

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения»

Кафедра «Основания и фундаменты»

МЕХАНИКА ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Методические указания
по выполнению курсового проекта с использованием
программного обеспечения для студентов специальности
«Промышленное и гражданское строительство»

САНКТ – ПЕТЕРБУРГ

2009

Изложены общие указания по курсовому проектированию, приведены задания на проекты, даны методические указания по отдельным этапам разработки курсового проекта. Приведены примеры расчета оснований и фундаментов.

Предназначены для студентов специальности «Промышленное и гражданское строительство».

Составлено д.т.н., профессором Алексеевым С.И.

Оглавление

I. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ	3
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	4
2. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	5
2.1. Схема выполнения курсового проекта.....	6
3. ВЫБОР ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	7
3.1. Усилия на обрезах фундаментов от расчетных нагрузок в наиболее невыгодных сочетаниях.....	7
3.2. Расчетные характеристики физико-механических свойств грунтов.....	10
4. АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ОЦЕНКА СТРОИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ	27
5. ОЦЕНКА ХАРАКТЕРА НАГРУЗОК И КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗДАНИЯ.....	31
6. РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ	32
7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ОСНОВАНИИ	32
7.1. Общие положения	32
7.1.1. Предварительное назначение основных параметров и размеров фундаментов	32
7.1.2. Конструирование фундаментов и уточнение действующих нагрузок	33
7.1.3. Расчеты по предельным состояниям	33
8. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ	37
8.1. Пример 1. Расчет фундамента на естественном основании	37
8.2. Пример 1а. Определение размеров и осадки фундамента с учётом нагрузок по его обрезу с использованием программного обеспечения на сайте www.buildcalc.ru	40
8.3. Пример 2. Проверка слабого подстилающего слоя.	42
8.4. Пример 3. Определение конечной осадки фундамента.....	44
8.5. Пример 4. Расчет основания по несущей способности	46
8.6. Пример 5. Расчет фундамента под дымовую трубу.....	47
9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ.....	49
9.1. Общие положения и порядок проектирования.....	49
9.2. Выбор типа, глубины заложения ростверка и ориентировочное назначение его размеров	49
9.3. Выбор типа, длины и поперечного сечения сваи.....	49
9.4. Определение расчетной (допускаемой) нагрузки на сваю.....	50
9.5. Определение числа свай	51
9.6. Размещение свай и уточнение размеров ростверков	51
9.7. Расчеты свайных фундаментов по предельным состояниям	52
9.8. Пример 6. Расчет свайного фундамента	53
10. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ.....	57
10.1. Пример 7. Техничко-экономическое сравнение вариантов.....	59

11. УКАЗАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ РАБОТ	61
12. ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА	61
ПРИЛОЖЕНИЕ	62
Альбом дополнительных графических материалов для выполнения курсового проекта по проектированию фундаментов сооружения	62
Типовые конструкции, применяемые в фундаментостроении (фундаменты, фундаментные балки, сваи).....	62
Фундаменты на естественном основании. Подвалы.....	65
Свайные фундаменты под стены	70
Свайные фундаменты под колонны. Размещение свай в плане.	73
Специальные фундаменты	74
Осадочные швы	75
Примыкание фундаментов	76
Содержание чертежей курсового проекта	77

I. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

1. Учебным планом специальности «Промышленное и гражданское строительство» для строительных вузов предусмотрено выполнение студентами курсового проекта по дисциплине «Механика грунтов, Основания и фундаменты».

2. Курсовой проект – это самостоятельная расчётно – графическая работа студента, цели которой:

- закрепить теоретические знания;
- выработать практические навыки проектирования оснований и фундаментов, включая обоснование проектных решений, расчеты, технико – экономические сопоставления, составление пояснительных записок и разработку чертежей;
- выработать умение пользоваться справочной литературой, СНиПами, ГОСТами, типовыми проектами и пр.

3. Выполнение курсовой работы (проекта) базируется на уже имеющихся теоретических знаниях студентов. Поэтому до начала работы над заданием необходимо повторить соответствующий материал по учебнику и конспекту лекций (www.buildcalc.ru).

4. Некоторые указания по работе даются преподавателями на практических занятиях; иногда в оставшееся время студенты работают над заданием в аудитории. Поэтому на каждое практическое занятие или консультацию студент должен приносить необходимые материалы: задание, учебник, конспект лекций, пособия, СНиПы, методические указания.

5. Для помощи студентам в выполнении курсового проекта кафедрой составлены учебно – методические материалы: данные указания – для выполнения расчетов и составления пояснительной записки, а также альбом чертежей (см. приложение).

6. Законченные этапы проекта в виде оформленных частей пояснительной записки, необходимо систематически, особенно на первом этапе, показывать преподавателю, даже если нет вопросов. Это необходимо для проверки содержания и для текущего контроля успеваемости. На консультации следует приходить подготовленными, а не ожидать от преподавателя готовых решений и подсказок.

Полностью готовая пояснительная записка представляется преподавателю для проверки. Чертеж выполняется после этой проверки.

7. Заключительным этапом является защита курсового проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Далматов Б.И и др. Механика грунтов. Часть 1. Основы геотехники. 2002.
2. Далматов Б.И и др. Основания и фундаменты. Часть 2. Основы геотехники. 2002.
3. Далматов Б.И.и др. Проектирование фундаментов зданий и промышленных сооружений: Учебное пособие Далматов Б.И., Морарескул Н.Н., Науменко В.Г.. – М.: Высшая школа, 1985.
4. Морарескул Н.Н., Клемяционок П.Л. Проектирование фундаментов транспортных сооружений с учетом их взаимодействия с основанием и надфундаментной конструкцией: Учебное пособие. – СПб: ЛИИТ, 1992.
5. Веселов В.А. Проектирование оснований и фундаментов: Учебное пособие. – М. Стойиздат, 1990.
6. СНиП 2.02.01.-83*. Основания зданий и сооружений. - М.: Стойиздат, 1985.
7. СНиП 2.02.03.-85 Свайные фундаменты. - М.: Стойиздат, 1986.
8. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений НИИОСП. - М.: Стойиздат, 1986.
9. Руководство по проектированию свайных фундаментов НИИОСП. - М.: Стойиздат, 1986.
10. Фундаменты зданий: Альбом чертежей. – Л.: ЛИИЖТ, 1983.
11. Кириллов А.Ф. Чертежи строительные. М.: Стойиздат, 1985.
12. Конспект лекций на сайте: www.buildcalc.ru.
13. Алексеев С.И. Программное обеспечение курса «Механика грунтов, основания и фундаменты» (Учебное пособие). Санкт-Петербург, ПГУПС, 2003, www.buildcalc.ru.
14. Алексеев С.И. Осадки фундаментов при реконструкции зданий. (Учебное пособие). Санкт-Петербург, ПГУПС, 2009, www.buildcalc.ru

2. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Курсовое проектирование включает следующие этапы:

1. Оценка инженерно – геологических условий и свойств грунтов с определением расчетного сопротивления грунтов основания.
2. Оценка характера нагрузок и конструктивных особенностей здания, сооружения.
3. Разработка вариантов для наиболее нагруженного и чаще встречаемого фундамента. При разработке:
 - а) предложить и обосновать не менее трёх вариантов устройства оснований и фундаментов;
 - б) рассчитать один наиболее нагруженный и типичный фундамент здания в двух вариантах (фундамент на естественном основании и свайный фундамент). На данной стадии проектирования допускается проводить расчёты лишь на вертикальные нагрузки (см. рис. 2.1.);
 - в) сравнить эти два варианта по стоимости и выбрать основной вариант.
4. Расчет по выбранному варианту фундаментов, помеченных номерами на плане здания. На данной стадии проектирования расчёты фундаментов производятся на все виды действующих нагрузок (см. рис. 2.1.).
5. Расчет относительных осадок (не менее двух, рядом расположенных фундаментов) и сравнение их с предельными величинами осадок по СНиП.
6. Разработка гидроизоляции.
7. Краткие указания по производству работ и рекомендуемые меры по сохранению грунта в основании. Выполнение пояснительной записки и чертежа фундаментов здания.

Последовательность этапов выполнения курсового проекта представлена на рис. 2.1 в параграфе 2.1.

2.1. Схема выполнения курсового проекта

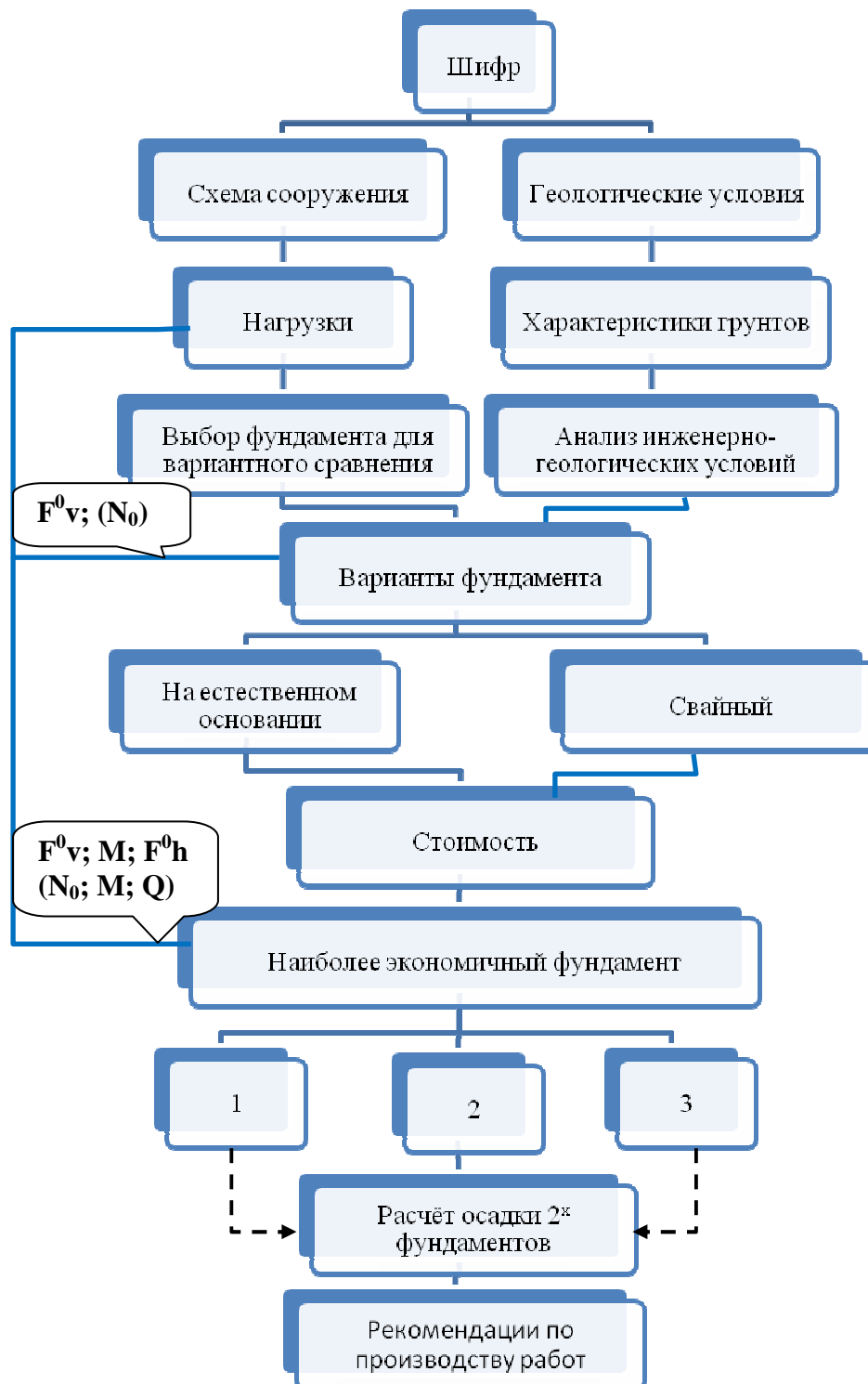


Рис. 2.1. Схема последовательности этапов выполнения курсового проекта

3. ВЫБОР ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Шифр задания состоит из двух цифр (для студентов заочников – это последние цифры по зачётной книжке).

По первой цифре шифра принимается схема сооружения (рис. 1 – 10); вариант размеров и нагрузок выбираются из таблицы № 1 (четный вариант – если последняя цифра шифра чётная, нечетный вариант – если последняя цифра шифра нечётная).

Вторая цифра шифра соответствует номеру геологических условий (рис. 11 – 15). На представленных геологических разрезах (рис. 11 – 15) цифрами обозначены номера грунтов, характеристики которых выбираются их таблицы № 2. Цифры на геологических разрезах без скобочек соответствуют нечётному варианту. Цифры в скобочках – соответствуют чётному варианту.

Исходные данные могут быть изменены только преподавателем.

3.1. Усилия на обрезах фундаментов от расчетных нагрузок в наиболее невыгодных сочетаниях (см. примечания в конце таблицы).

Таблица 1

Номер схемы и наименован. сооружения	Вариант	№ фундамента	1 ^е сочетание			2 ^е сочетание		
			F_{VII}^0 , кН	M_{II}^0 , кНм	F_{hII}^0 , кН	F_{VII}^0 , кН	M_{II}^0 , кНм	F_{hII}^0 , кН
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Схема 1. Химический корпус	Четный, $l = 6$ м	1	150	- 3	-	188	- 9	-
		2	2800	3,8	-	3200	5,2	- 10
		3	3100	-	-	3020	-	-
		4	1600	- 22	-	1760	- 46	-
		5	1050	- 14	-	1400	- 22	-
	Нечетный, $l = 9$ м; подвал в осях А-Б	1	170	- 2	-	210	- 26	-
		2	3100	56	-	3280	69	- 12
		3	3020	-	-	3050	-	-
		4	1920	- 64	-	2360	- 42	-
		5	1220	- 18	-	1280	- 15	-
Схема 2. Фабричный корпус	Четный, $l = 9$ м;	1	1400	- 24	- 20	1680	- 16	12
		2	2270	92	30	2530	114	13
		3	1820	102	35	2100	122	10
		4	620	51	-	630	55	-
	Нечетный, $l = 12$ м; подвал в	1	1800	- 70	- 40	2060	- 21	14
		2	2800	50	32	2356	118	12
		3	1400	30	60	1286	128	15

	осях А-Б	4	650	15	-	680	26	-
Схема 3. Ремонтный цех	Четный	1	1090	42	-	1260	- 52	-
		2	375	-	-	469	-	-
		3	2040	84	-	2160	102	-
		4	2500	- 122	- 10	2740	- 280	- 14
		5	1060	- 20	- 12	1156	- 24	- 17
	Нечетный, подвал в осях А - Б	1	980	- 22	-	1200	- 64	-
		2	260	-	-	372	-	-
		3	2320	12	-	2270	145	-
		4	2200	130	- 21	2540	- 134	- 20
		5	813	24	- 18	913	- 26	- 14
Схема 4. Котельная	Четный $l_1 = 3 \text{ м}$ $l_2 = 2l_1$ $H = 50 \text{ м}$	1	580	- 29	- 8	690	-	-
		2	590	30	10	710	-	-
		3	840	-	-	900	-	-
		4	1260	-	-	131	-	-
		5	400	- 18	-	480	- 22	- 10
		6	4300	280	26	4300	280	26
	Нечетный, $l_1 = 4 \text{ м}$ $l_2 = 2l_1$ $H = 70 \text{ м}$	1	520	- 26	- 10	610	- 30	- 36
		2	500	24	-	590	29	24
		3	720	-	-	860	-	-
		4	1210	-	-	121	-	-
		5	360	- 14	-	430	- 15	- 29
		6	6350	540	42	6350	540	52
Схема 5. Вокзал	Четный, $l = 12 \text{ м};$	1	470	-	-	490	-	-
		2	280	-	-	204	-	-
		3	150	-	-	161	-	-
		4	105	6	-	128	10	-
		5	780	-	-	792	-	-
		6	290	10	-	280	12	-
	Нечетный, $l = 18 \text{ м};$ подвал в осях 3 - 6	1	521	-	-	526	-	-
		2	185	-	-	192	-	-
		3	138	-	-	144	-	-
		4	180	10	-	184	9	-
		5	786	-	-	690	-	-
		6	212	12	-	224	10	-
Схема 6. Жилой дом	Четный, 7 этажей	1	542	20	-	550	25	-
		2	554	-	-	565	-	-
		3	538	15	-	538	20	-
		4	326	-	-	332	-	-

