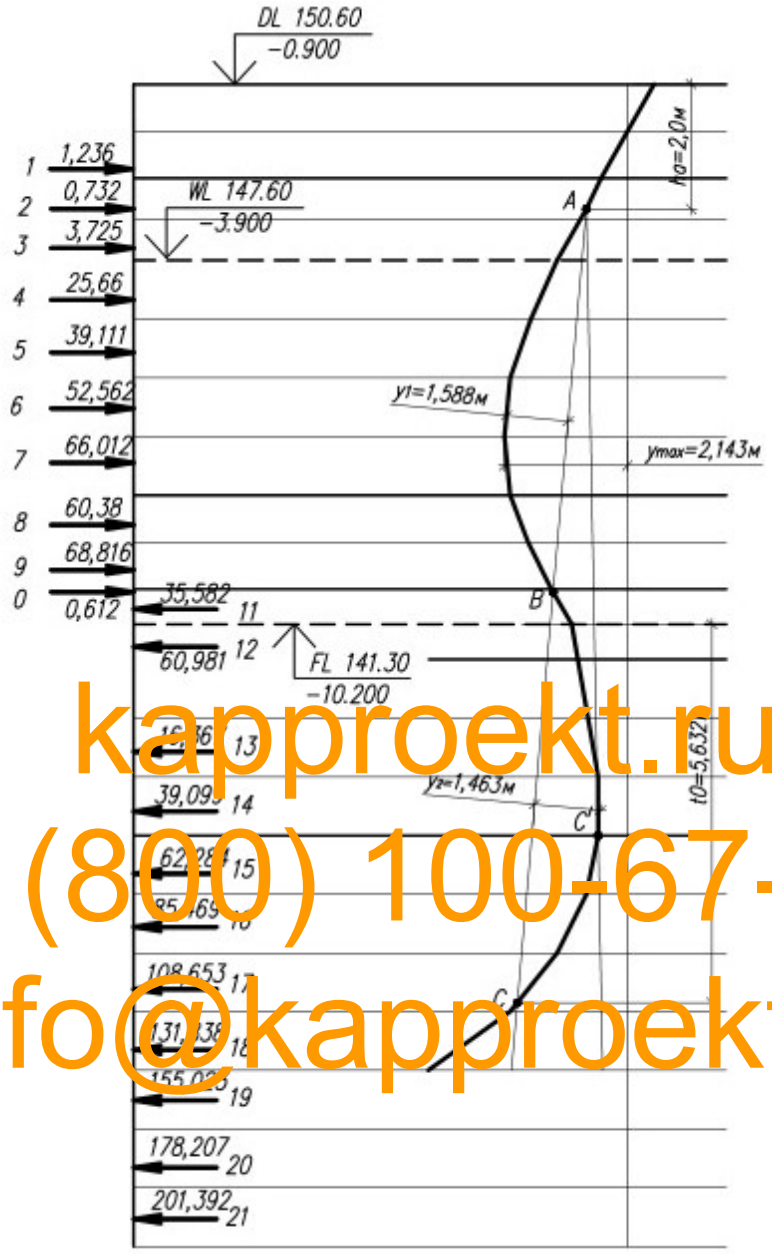
(1,588-1,463)/1,588=8%.

/

Проводим касательную к веревочному многоугольнику АС , получаем y_{max}=2,143.

Полученную замыкающую АС веревочного многоугольника переносим на силовой многоугольник и получаем R_a=134кН.

Минимальная величина заглубления стенки ниже уровня дна котлована определяется графически по веревочному многоугольнику и составляет: t_0=5,632м. Тогда полная глубина заделки составит:



kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Рис. 11. Веревочный многоугольник.

t=1,1 t_0=1,1·5,632=6,195≈6,62м.

Полная длина шпунтин составит *l*=L+t=9,3+6,2=15,5м.