		5	300	-	-	336	-	-
		6	470	-	-	432	-	-
	Нечетный, 10 этажей	1	748	25	-	657	20	-
		2	620	-	-	674	-	-
		3	500	15	-	548	21	-
		4	306	-	-	370	-	-
		5	380	-	-	400	-	-
		6	540	-	-	440	-	-
Схема 7. Механически й цех	Четный $l_1 = 24$ м $l_2 = 12$ м	1	1100	- 32	- 21	1340	23	17
		2	1380	37	17	1430	- 26	- 19
		3	360	10	12	550	-	-
		4	560	22	-	560	12	10
	Нечетный, $l_1 = 18$ м $l_2 = 9$ м	1	900	- 26	- 10	109	18	10
		2	1160	31	10	120	- 20	- 8
		3	380	12	8	360	-	-
		4	470	18	- 12	47	25	15
Схема 8. Сварочный цех	Четный $l = 21$ м	1	920	27	- 10	1090	32	25
		2	1040	30	8	1270	- 12	- 16
		3	600	-	-	780	-	-
		4	240	-	-	280	-	-
		5	760	36	7	721	15	15
	Нечетный, $l = 18$ м	1	710	- 14	12	830	26	14
		2	800	28	-	960	- 10	- 2
		3	520	-	-	663	-	-
		4	250	-	-	263	-	-
		5	740	- 16	- 16	745	14	14
		4	510	-	-	580	-	-
		5	210	-	-	212	-	-
6	1100	58	-	1100	- 40	-		
Схема 9. Силосный корпус	Четный $l_1 = 12$ м $l = 6$ м	1	6600	180	-	6400	182	-
		2	248	-	-	216	-	-
		3	415	-	-	413	-	-
		4	160	-	-	154	-	-
	Нечетный, $l_1 = 10$ м $l = 5$ м	1	5200	168	-	5720	15	-
		2	125	-	-	140	-	-
		3	410	-	-	410	-	-
		4	138	-	-	145	-	-
Схема 10. Монтажный цех	Четный $l = 15$ м	1	2420	-52	- 30	2186	67	53
		2	720	-	-	630	-	-
		3	2670	63	25	2590	- 56	- 38

		4	510	-	-	580	-	-
		5	210	-	-	212	-	-
		6	1100	58	-	1100	- 40	-
	Нечетный, l = 12 м	1	2280	- 40	- 20	2164	48	42
		2	700	-	-	65	-	-
		3	2400	44	15	2280	- 42	- 3
		4	400	-	-	440	-	-
		5	180	-	-	110	-	-
		6	900	24	-	900	- 30	-

Примечания: 1. В таблице даны расчетные усилия для расчета по деформациям. Расчетные усилия для расчета по несущей способности и прочности определяются путем умножения заданных усилий на усредненный коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f=1,2$.

2. Знаки усилий: положительное направление поперечной силы – слева направо, момента – по часовой стрелке (см. рис. 20 и 22) при этом положение фундамента – по разрезу на схеме здания.

3.2. Расчетные характеристики физико-механических свойств грунтов

(номера грунтов нанесены на геологических разрезах)

Таблица 2

Номер грунта	Наименование грунта	Для расчета по деформациям			Удельный вес частиц грунта γ_s , кН/м ³	Влажность ω_L	Модуль деформации E , МПа	Влажность на границе текучести	Влажность на границе раскатывания ω_p	Коэффициент Пористости e	Показатель текучести J_L	Степень влажности S_r
		Удельный вес γ_d , кН/м ³	Угол внутреннего трения ϕ_d , град	Сцепление C_d								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Глина	18,2	20	30	26,9	0,39	7,5	0,50	0,28	1,05	0,55	1,00
2	-	18,2	20	18	27,1	0,40	3,5	0,46	0,31	1,08	0,50	1,00
3	-	18,1	22	14	26,9	0,39	7,4	0,46	0,20	1,06	0,60	0,99
4	Суглинок	21,5	26	40	26,5	0,15	18	0,24	0,11	0,42	0,31	0,95
5	-	19,0	26	28	26,6	0,31	12	0,41	0,27	0,83	0,29	0,99
6	-	18,2	22	20	26,7	0,31	9	0,39	0,26	0,87	0,38	0,69
7	-	18,5	22	18	26,8	0,31	10	0,36	0,24	0,90	0,51	0,92
8	-	18,0	20	18	26,8	0,32	8	0,37	0,23	0,97	0,55	0,88

9	-	17,8	20	15	26,9	0,41	7	0,45	0,27	1,13	0,60	0,78
10	Супесь	20,5	22	10	26,6	0,18	18	0,21	0,15	0,53	0,50	0,90
11	-	19,2	24	8	26,5	0,30	14	0,33	0,31	0,69	0,55	1,00
12	-	18,3	26	5	26,4	0,35	8	0,37	-	0,86	0,60	0,97
13	Песок средней крупности	19,2	36	-	26,5	0,18	31	-	-	0,63	-	0,76
14		20,1	40	-	26,4	0,22	41	-	-	0,61	-	0,95
15	Песок пылеватый	19,0	34	-	26,5	0,25	17	-	-	0,70	-	0,97
16		19,0	30	-	26,8	0,26	11	-	-	0,76	-	1,00
17	Глина	20,0	22	50	27,2	0,29	21	0,58	0,30	0,81	0,10	0,98
18	-	19,5	20	40	27,1	0,30	18	0,56	0,28	0,82	0,11	0,99

Примечание. Для расчетов по несущей способности (по первой группе предельных состояний) некоторые показатели свойств нужно вычислить по формулам:

$$\gamma_I = \gamma_{II} / 1,1; \quad \varphi_I = \varphi_{II} / 1,1; \quad C_I = C_{II} / 1,5$$

Химический корпус

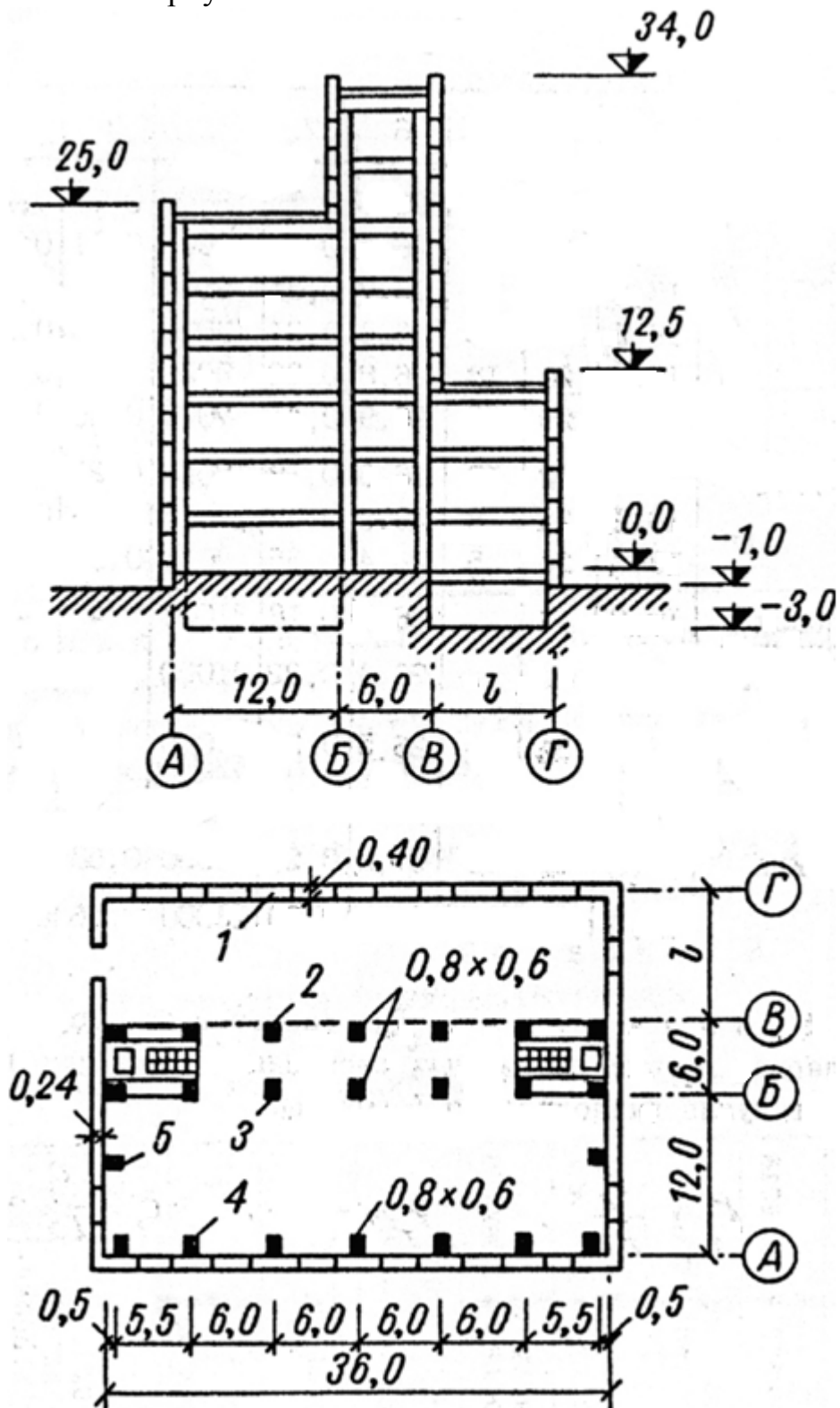


Рис. 1

Фабричный корпус

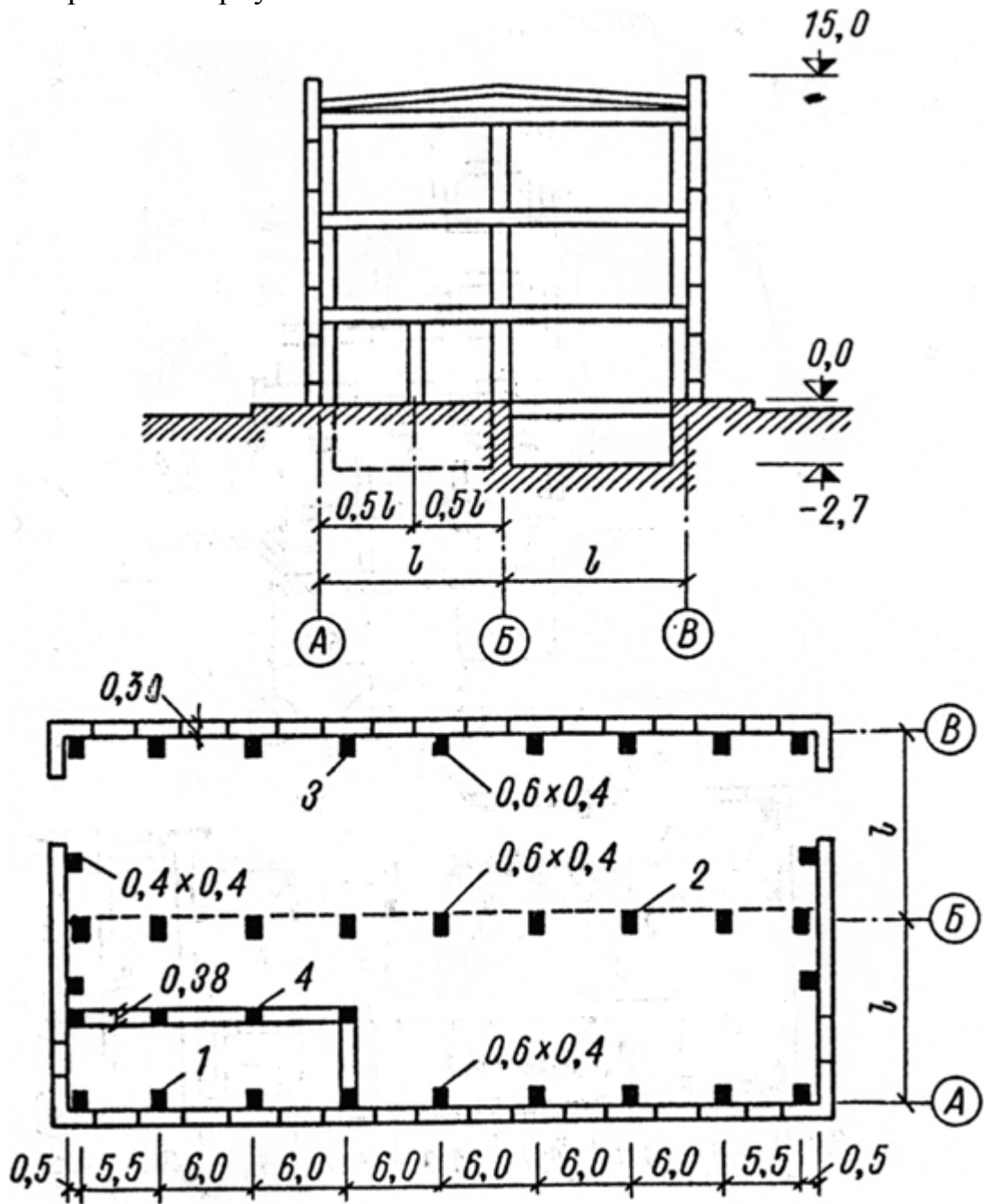


Рис. 2

Ремонтный цех

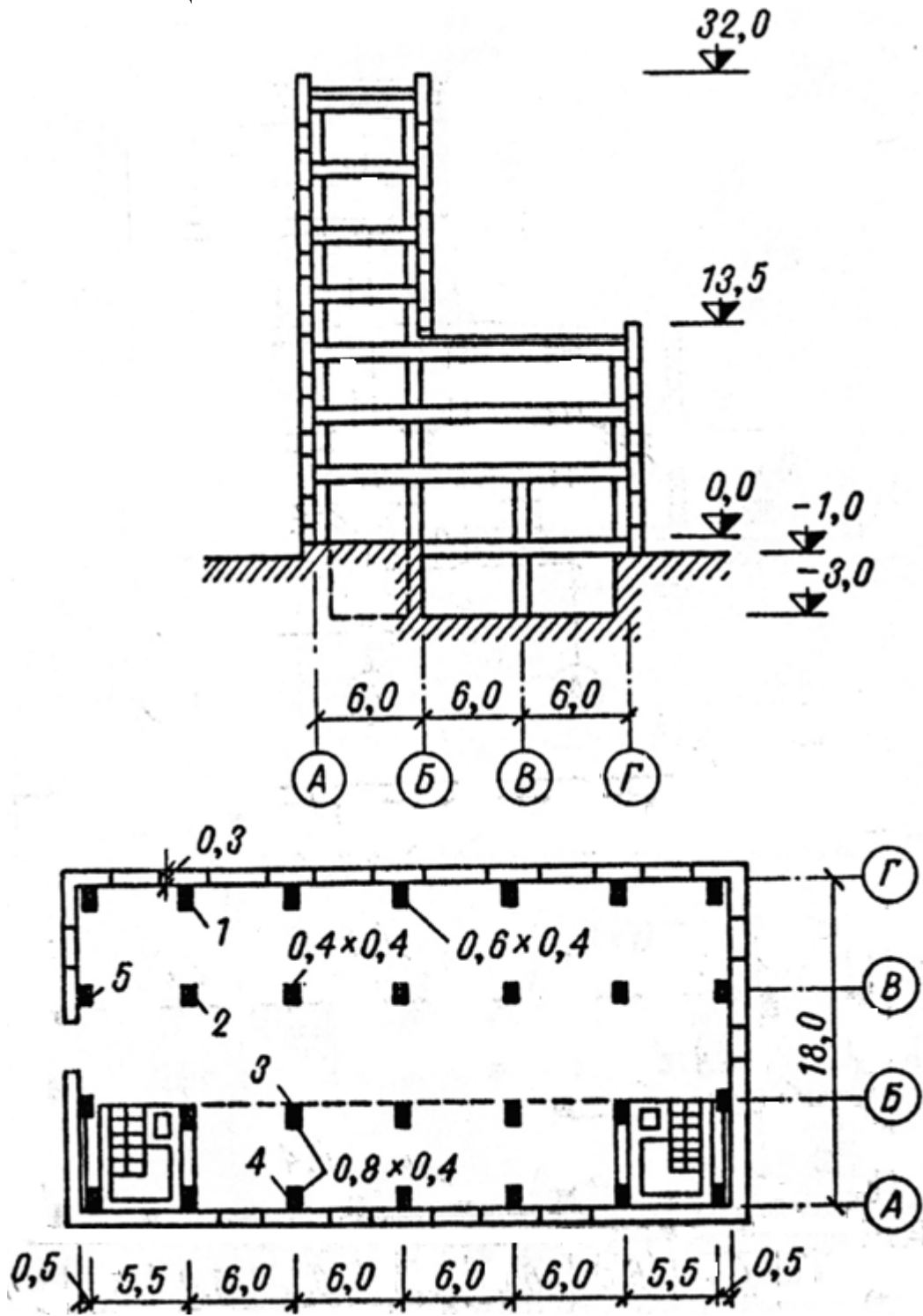


Рис. 3

Котельная

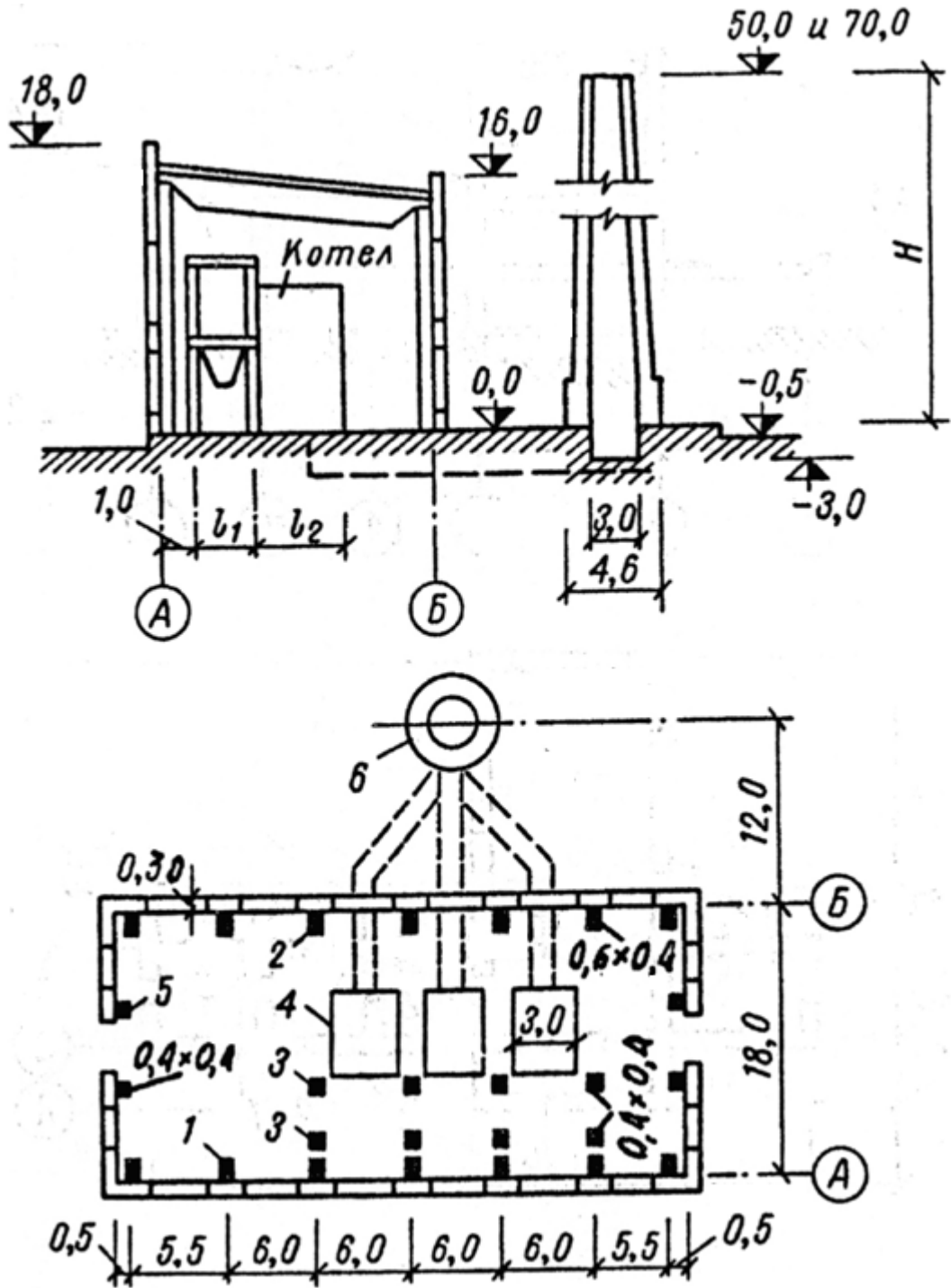


Рис. 4

Вокзал

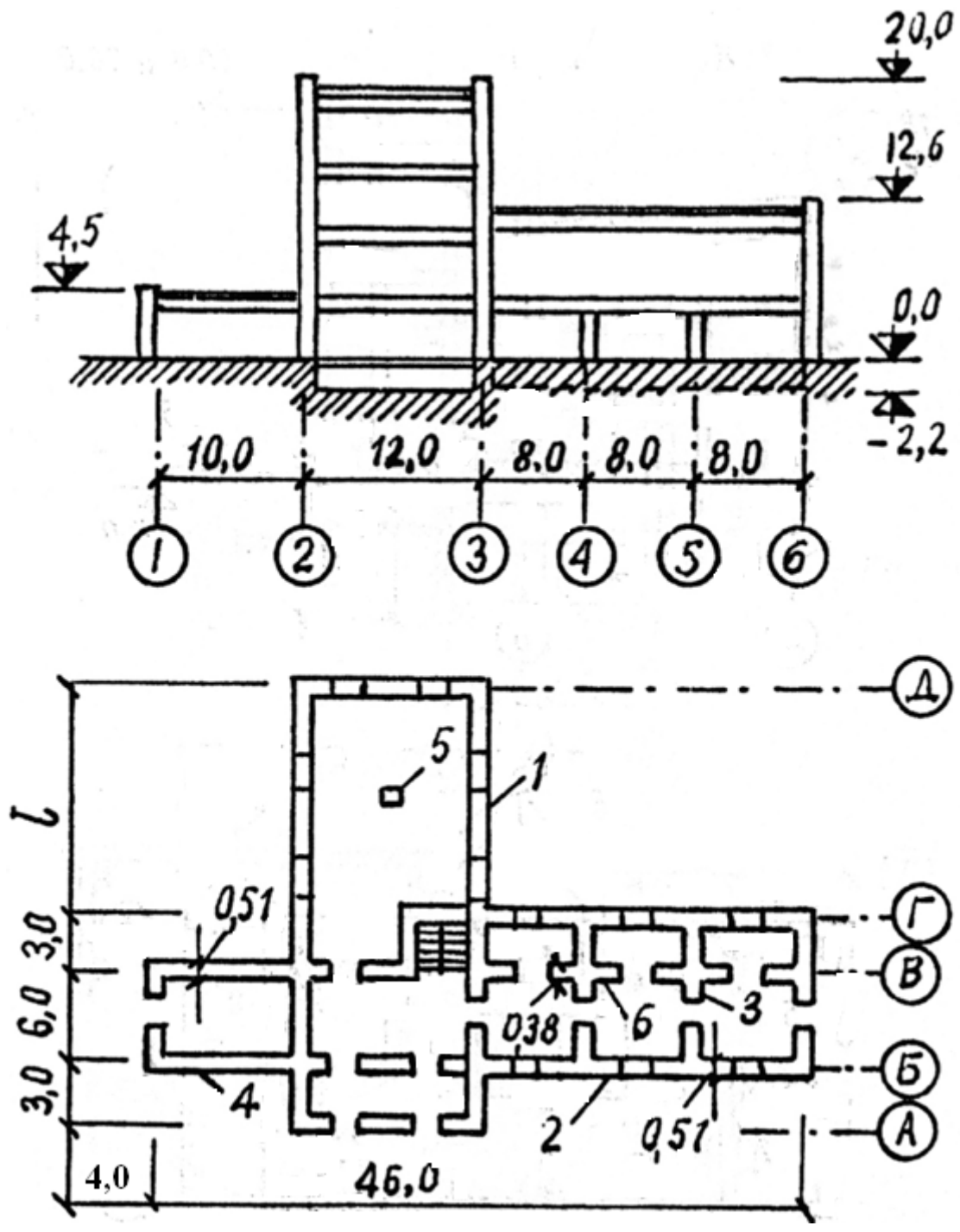


Рис. 5

Жилой дом

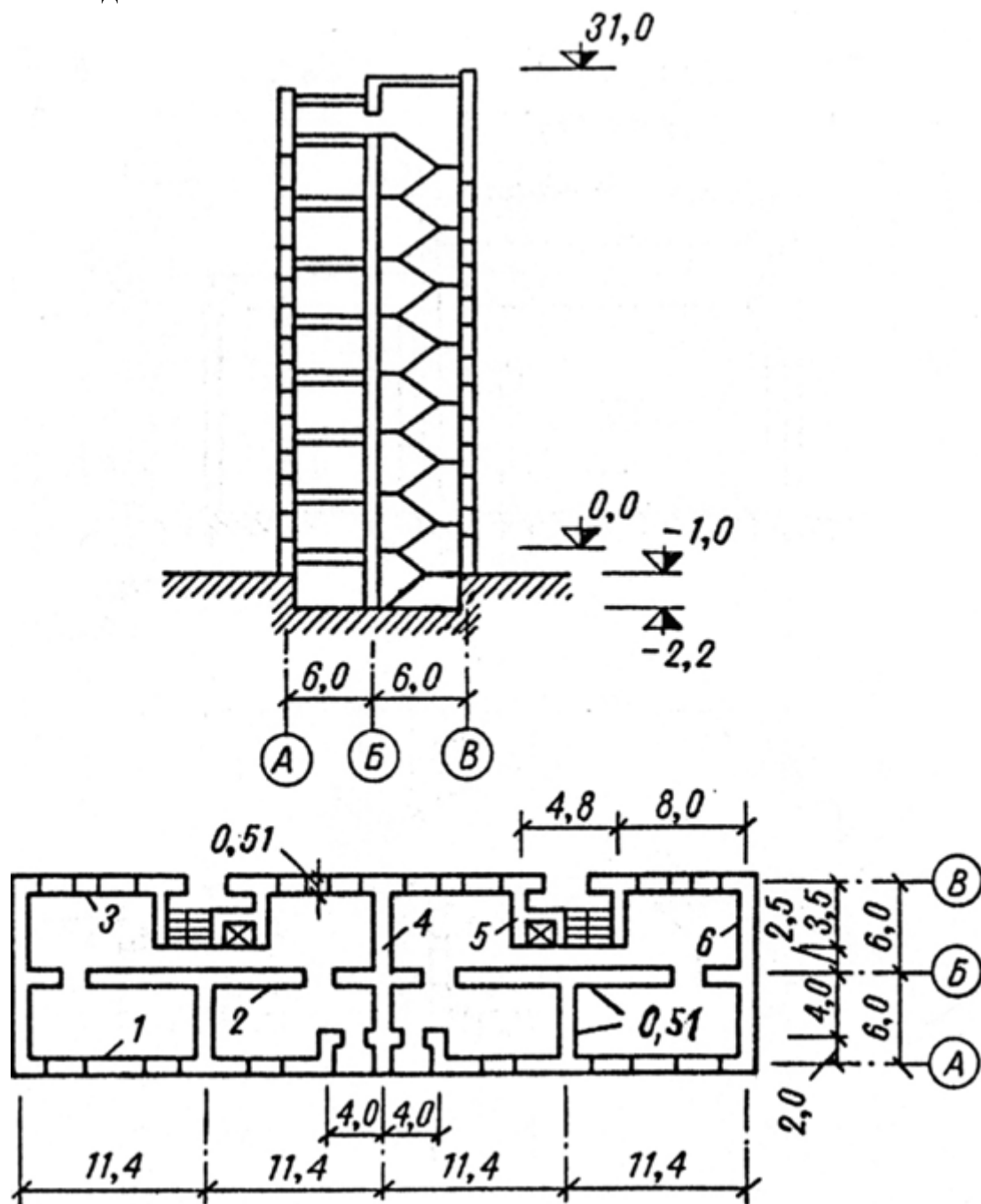


Рис. 6

Механический цех

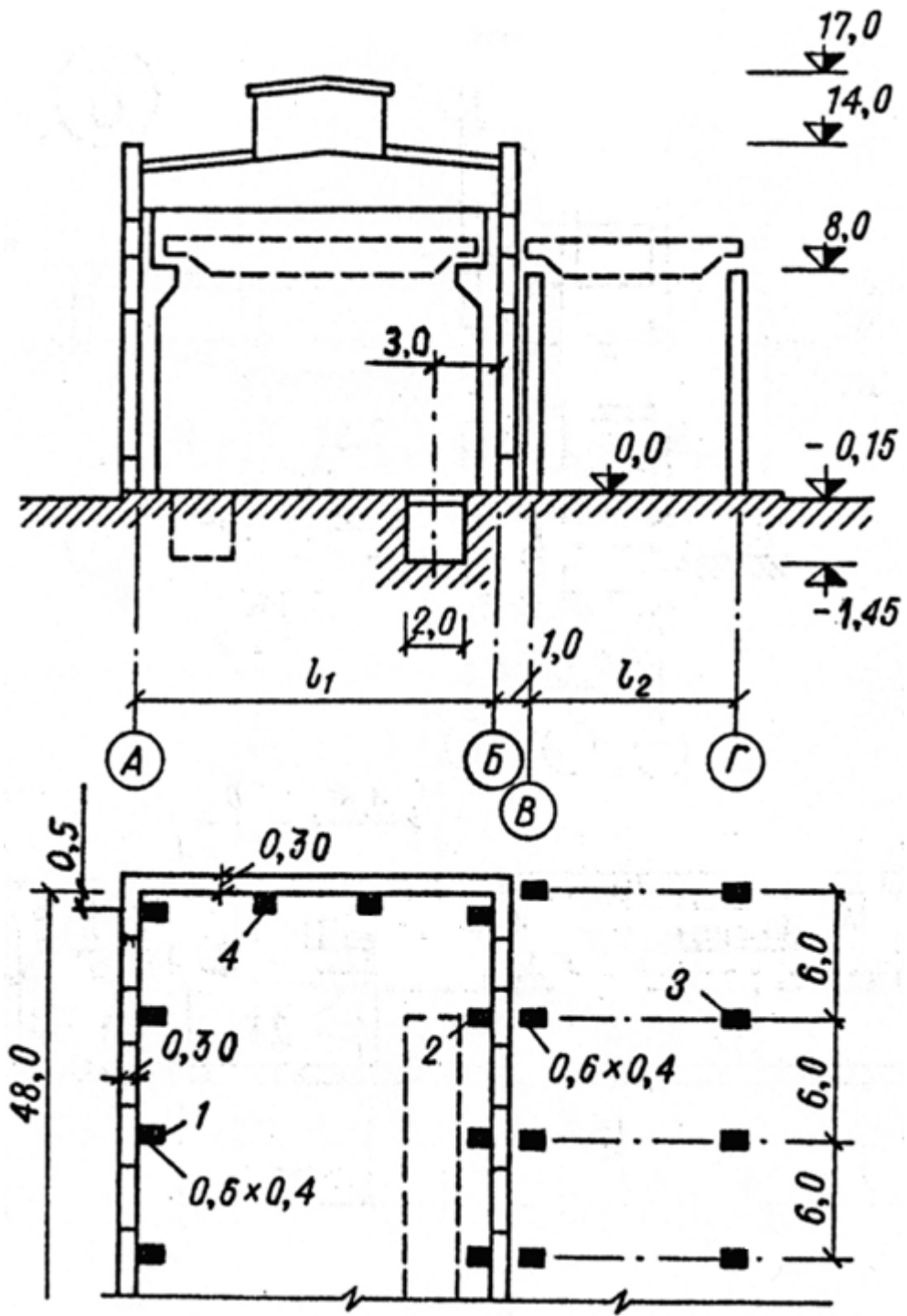


Рис. 7

Сварочный цех

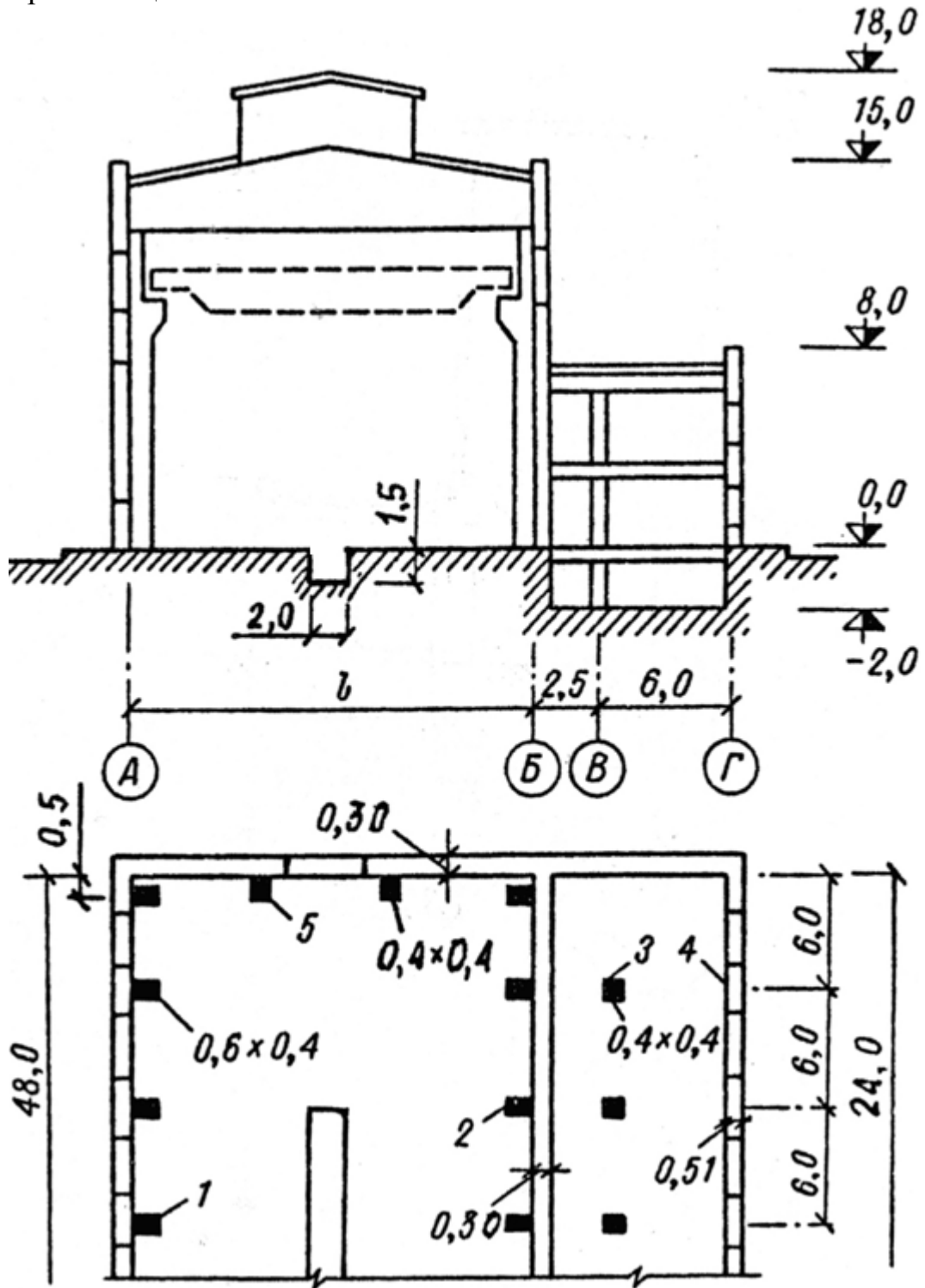


Рис. 8

Силосный корпус

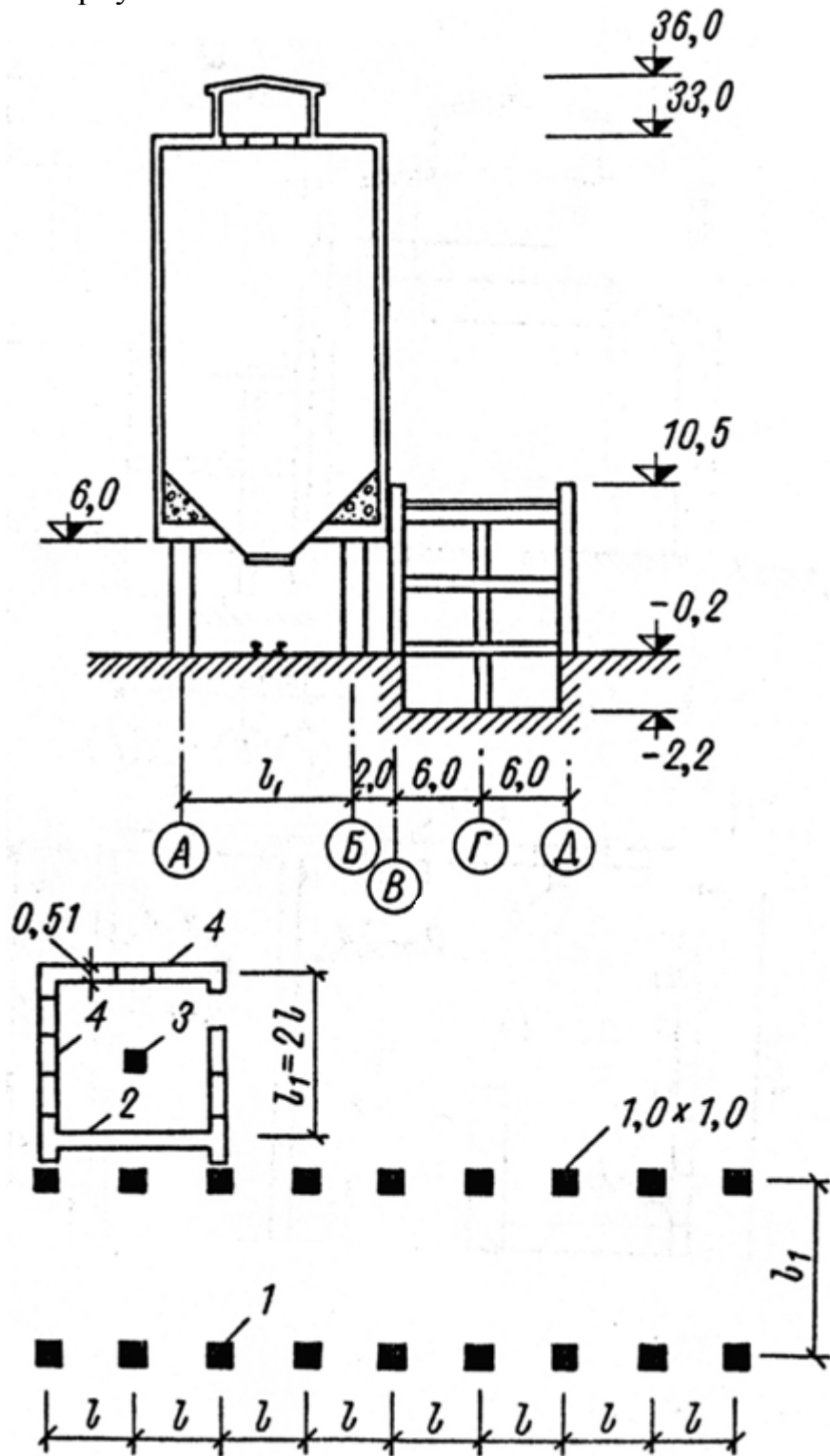


Рис. 9

Монтажный цех

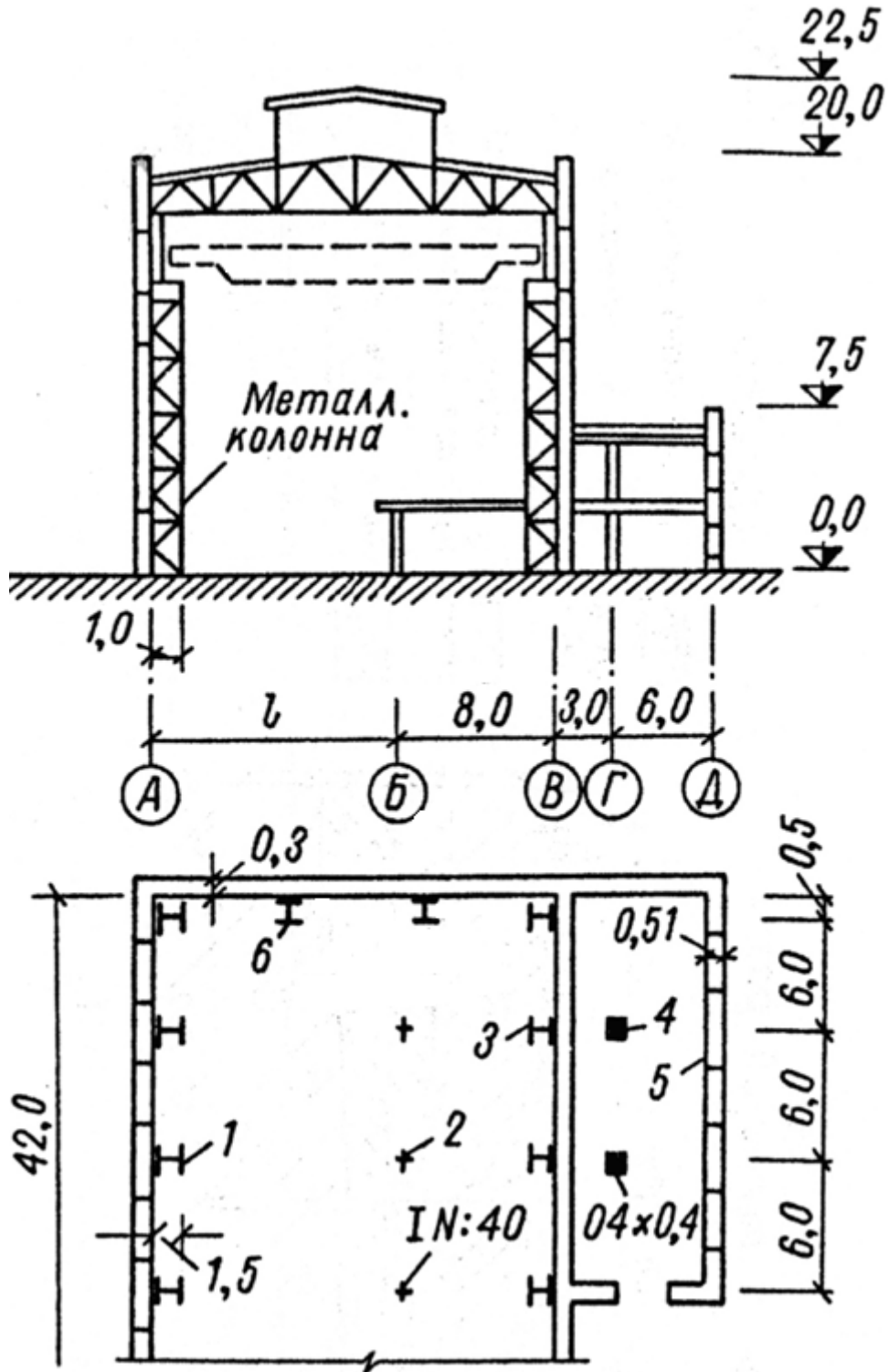


Рис. 10

Геолого-литологический разрез

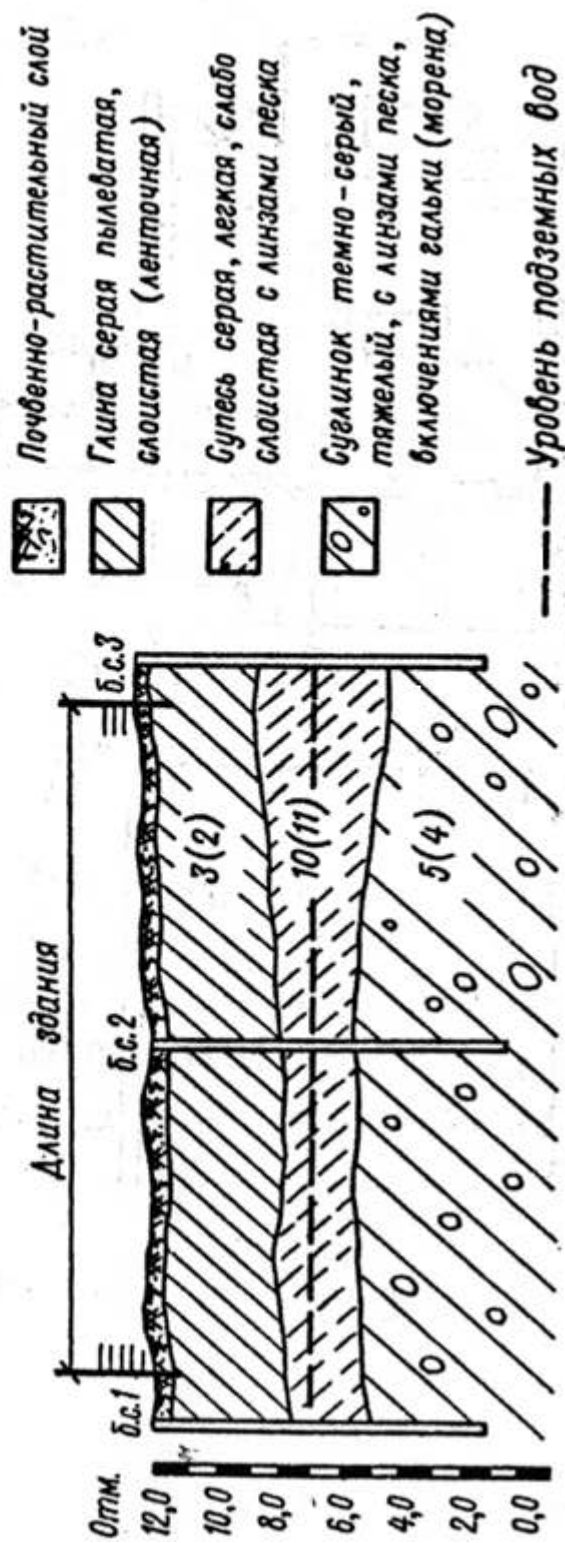


Рис. 11

Геолого-литологический разрез

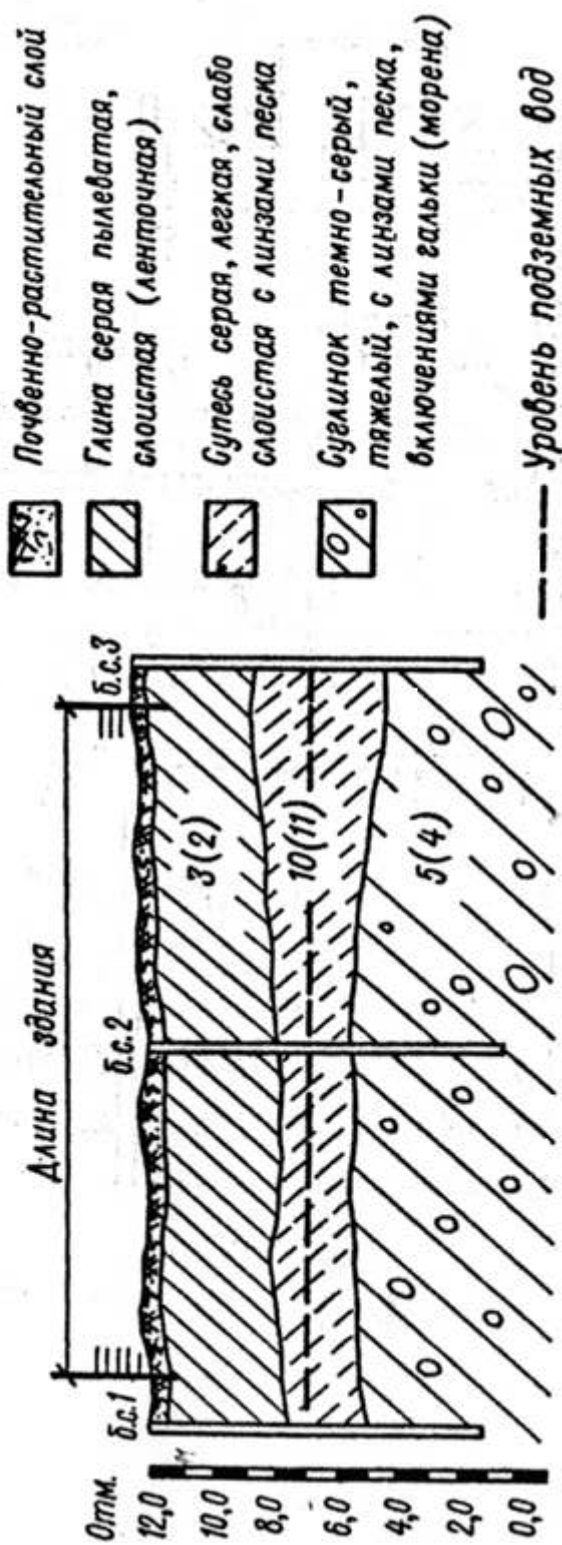


Рис. 12

Геолого-литологический разрез

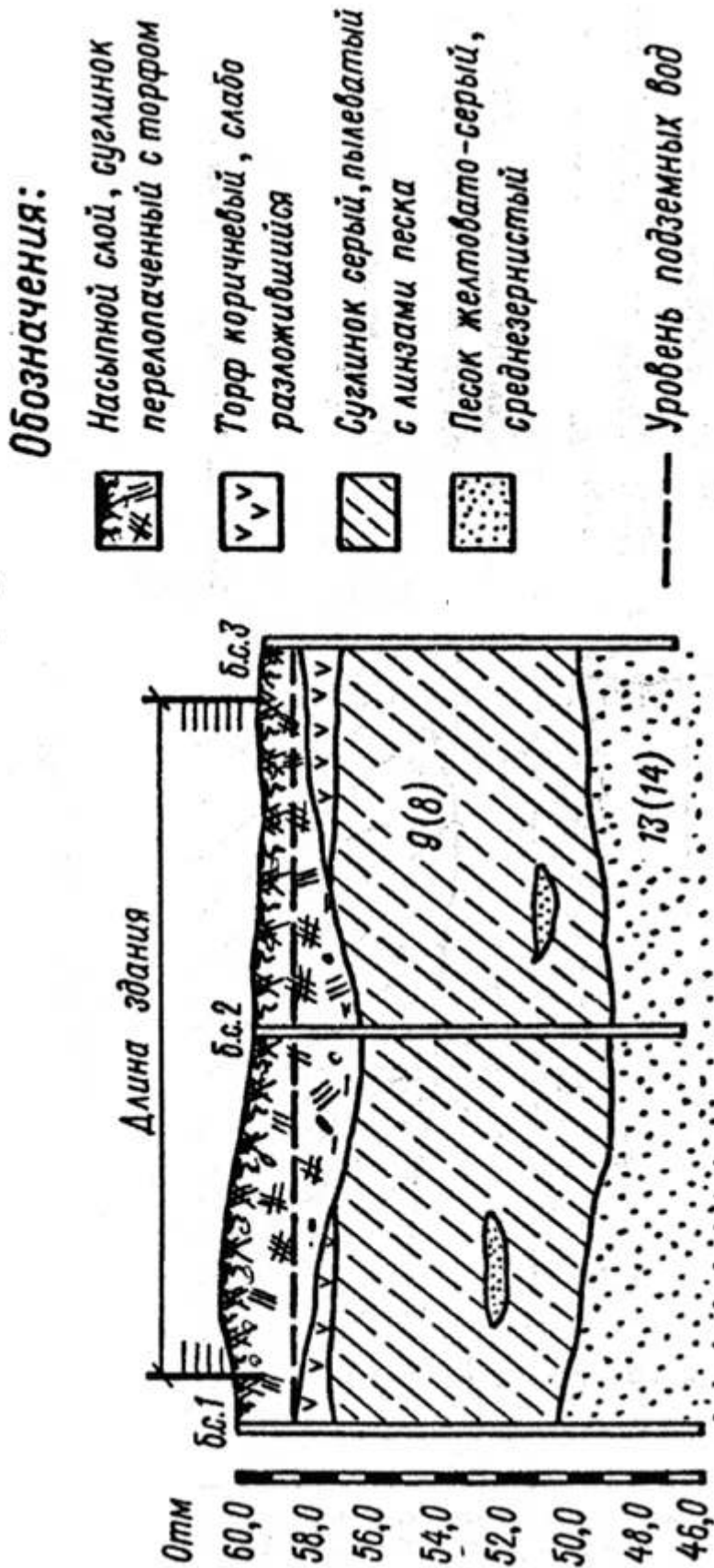


Рис. 13

Геолого-литологический разрез

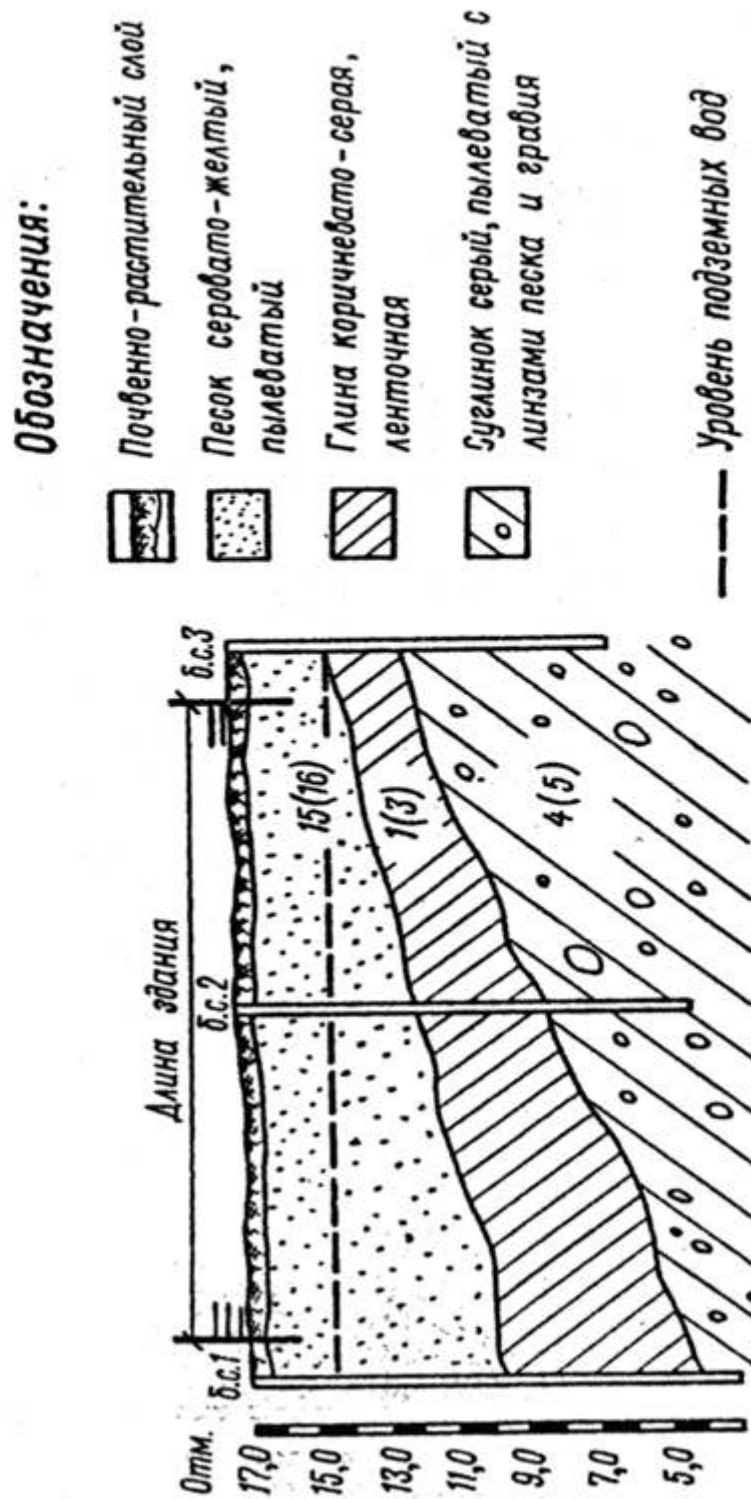