Так как анкер расположен под углом α к горизонту, то усилия в ней составят:

R′ = cos*Ra*α= cos15134 0 =138.73*кН*

Значения анкерных усилий за счет податливости анкерных

закреплений принимаются с коэффициентом k_i=1,4

$R_{расч}=R^{/}\ k_i$=138,73·1,4=194,22кН

Максимальный пролетный изгибающий момент в стенки определяют по формуле:

$M_{max} = H\ y\cdot_{max}$ = 200 2,143· = 428,6*кНм*

Максимальный момент допускается снизить с помощью корректирующего коэффициента ⍰⍰=1,35:

$_{расч}M^{max}$ = 428,6 = 317,48*кНм*

M =

$_x$ 1,35

Размеры сечения шпунта подбираем по максимальному изгибающему моменту, определяя требуемый момент сопротивления 1 п.м. шпунта:

Wтр= Mmax/Ryγc

где R_y – расчетное сопротивление стали, R_y=235МПа; γ_c – коэффициент условий работы, γ_c=1.

W тр = 235000317,48*кНкНм/ м*2 ·106 =1350,99*см*3

Принимаем металлический шпунт корытного профиля Л4 со следующими характеристиками:b=405мм; H=359мм; масса 1м^2 стены 185 кг; W=2200см^3; J=313018см^4.

9.2. Расчет анкера

Несущую способность зоны заделки анкера рекомендуют определять исходя из условий работы зоны заделки на выдергивание с учетом сопротивления трения по боковой поверхности и напряженного состояния окружающего грунта, которое зависит от избыточного давления при инъецировании цементного раствора, по формуле:

$F_d = km_p pD\ l\ p\ tg_{c\ k}$ $_b\phi^{/}$

где к – коэффициент однородности грунта, к=0,6;

m_p - коэффициент, учитывающий напряженное состояние окружающего грунта в зависимости от давления при инъецировании (0,5 – для песков, 0,4-0,2

– для глин различной консистенции); принимаем m_p=0,5;

D_c - диаметр скважины, принимаем D_c=0,3м; l_k - длина корня анкера, l_k=5м;

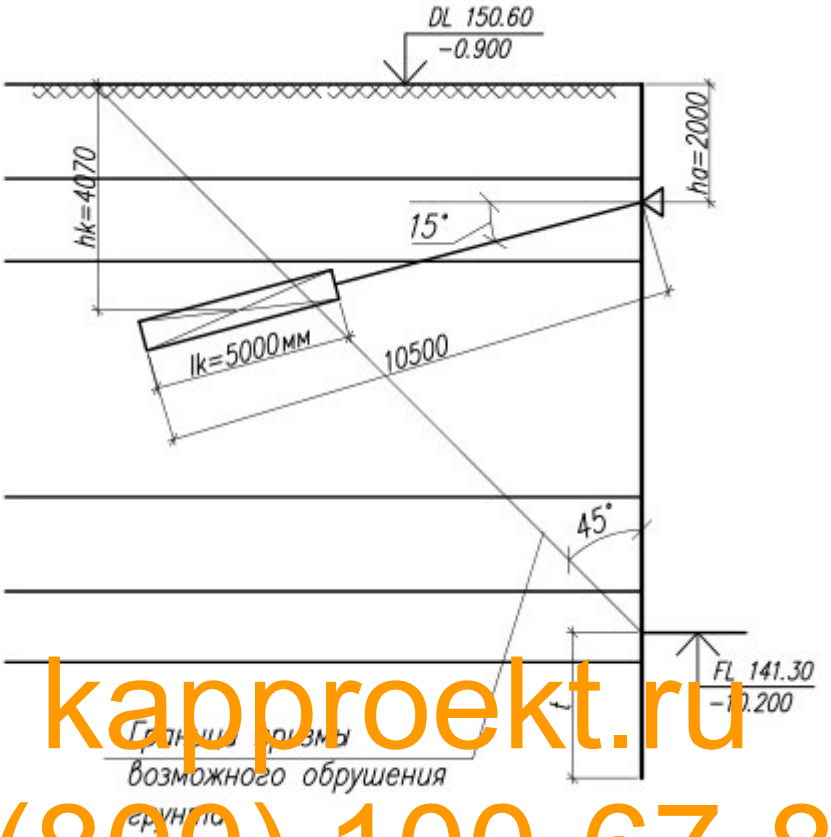
p_b - величина избыточного давления в зоне заделки при инъецировании