Рис. 14

Геолого-литологический разрез

Обозначения:

-  *Насыпной слой - суресь со строительным мусором*
-  *Суглинок серый, пылеватый с линзами песка*
-  *Глина коричневая, плотная*
-  *Уровень подземных вод*

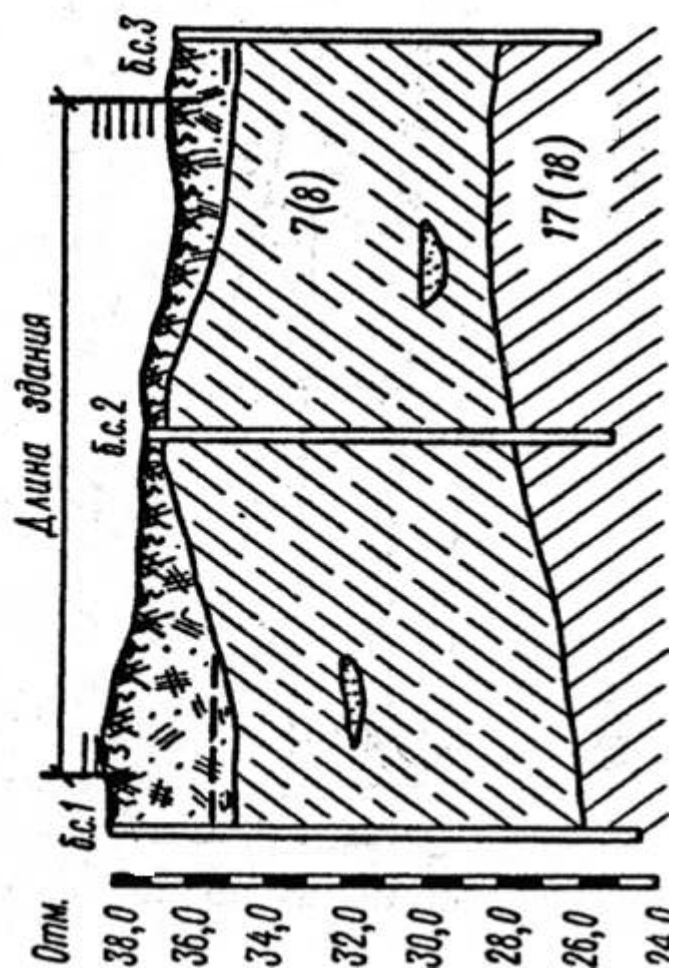


Рис. 15

4. АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ОЦЕНКА СТРОИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

Цель проводимого анализа – установление закономерностей изменения сжимаемости и прочности грунтов по глубине, выбор несущих слоев грунта.

Сжимаемость оценивается по величине модуля деформации (E_0). В зависимости от нагрузок действующих на фундаменты, при $E_0 = 5 \dots 10$ мПа – грунты следует относить к сильносжимаемым, при $E_0 = 15 \dots 20$ мПа – к малосжимаемым. При промежуточных значениях E_0 основания имеют среднюю сжимаемость.

Общее представление о качестве грунта как основания дает его полное наименование по номенклатуре ГОСТ 25100-82. Для его установления используются значения коэффициента пористости (e), показателя текучести (J_L) и степени влажности (S_r) (см. табл. 2).

Для песков следует уточнить название грунта по плотности (табл. 3), а также по степени влажности ($S_r \leq 0,5$ – песок маловлажный, $0,5 < S_r \leq 0,8$ – водонасыщенный).

Классификация песков по плотности

Таблица 3

Вид песка:	Плотность сложения		
	Плотный	Средней плотности	рыхлый
• Гравелистый, крупный и средней крупности	$e < 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,70$	$e > 0,70$
• Мелкий	$e < 0,55$	$0,60 \leq e \leq 0,75$	$e > 0,75$
• Пылеватый	$e < 0,55$	$0,60 \leq e \leq 0,80$	$e > 0,80$

Для глинистых грунтов (суглинков, глин) их название уточняется по консистенции (показателю текучести J_L):

- твердые при $J_L < 0$,
- полутвердые при $0 \leq J_L \leq 0,25$,
- тугопластичные при $0,25 < J_L \leq 0,50$,
- мягкопластичные при $0,50 < J_L \leq 0,75$,
- текучепластичные при $0,75 < J_L \leq 1$
- текучие при $J_L > 1$.

Для супесей во всем интервале $0 \leq J_L \leq 1$ присваивается единое название супесь пластичная.

При строительной оценке следует учитывать, что рыхлые пески и глинистые грунты при $J_L > 0,80$ относятся к слабым основаниям.

В конце данного раздела следует определить расчетные сопротивления (R_0) всех слоев геологического разреза и поострить их эпюру. Величины условного расчетного давления R_0 по СНиП 2.02.01-83* приведены в таблице 4 и таблице 5.

Величины условного расчётного давления R_0 для песчаных грунтов

Таблица 4

Характеристика песка	R_0 песка кПа	
	плотного	средней плотности
Гравелистый и крупный независимо от влажности	600	500
Средней крупности:	маловлажный	500
	влажный или водонасыщенный	400
Мелкий:	маловлажный	500
	влажный или водонасыщенный	400
Пылеватый:	маловлажный	400
	влажный	300
	водонасыщенный	300
Пылеватый:	маловлажный	300
	влажный	200
	водонасыщенный	150

Величины условного расчётного давления R_0 для пылевато - глинистых грунтов

Таблица 5

Пылевато - глинистые грунты	Коэффициент пористости e	R_0 , кПа, при значении J_L	
		0	1
Супеси	0,5	300	300
	0,7	250	200
Суглинки	0,5	300	250
	0,7	250	180
	1,0	200	100
Глины	0,5	600	400
	0,6	500	300
	0,8	300	200
	1,1	250	100

Пример: Площадка строительства электровозного депо находится в г. Петрозаводске. При согласном залегании слоев порядок напластования указан в буровой колонке (рис. 16). Исходные характеристики грунтов приведены в табл. 6.



Рис. 16. Буровая колонка со схемой геологического напластования грунтов и с построенной эпюрой условного расчётного сопротивления основания (R_0) по каждому слою грунта (см. ниже).

Характеристики грунтов для площадки строительства электровозного депо

Таблица 6

Название грунта	γ_s , кН/м ³	γ , кН/м ³	ω	ω_p	ω_L	E_0 , МПа	φ°_{II}	C_{II} , кПа	e	J_L	S_r
Насыпной	-	16,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Песок мелкий	26,4	19,4	0,25	-	-	23	30	1	0,70	-	0,96
Суглинок	26,8	19,8	0,22	0,19	0,27	19	23	28	0,65	0,38	0,93
Глина	27,6	19,8	0,23	0,20	0,41	22	19	52	0,72	0,14	0,90

Анализируя инженерно-геологические условия площадки строительства, с расчётными характеристиками, представленными изыскателями, можно сделать следующие выводы:

1. Насыпной грунт имеет малую мощность, низкие расчётные характеристики (часто не определяемые изыскателями) и не может служить основанием.
2. Грунт 2-го слоя: мелкий песок, мощность 2,3 м. По табл. 3 и приведенным выше классификациям по (e , S_r и E_0) уточняем полное наименование грунта: песок мелкий, средней плотности, водонасыщенный, малосжимаемый. По табл. 4 определяем условное расчетное (давление) сопротивление: $R_0 = 200$ кПа.
3. Третий слой – суглинок. Мощность слоя 3,9 м, $e = 0,65$, $J_L = 0,38$, суглинок тугопластичной консистенции, средней сжимаемости ($E_0 = 19$ МПа, фундаменты тяжело нагруженные), условное расчетное (давление) сопротивление: по табл. 5 $R_0 = 275$ кПа (по интерполяции).

4. Четвёртый слой – глина, $e = 0,72$, $J_L = 0,14$. Глина полутвердой консистенции, малосжимаемая, условное расчетное (давление) сопротивление: по табл. 5 $R_0 = 360$ кПа.

Таким образом, все грунты, залегающие ниже насыпного слоя, обладают небольшой сжимаемостью и значительной прочностью, причем последняя нарастает с глубиной (эюра R_0 , рис.16). В качестве несущего слоя для фундаментов на естественном основании могут служить мелкий песок или суглинок; для свайных фундаментов – полутвердая глина. Песок является водоносным слоем (У.Г.В. на глубине 2,4 м), поэтому опирание подошвы фундаментов на суглинок потребует работ по водоотливу.

Анализ инженерно-геологических условий площадки строительства может быть выполнен не только с помощью таблиц и ручной интерполяции по вычислению R_0 , но и с помощью программного обеспечения, с использованием программы «GRUNT»: «Использование программного обеспечения в курсе механики грунтов, оснований и фундаментов», разработанной на кафедре «Основания и фундаменты» (см. сайт www.buildcalc.ru) [13].

Результаты такого программного расчёта в качестве примера в соответствии с рассматриваемыми исходными данными (см. выше), представлены в таблице 7. Не трудно заметить, что такое программное решение позволяет автоматически вычислить величины расчётного сопротивления R_0 каждого из рассматриваемых слоёв грунта. В рассматриваемом примере были получены следующие значения:

- Для песка мелкого $R_0 = 200$ кПа;
- Для суглинка тугопластичного $R_0 = 281$ кПа;
- Для глины полутвёрдой $R_0 = 365$ кПа;

Анализ инженерно-геологических условий площадки строительства

Работу выполнил: Иванов А.Г. (07-ПГС)

(Оценка инженерно-геологических условий площадки строительства). Таблица 7

№ Слоя	1	2	3	4
Наименование грунта	Песок пылеватый (насыпной слой)	Песок мелкий	Суглинок тугопластичный	Глина полутвердая
Мощность слоя, м	0,4	2,3	3,9	6
Удельный вес грунта γ , кН/м ³	16,5	19,4	19,8	19,8
Коэффициент пористости e	-	0,74	0,65	0,71
Степень влажности S	-	0,91	0,91	0,89
Показатель текучести J_L	-		0,37	0,14
Угол внутреннего трения ϕ , град.	-	30	23	19
Сцепление C , кПа	-	1	28	52
E_0 , кПа	-	23000	19000	22000
R_0 , кПа	100	200	281	365

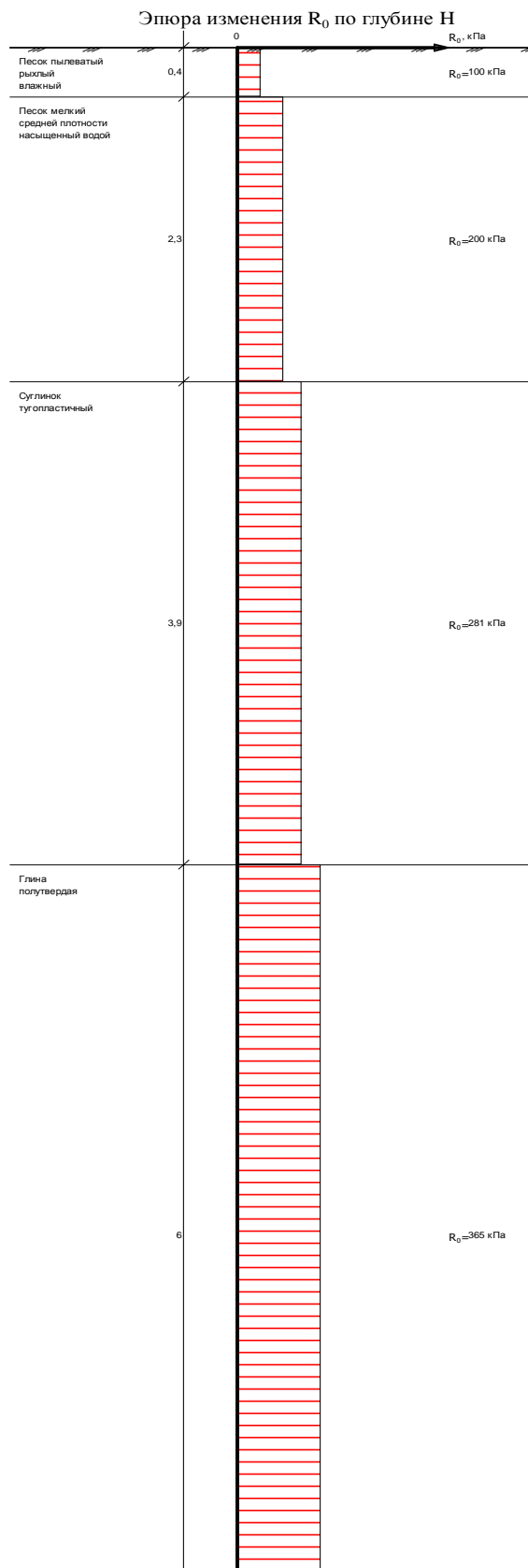


Рис. 17. Эпюра изменения расчётного сопротивления (R_0) отдельных слоёв грунта по глубине (H) рассматриваемого геологического разреза

В данном случае интерполяция величин R_0 выполнена автоматически и может уточняться (являться контролем) для предыдущих ручных вычислений.

Изменение характеристики R_0 грунтов по глубине рассматриваемого разреза, по желанию пользователя может быть представлено на экране компьютера и распечатано в текст пояснительной записки курсового проекта в виде эпюры $R_0=R_0(H)$ (рис. 17).

Эпюра на рис. 17 достаточно наглядно даёт представление о характере изменения расчётного сопротивления по глубине основания, позволяя выявить относительно "слабые" и "прочные" слои грунта. Такая интерпретация результатов расчёта даёт возможность обоснованно подойти к выбору несущего слоя грунта основания при вариантном проектировании фундаментов сооружений.

5. ОЦЕНКА ХАРАКТЕРА НАГРУЗОК И КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗДАНИЯ

В табл. 1 приведены расчетные нагрузки по обрезу фундаментов для расчета по деформациям – вертикальная F_{vII}^0 , горизонтальная F_{hII}^0 и момент M_{II}^0 . При их анализе необходимо оценить:

а) абсолютные значения вертикальных нагрузок: при значениях нагрузки менее 500 кН для колонн и менее 200 кН/м для стен, фундаменты можно считать малонагруженными, при значениях нагрузок соответственно более 500 кН и 200 кН/м – тяжелонагруженными;

б) степень различия вертикальных нагрузок: большая, малая, средняя;

в) горизонтальные нагрузки: при значительных горизонтальных нагрузках ($F_h/F_v > 0,05$) ухудшаются условия работы оснований по устойчивости (несущей способности);

г) эксцентриситет нагрузки, также ухудшающий условия работы основания, оценивается как: малый ($e_0 = M_{II}^0 / F_{vII}^0 < 0,10$ м), большой ($e_0 > 0,3$ м) или средний – в указанном интервале.

Конструктивные особенности здания оцениваются по чувствительности к осадкам (жесткие рамы, шарнирное опирание, несущие стены и др.) и возможным последствиям при неравномерных осадках фундаментов. Примеры такого анализа для различных зданий приведены в пособии [3].

6. РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ

Вариантность инженерных решений – важнейший принцип проектирования фундаментов сооружений. В курсовом проекте расчету и сравнению по стоимости подлежат только два варианта; на естественном основании и свайный. По общему анализу нужно подвергнуть большее число вариантов – (3-4). При выборе вариантов можно менять глубину заложения фундаментов, выбирать в качестве несущего слоя различные грунты, принимать различные типы оснований (естественное, искусственное), различные типы фундаментов (отдельные, ленточные, сплошные).

Рассматриваться должны конкурентоспособные варианты, т.е. варианты нецелесообразные рассматривать не следует.

При вариантной проработке, расчёт фундаментов допускается проводить только на вертикальные нагрузки (см. схему на рис. 2.1).

7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ОСНОВАНИИ

7.1. Общие положения

Проектирование фундаментов всех типов ведется в следующем порядке:

- предварительно назначаются основные параметры и размеры фундаментов их частей;
- конструируются фундаменты и уточняются действующие нагрузки;
- проводятся расчеты основания и фундамента по предельным состояниям.

7.1.1. Предварительное назначение основных параметров и размеров фундаментов

Начать проектирование следует с выбора глубины заложения. Глубина заложения выбирается последовательно установлением ее по трем условиям:

1. инженерно - геологическим (по напластованию грунтов). Слабые грунты прорезаются, фундаменты опираются на хороший грунт с заглублением в него на 0,1 ... 0,5 м;

2. конструктивным условиям подземной части проектируемого здания (по наличию подвалов, приямок, каналов, фундаментов существующих зданий и др.). Обычно фундаменты заглубляют на 0,5 м ниже пола заглубленных помещений;
3. по глубине промерзания грунтов в районе строительства.

Если в основании находятся непучинистые при промерзании грунты (крупнообломочные с песчаным заполнителем, пески гравелистые, крупные и средней крупности), то глубина промерзания не оказывает влияние на глубину заложения фундаментов. При возможности пучения грунтов основания глубина заложения фундаментов назначается по условию:

$$d \geq K_h d_{fn} , \quad (1)$$

где d_{fn} – нормативная глубина промерзания в метрах, определяемая по СНиП 2.02.01-83* или принимаемая по справочным данным для района строительства. Карты нормативных глубин промерзания приведены в [5], [8] и др.;

K_h – коэффициент влияния теплового режима здания или сооружения; поскольку сроки строительства в данном случае неизвестны, рекомендуется принимать $K_h = 1,0$.

Из трех полученных глубин заложения фундамента (см. выше) принимается наибольшая величина.

После назначения глубины заложения фундамента можно определить требуемую площадь его подошвы:

$$A_{mp} = \frac{F_{VII}^0}{R - \gamma_{cp} d} , \quad (2)$$

где F_{VII}^0 - нагрузка в уровне обреза фундамента по заданию;

R – расчетное сопротивление основания, определяемое по СНиП 2.02.01-83* для условного фундамента шириной $b = 1$ м (формула для R и примеры расчета приведены далее);

$\gamma_{cp} = 20$ кН/м³ - средний удельный вес массива объемом $V = A_{mp} \cdot d$.

7.1.2. Конструирование фундаментов и уточнение действующих нагрузок

При выполнении настоящего пункта следует по учебникам [1], [2] и конспекту лекций www.buildcalc.ru ознакомиться с конструктивными особенностями различных типов фундаментов, применяемыми материалами, сортаментом блоков для сборных фундаментов и т.д. Справочные данные по этому разделу содержатся в альбоме «Фундаменты зданий» [10] и в приложении настоящих методических указаний.

Примеры конструирования фундаментов и уточнения нагрузок на основания приведены в разд. 8.

7.1.3. Расчеты по предельным состояниям

Для оснований сооружений, как и для конструкций вообще, установлены две группы предельных состояний:

- первая группа – по несущей способности или непригодности к эксплуатации;
- вторая группа – по деформациям или непригодности к нормальной эксплуатации.

Для оснований промышленных и гражданских зданий и сооружений большее значение имеют расчеты по деформациям. Они сводятся к проверке выполнимости условий:

$$P \leq R ; \quad (3)$$

$$P_{\max} \leq 1,2 R ; \quad (4)$$

$$S \leq S_u , \quad (5)$$

где p и p_{\max} - среднее и максимальное давление по подошве фундамента от уточненных расчетных нагрузок на основание $F_{V\Pi}$, F , M_{Π} ;

R – расчётное сопротивление основания;

S - деформация по расчету;

S_u – предельное значение деформации, определяемое по СНИП 2.02.01-83*

Давление P и P_{\max} определяются по формулам:

$$P = F_{V\Pi} / A; \quad (6)$$

$$P_{\max} = P + M_{\Pi} / W \quad (7)$$

где A и W – площадь и момент сопротивления подошвы фундамента после его окончательного конструирования;

$F_{V\Pi}$, M_{Π} - уточненные нагрузки на основание.