(250кПа); ϕ/ - расчетное средневзвешенное значение угла внутреннего трения по длине заделки – угол внутреннего трения и удельное сцепление грунта соответственно:

$$\varphi^{/} = \frac{20 \cdot 3{,}864м + 29 \cdot (10{,}5 - 3{,}864)м}{10{,}5} = 26^0$$

$$F_a = 0{,}6 \cdot 0{,}5 \cdot p \cdot 0{,}3 \cdot 5 \cdot 250 \cdot tg26^0 = 170{,}0кН$$

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru



kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Рис. 12. Схема расположения грунтового инъекционного анкера.

Таким образом, количество анкеров на 1 погонный метр стены составляет: $\underline{Ka}/ = \underline{194.22} = 1.14 шт$ F_b 170.00

Тогда расстояние между анкерами должно составлять:

$$\frac{1}{0,55} = 0,88 \approx 0,9 \; м$$

Из-за конструкции профиля возникает необходимость уменьшить расстояние между анкерами до 0,81 м.

10. Сравнение рассчитанных вариантов и выводы

При расчете грунтов с значением удельного сцепления ИГЭ-6, приближенного к значению рекомендованному для твердого состояния суглинка целесообразным является применение свободно опертой шпунтовой стены без дополнительных закреплений.

В варианте расчета по исходным данным (удельное сцепление ИГЭ-6 более чем в два раза ниже рекомендованного) рассмотрено два решения:

консольная и заанкеренная шпунтовая стенка. Рассмотрим их металлоёмкость.

	Безанкерная стенка	**Заанкеренная стенка**
Профиль	Комбинированная стенка ШТС(К) 9010	Корытный профиль Л4
Ширина шпунтин, мм	1080 – трубошпунт 1011 – шпунтовая свая	405
2 Масса 1 м стены, кг	561	74
Размеры ограждения в плане с учетом особенностей профиля, м	17,74x24,08	16,61x22,28
Длина шпунтин	20,8	15,5
Количество шпунтин	40 трубошпунта 40 шпунтовых свай	192
Суммарная масса шпунтин, т	975,98	89,21

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

Таким образом, более целесообразным будет применение заанкеренной шпунтовой стены.

11. Состав геотехнического мониторинга

Мониторинг в условиях плотной городской застройки

1. При проведении геотехнического мониторинга в условиях плотной городской застройки следует выполнять все требования СП 22.13330.2016.

2. Измерения вертикальных и горизонтальных перемещений конструкций ограждения котлована и сооружений окружающей застройки рекомендуется выполнять с применением автоматических тахеометров.

3. Измерение горизонтальных перемещений конструкций ограждения котлована по глубине рекомендуется выполнять с применением инклинометрических систем. При этом величину перемещения верхней точки конструкции ограждения котлована следует контролировать с помощью тахеометра с последующей корректировкой измеренных величин перемещения по глубине инклинометрической скважины.

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru

4. При примыкании сооружений окружающей застройки к реконструируемому или сносимому сооружению в случае демонтажа строительных конструкций с применением средств механизации рекомендуется в период проведения работ выполнять измерение динамических и вибрационных воздействий.

5. При невозможности установки грунтовых марок в связи с расположением в контролируемой зоне подземных инженерных коммуникаций контроль перемещений грунтового массива рекомендуется выполнять по обечайкам люков и колодцев.

Список литературы

1. Пестряков А.Н. Расчет шпунтового ограждения: метод.указания/ А.Н. Пестряков.-Екатеринбург: УрГУПС, 2010. – 24 с.

2. Сорочан Е. А., Трофименков Ю. Г. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения //М.: Стройиздат. – 1985.

3. ВСН 506-88 «Проектирование и устройство грунтовых анкеров»

4. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*». – М.: Минстрой России, 2016

5. СП 20.13330.2016 «Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*». – М.: Минстрой России, 2016

kapproekt.ru
8 (800) 100-67-87
info@kapproekt.ru