В практических расчетах оснований и фундаментов нужно еще удовлетворить условию

$$P_{\min} = P - M_{\Pi} / W > 0 , \quad (8)$$

Данное условие соответствует недопущению отрыва подошвы фундамента от грунта основания.

Расчетное сопротивление грунта основания определяется по формуле:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \times \gamma_{c2}}{k} \left[M_{\gamma} \times K_z \times b \times \gamma_{II} + M_q \times d_1 \times \gamma'_{II} + (M_q - 1) \times d_b \times \gamma'_{II} + M_c \times C_2 \right] \quad (9)$$

где γ_{c1} , γ_{c2} – коэффициенты условий работы, принимаемые по табл. 3 СНИП 2.02.01-83*;

k – коэффициент надежности; при использовании надежной информации о свойствах грунтов принимается $k = 1$;

M_γ, M_q, M_c – коэффициенты, зависящие от φ_{II} ; принимаются по таблицам (табл. 4 СНиП 2.02.01-83*; или соответствующим таблицам в учебниках);

γ_{II} и γ'_{II} – расчетные значения удельного веса грунта под подошвой фундамента и выше подошвы фундамента, в пределах глубины его заложения (с учетом взвешивания в воде, если оно имеет место);

K_z – коэффициент, учитывающий рост R для широких фундамента; при $b < 10$ м принимается $K_z = 1$;

b – ширина подошвы фундамента; если подошва фундамента имеет форму круга или многоугольника площадью A , то принимается $b = \sqrt{A}$;

d_1 – глубина заложения фундамента – действительная от уровня планировки для зданий без подвала или приведенная – расстояние от условного верха пола подвала, для зданий с подвалом;

d_b – глубина подвала от уровня планировки (для подвалов шириной более 20 м принимается $d_b = 0$)

Приведенная глубина заложения фундамента для здания с подвалом определяется по формуле:

$$d_1 = h_s + h_{cf} \times \gamma_{II} / \gamma'_{II}, \quad (10)$$

где h_s – расстояние по вертикали от подошвы фундамента до низа конструкции пола подвала;

h_{cf} – толщина конструкции пола подвала;

γ_{II} – объёмный вес конструкции пола подвала;

Значениями h_{cf} и γ_{II} следует задаться.

Из различных видов деформаций, характеризующих совместную деформацию сооружения и основания, в курсовой работе рассчитываются абсолютная осадка S и относительная разность осадки ΔS и крен i (последний – при наличии значительных горизонтальных нагрузок и моментов).

Расчет осадки разобран в примере (см. далее).

Крен рассчитывается по следующим формулам (с использованием расчетной схемы основания в виде линейно – деформируемого полупространства):

- для круглого фундамента с радиусом подошвы R

$$i = \frac{3}{4} \cdot \frac{1 - \nu^2}{E} \cdot \frac{M_{II}}{R^3}; \quad (11)$$

- для прямоугольного фундамента при действии момента в направлении стороны фундамента шириной b

$$i = K_e \cdot \frac{1 - \nu^2}{E} \cdot \frac{M_{II}}{\left(\frac{b}{2}\right)^3}, \quad (12)$$

в которых ν и E – соответственно, коэффициенты Пуассона и модуль деформации, средневзвешенные для всей сжимаемой толщи;

M_{II} – момент относительно центра тяжести подошвы фундамента;

K_e – коэффициент, принимаемый в зависимости от параметра форм подошвы фундамента $n = L / b$ по графику на рис. 17.

Для фундаментов сооружений с высоко расположенным центром тяжести (например, дымовых труб) главным условием, определяющим размеры фундамента, является неравенство типа (5) для кренов. Для таких фундаментов вместо определения A_{TP} по (2) лучше определить требуемый радиус подошвы из соотношения (11), полагая в нем $i = i_u$ и принимая i_u по СНиП 2.02.01-83*

$$\tau_{TP} = \sqrt{\frac{0,75 (1 - \nu^2) \cdot M_{II}}{i_u \cdot E}}, \quad (13)$$

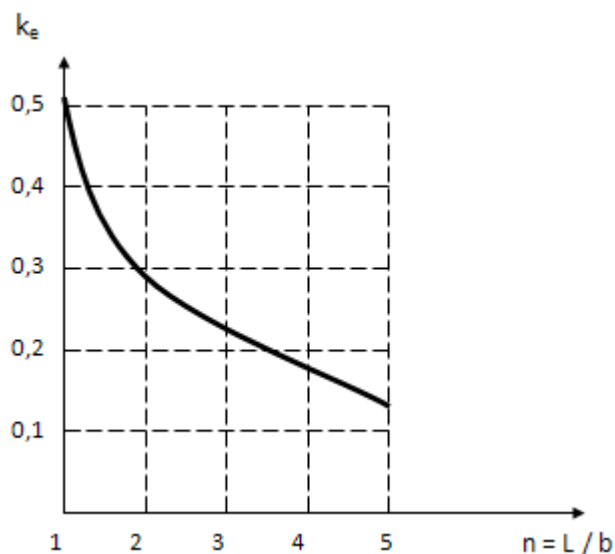


Рис.17 Зависимость коэффициента K_e от соотношения размеров подошвы фундамента

Расчет оснований по несущей способности производится исходя из условия:

$$F \leq \frac{\gamma_c F_u}{\gamma_n}, \quad (14)$$

где F – расчетная нагрузка на основание;

γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый по СНиП 2.02.01-83*;

γ_n - коэффициент надежности по назначению сооружения, меняющийся в пределах 1,1 ... 1,2 в зависимости от его класса;

F_u – несущая способность основания, определяемая по СНиП 2.02.01-83* (пп. 2.57-2.66, с.12 – 14).

Пояснения по расчету F_u приведены в СНиПе, учебниках, пособиях и лекциях www.buildcalc.ru.

8. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ

8.1. Пример 1. Расчет фундамента на естественном основании

а) Исходные данные.

Фундамента под стену жилого дома, строящегося в Сыктывкаре.

Длина здания $L = 40$ м, высота $H = 15,0$ м.

Нагрузки по обрезу: $F_{VII}^0 = 522$ кН; $M_{II}^0 = 0$; $F_{III}^0 = 0$. На уровне подошвы действует нагрузка от давления грунта на стеку подвала $F_{III}^0 = 16$ кН; $M_{II} = 29$ кНм.

Грунтовые условия: насыпной слой 1,5 м; $\gamma_{II} = 15$ кН/м³;

Песок пылеватый мощностью 9,5 м; с расчётными характеристиками: $\varphi_{II} = 32^\circ$, $C_{II} = 2$ кПа; $\gamma_{II} = 19,7$ кН/м³; $\gamma_s = 26,5$ кН / м³; $e = 0,7$; $E_0 = 16000$ кПа.

б) Выбор типа фундамента и глубины заложения.

Стена – несущая; принимаем непрерывный (ленточный) фундамент, сборный. Схема приведена на рис. 18.

По геологическим условиям глубина заложения определяется необходимостью прорезки насыпного слоя $d = 1,5$ м; по конструктивным соображениям (наличию подвала) $d = 1,6 + 0,5 = 2,1$ м.

Глубина заложения по промерзанию определяется с учетом СНиП [5, табл. 2,]. По карте глубин промерзания $d_{fn} = 1,9$ м. При близком положении УГВ фундамент нужно закладывать не менее чем на расчетную глубину промерзания. Время строительства неизвестно, поэтому принимаем $K_h = 1$; таким образом, $d = d_{fn} = 1,9$ м.

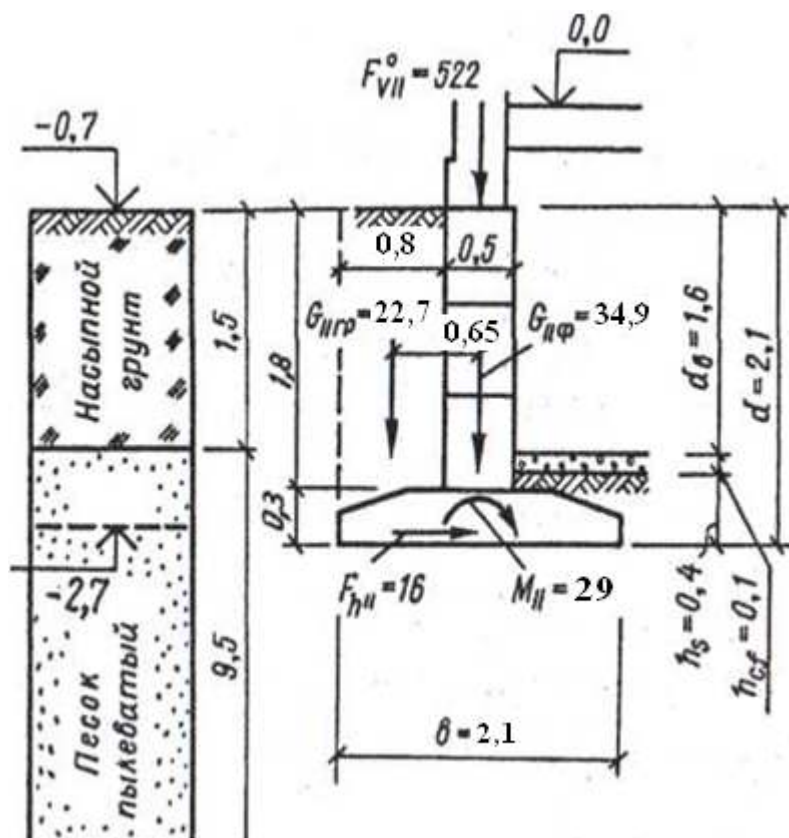


Рис. 18. Расчётная схема поперечного сечения ленточного фундамента

Из трех величин принимаем наибольшую: $d = 2,1$ м.

в) Определение расчетного сопротивления грунта.

Расчёт производим по формуле (7) СНиПа [6]. Уточняем удельный вес грунтов выше и ниже подошвы фундамента. Удельный вес грунта ниже подошвы фундамента (ниже УГВ – с учётом взвешивающего действия воды)

$$\gamma_{взв} = (\gamma_s - 10) / (1 - n) = (26.5 - 10) / (1 - 0.41) = 9,7 \text{ кН/м}^3$$

$$\text{где } n = \frac{e}{1+e} = \frac{0,7}{1+0,7} = 0,41;$$

выше подошвы:

$$\gamma_{II} = \frac{\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \dots}{h_1 + h_2} = \frac{15 \cdot 1,5 + 19,7 \cdot 0,5 + 9,7 \cdot 0,1}{1,5 + 0,5 + 0,1} = 15,8 \text{ кН/м}^3$$

Согласно п. 2.41 СНиП [6], $\gamma_{c1} = 1,1$; для $L/H = 40/15 = 2,66$; $\gamma_{c2} = 1,1$; $K_2 = 1$.

Назначаем в первом приближении ширину подошвы $b = 1,0$ м.

Для $\varphi_{II} = 32^\circ$; $M_\gamma = 1,34$; $M_q = 6,34$; $M_c = 8,55$;

$$d_1 = h_s + h_{cf} \times \gamma_{II} / \gamma_{II} = 0,4 + 0,1 \times 22 / 15,8 = 0,54 \text{ м}$$

Глубина подвала $d_b = 1,6$ м. Расчетное сопротивление по формуле (7) СНиП [6]:

$$R = 1,1 \times 1,1 / 1,0 \times [1,34 \times 1 \times 1 \times 9,7 + 6,34 \times 0,54 \times 15,8 + (6,34 - 1) \times 1,6 \times 15,8 + 8,55 \times 2] = 1,21(13 + 222,2) = 280,9 \text{ кПа.}$$

г) **Определение размеров фундамента.**

Площадь подошвы на 1 м длины (принимаем с учетом подвала $\gamma_{cp} = 17 \text{ кН/м}^3$), составит:

$$A_{mp} = \frac{F_{VII}^o}{R - \gamma_{cp} d} = \frac{522}{234,6 - 17 \cdot 2,1} = 2,09 \text{ м}^2$$

По альбому [10] (см. приложение) принимаем сборные подушки Ф-20 и стеновые блоки ФС-5. Уточняем расчетное сопротивление при $b = 2,1 \text{ м}$.

$$R = 1,21 \times (1,34 \times 2,1 \times 9,7 + 222,2) = \mathbf{282,49 \text{ кПа.}}$$

Проверяем напряжения по подошве.

Вес фундамента

$$G_{\text{ФФ}} = (0,5 \times 1,8 \times 22 + 2,1 \times 0,3 \times 24) \times 1,0 = 34,9 \text{ кН.}$$

Вес грунта на консоли подушки

$$G_{\text{Гр}} = 0,8 \times 1 \times 1,8 \times 15,8 = 22,75 \text{ кН.}$$

Вес грунта создаёт момент:

$$M = 22,75 (0,4 + 0,25) = - 14,78 \text{ кНм.}$$

Суммарные нагрузки на 1 п.м по подошве фундамента:

$$F_{VII} = 522 + 34,9 + 22,75 = 579,65 \text{ кН;}$$

$$M_{II} = 29 - 14,78 = 14,22 \text{ кНм.}$$

Среднее давление по подошве:

$$P = F_{VII} / A = 579,65 / 2,1 = \mathbf{276 < 282,49 \text{ кПа.}}$$

Основание нагружено с запасом в 4 %, что допустимо.

Проверяем крайевые напряжения:

$$e = \frac{M_{II}}{F_{VII}} = \frac{14,22}{579,65} = 0,024$$

$$P_{\min}^{\max} = \frac{F_{VII}}{A} \left(1 \pm \frac{6e}{b}\right) = \frac{579,65}{2,1} \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,024}{2,1}\right) = 276(1 \pm 0,068);$$

$$P_{\min} = 276 \times 0,932 = \mathbf{257,23 \text{ кПа} > 0;}$$

$$\frac{P_{\max}}{P_{\min}} = \frac{294,77}{257,23} = 1,14 < 4.$$

Вывод. Фундамент запроектирован правильно, так как соблюдаются все необходимые проверки (условия СНиП).

д) **Определение конечной осадки фундамента выполняется так, как изложено в примере 3.**

8.2. Пример 1а. Определение размеров и осадки фундамента с учётом нагрузок по его обрезу с использованием программного обеспечения на сайте www.buildcalc.ru.

Основные предпосылки данного метода расчёта изложены в книге «Осадки фундаментов при реконструкции зданий» [14] и помещены на сайте www.buildcalc.ru. Выполнение расчётов может осуществляться непосредственно в интернете, из любой географической точки (что важно для студентов-заочников) и в любое удобное время.

Данный программный расчёт (BRWL) в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01-83*, позволяет определить:

1. Величину расчётного сопротивления грунта основания (R) по заданным размерам фундамента и физико-механическим характеристикам грунтов основания.
2. Величину осадки (S) при заданной степени нагружения (расчёт по II предельному состоянию).
3. Величину предельного давления на грунт основания ($P_{пр.}$) (расчёт по I предельному состоянию) с определением коэффициента надёжности K_n .
4. Величину среднего ($P_{ср.}$), минимального (P_{\min}) и максимального (P_{\max}) давлений на грунт основания от существующей нагрузки и размеров фундамента.

Выполняя расчёты фундамента по программе BRWL, пользователь может самостоятельно проверить свои вычисления, выполненные ранее с использованием аналитических формул и, таким образом, получить подтверждение в правильном освоении приобретённых знаний.

Рассмотрим предыдущий пример 1, с использованием программы BRWL:

Ниже представлена распечатка программного решения (BRWL), для тестового примера 1, выполненного непосредственно в интернете.



Расчёт фундамента с учётом нагрузок по его обрезу

Отчёт

Учётные данные

Объект:	Пример 1а. Расчёт фундамента под наружную стену жилого дома в г. Сыктывкаре
---------	---

Тип здания:	Бескаркасное здание из кирпича без армирования
-------------	--

Данные по фундаменту

Основные данные фундамента

Тип фундамента:	Ленточный
Тип стены:	Наружная
Высота фундамента (размер фундамента от обреза до подошвы), м:	2,10
Глубина заложения фундамента (расстояние от планировочной отметки до подошвы фундамента), м:	2,10
Ширина подошвы фундамента, м:	2,10

Данные по подвалу

Расстояние от уровня планировки до пола подвала (глубина подвала), м:	1,60
Толщина пола подвала, м:	0,10
Удельный вес конструкции пола подвала, кН/м ³ :	22,00

Нагрузки по обрезу фундамента

Вертикальная нагрузка N, кН:	522,00
Горизонтальная нагрузка, приложенная вдоль ширины подошвы фундамента Q _в , кН:	0,00
Изгибающий момент, приложенный вдоль ширины подошвы фундамента M _в , кН*м:	0,00

Данные по грунту

Введённые данные

№	H, м	Наименование	Тип грунта	γ_r , кН/м ³	ϕ_r , °	C, кПа	e	W	I _L	E	μ	Источник данных
1	1,5	Насыпной грунт	Пески пылеватые маловлажные и влажные	15	14	0	0,7	0	-	5000	0,3	Таблица
2	9,5	Пылеватый песок	Пески пылеватые насыщенные водой	19,7	32	2	0,7	-	-	16000	0,3	Эксперимент

Расчётные данные

№	H, м	γ_{1r} , кН/м ³	γ_{2r} , кН/м ³	ϕ_{1r} , °	ϕ_{2r} , °	C _{1r} , кПа	C _{2r} , кПа	γ_{c1}	γ_{c2}	K
1	1,50	13,64	15,00	12,73	14,00	0,00	0,00	1,25	1,10	1,10
2	0,50	17,91	19,70	29,09	32,00	1,33	2,00	1,10	1,10	1,00
3	9,00	8,82	9,71	29,09	32,00	1,33	2,00	1,10	1,10	1,00

Дополнительная информация

Грунтовые воды

Действие грунтовых вод учитывается	
Уровень грунтовых вод, м:	2,00

Информация о сооружении

Сооружение обладает жёсткой конструктивной схемой	
Отношение длины сооружения или его отсека к высоте:	2,70

Справочная информация

Удельный вес минеральных частиц грунта, кН/м ³ :	26,50
Удельный вес воды, кН/м ³ :	10,00

Результаты расчёта

Расчитанные данные по совместной работе грунта и фундамента

Средневзвешанное значение удельного веса грунта по I-му предельному состоянию выше подошвы фундамента, кН/м ³ :	14,42
Средневзвешанное значение удельного веса грунта по II-му предельному состоянию выше подошвы фундамента, кН/м ³ :	15,87
Приведённая глубина заложения фундамента d ₁ , м:	0,54

Рассчитанные данные по основанию

Расчётное сопротивление грунта основания R, кПа:	284,36
Предельное давление (несущая способность) грунта основания R _{пр} , кПа:	521,21
Предельная нагрузка на фундамент N _{пр} , кН:	1 094,53
Минимальное давление под подошвой фундамента R _{min} , кПа:	279,42
Среднее давление под подошвой фундамента R _{ср.} , кПа:	284,27
Максимальное давление под подошвой фундамента R _{max} , кПа:	289,12
Осадка фундамента S, см:	7,20
Коэффициент надёжности:	1,65

Из результатов программного расчёта видно, что среднее давление под подошвой фундамента R_{ср.}, фактически равно расчётному сопротивлению грунта основания R, т.е. 284,27 ≈ 284,36 кПа. Таким образом, соблюдаются условия СНиП [6], формула 3. Этот же расчёт позволяет проверить инженерные вычисления, выполненные ранее в примере 1, выполнив, самопроверку.

Следует подчеркнуть, что в программном расчёте дополнительно вычисляется осадка запроектированного фундамента, а также несущая способность основания, с коэффициентом надёжности (расчёт по I предельному состоянию – устойчивости), т.е. оценивается работа фундамента и основания комплексно.

8.3. Пример 2. Проверка слабого подстилающего слоя.

Введём условие, что ниже несущего слоя песка мощностью 5,4 м с углом внутреннего трения φ_п = 32° и γ = 19,0 кН/м³; залегает суглинок с φ_п = 18°, J_L = 0,5 и γ = 18,0 кН/м³; C_п = 4,0 кПа, т.е. φ_п меньше, чем у вышерасположенного грунта.

Возможно, что суглинок является более слабым грунтом, поэтому требуется проверка по формуле (9) СНиП [6].

Глубина заложения фундамента d = 3,0 м; размеры подошвы ℓ = b = 2,5 м; A = 6,25 м²; подвала нет, нагрузка по подошве F_{вп} = 1371 кН. Должно удовлетворяться условие:

$$\sigma_{zp} + \sigma_{zq} \leq R_z \quad (a)$$

В соответствии с расчетной схемой, представленной на рис. 19, можно записать:

1. Природное давление в уровне подошвы фундамента:

$$\sigma_{zq} = 3,0 \times 19,0 = 57 \text{ кПа};$$

2. Природное давление в уровне на кровле суглинки:

$$\sigma_{zq} = 5,4 \times 19,0 = 103 \text{ кПа};$$

3. Среднее давление под подошвой:

$$\sigma = 1371 / 6,25 = 219,4 \text{ кПа}.$$

Расстояние от подошвы фундамента до подстилающего слоя $Z = 2,4$ м, тогда:

$$\eta = \frac{1}{b} = \frac{2,5}{2,5} = 1;$$

$$\xi = \frac{2Z}{b} = \frac{2 \cdot 2,4}{2,5} = 1,92;$$

$$\alpha = 0,358$$

$$\sigma_{zp} = \alpha (p - \sigma_{zp.o}) = 0,358 (219,4 - 57) = 58,1 \text{ кПа};$$

$$\sigma_{zp} + \sigma_{zq} = 58,1 + 103 = 161,1 \text{ кПа}.$$

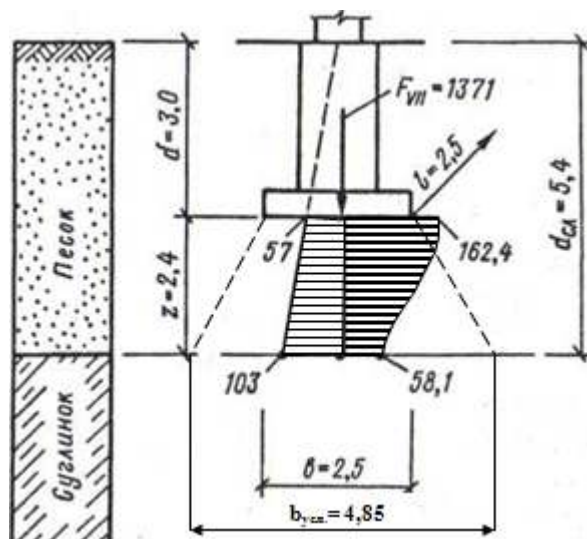


Рис. 19. Расчётная схема фундамента для проверки давления на кровлю слабого подстилающего слоя грунта

Площадь условного фундамента составит:

$$A_{усл} = F_{вн} / \sigma_{zp} = 1371 / 58,1 = 23,6 \text{ м}^2,$$

Тогда ширина условного фундамента может быть определена, как

$$b_{усл} = \sqrt{23,6} = 4,85 \text{ м}.$$

Определяем расчетное сопротивление слабого слоя (суглинок) для условного фундамента и выполняем проверку условия (а):

$$\gamma_{c1} = 1,2; \quad \gamma_{c2} = 1; \quad K_2 = 1.$$

при $\varphi_{II} = 18^\circ$ $M_\gamma = 0,43$; $M_q = 2,73$; $M_c = 5,31$;

$$R_z = \frac{1,2 \cdot 1}{1} (0,43 \cdot 1 \cdot 4,85 \cdot 18,0 + 2,73 \cdot 5,4 \cdot 19,0 + 5,31 \cdot 4) = 406,6 > 161,1 \text{ кПа}$$

Вывод: Суглинок выдержит передаваемое на него давление.

8.4. Пример 3. Определение конечной осадки фундамента

Осадку определяем по прил. 4 СНиП [6] для условий, приведенных на рис. 20.

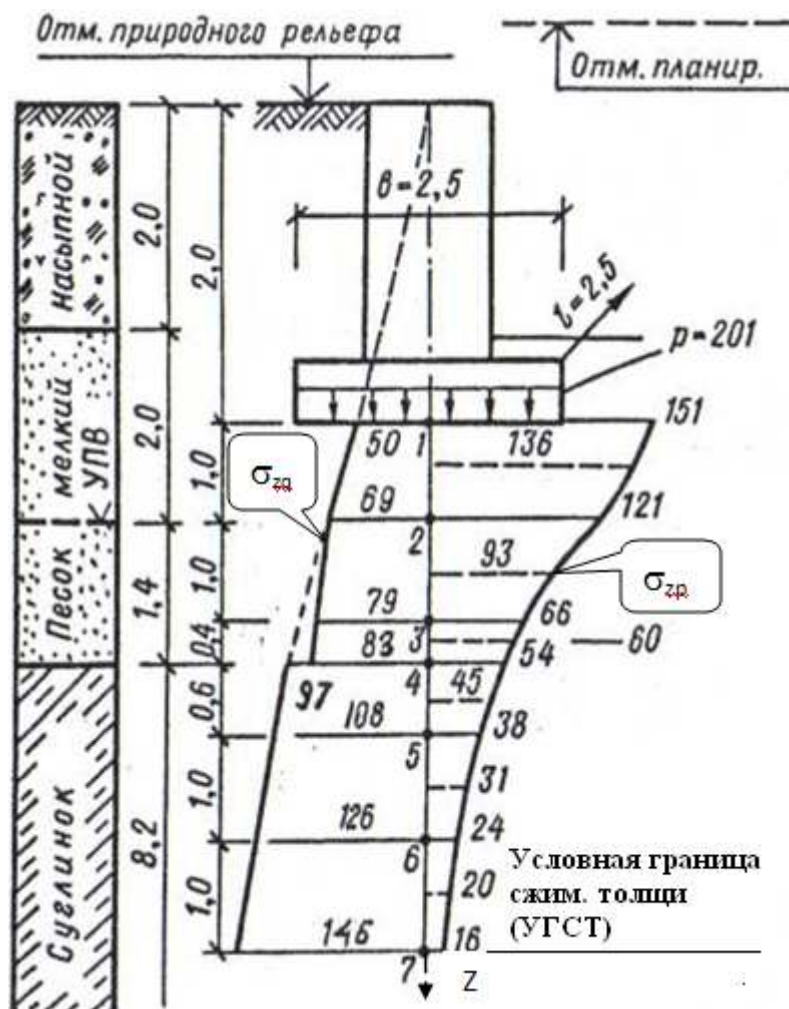


Рис. 20. Расчётная схема к определению осадки фундамента, с построением эпюр природного давления грунта (σ_{zg}) и дополнительного уплотняющего давления (σ_{zp}) по глубине (Z) основания

Характеристики грунтов:

- удельный вес насыпного грунта $\gamma_{II}=15\text{кН/м}^3$;
- для песка мелкого $\gamma_{II}=19,7\text{кН/м}^3$; $\gamma_{взв}=9,5\text{кН/м}^3$; $E_0=25\text{мПа}$;
- для суглинка $\gamma_{II}=19,1\text{кН/м}^3$; $E_0=10\text{мПа}$.

Размеры подошвы фундамента $l=b=2,5$ м, давление по подошве $p=201$ кПа.

$$\sigma_{zg,0}=2,0 \times 1,5 + 1,0 \times 19,7 = 29,7 \text{ кПа.}$$

Разбиваем толщу грунта ниже подошвы фундамента на элементарные слои высотой $h_i=0,4b$;

$$h_i=0,4 \times 2,5 = 1,0 \text{ м.}$$

Для вертикали, проходящей через середину (центр тяжести) подошвы фундамента, находим давление от собственного веса грунта σ_{zg} и дополнительные (уплотняющие) давления σ_{zp} :

Для $Z=1,0$ м (точка 2) $\sigma_{zg}=49,7+19,7 \times 1=69,4$ кПа;

для $Z=2,0$ м (точка 3) с учетом взвешивающего действия воды в мелком песке, получим:

$$\sigma_{zg}=69,4+9,5 \times 1,0=78,9 \text{ кПа.}$$

Для остальных точек σ_{zg} приведены в таблице. Суглинок – является водоупором, поэтому в точках 4...7 при вычислении ординат σ_{zg} добавлен вес столба воды высотой 1,4 м (см. рис. 20).

Значения σ_{zg} и σ_{zp}

Грунт	Номер точки	Z, м	σ_{zg} , кПа	$\xi=2Z/b$	α	σ_{zp} , кПа	σ_{zp} , кПа
Песок	1	0,0	49,7	0,0	1,00	151,3	
	2	1,0	69,4	0,8	0,80	121,0	136,15
	3	2,0	78,9	1,6	0,44	66,6	93,8
	4	2,4	82,7	1,92	0,358	54,16	60,4
Суглинок	5	3,0	108,1	2,40	0,257	38,88	45,5
	6	4,0	126,2	3,2	0,16	24,2	31,5
	7	5,0	146,3	4,0	0,108	16,3	20,2

Дополнительные (уплотняющие) давления вычисляем по формуле:

$$\sigma_{zp}=\alpha\rho_0,$$

где $\rho_0=\rho - \sigma_{zg,0}=201 - 49,7=151,3$ кПа.

В точке 1, т.е. на отметке подошвы фундамента, при $Z=0$

$$\eta=l/b=1; \quad \xi=2Z/b=0; \quad \alpha=1,0;$$

$$\sigma_{zp}=1,0 \times 151,3=151,3 \text{ кПа}$$

В точке 2 при $Z=1,0$

$$\xi=2Z/b=0,8; \quad \alpha=0,800;$$

$$\sigma_{zp}=0,800 \times 151,3=121,0 \text{ кПа.}$$

Результаты вычисления для остальных точек величины σ_{zp} приведены в этой же таблице.

Нижняя граница сжимаемой толщи соответствует глубине, где:

$$\sigma_{zp} \leq 0,2 \sigma_{zg}.$$

Это условие будет удовлетворяться в точке 7:

$$0,2 \sigma_{zg}=0,2 \times 146,3=29,2 \text{ кПа;}$$

$$16,3 < 29,2$$

Таким образом, деформации будет испытывать слой грунта толщиной 5 м (до точки 7).

Тогда осадка фундамента может быть определена следующим образом:

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zpi} h_i}{E_i} = 0,8 \left(\frac{136,15 \cdot 100 + 93,8 \cdot 100 + 60,4 \cdot 40}{25000} + \frac{45,5 \cdot 60 + 31,5 \cdot 100 + 20,2 \cdot 100}{10000} \right) = 1,6 \text{ см}$$

где n – количество слоёв грунта, подлежащих суммированию (определяется условной границей сжимаемой толщи - УГСТ).

Полученная величина осадки должна сравниваться с предельной величиной осадки для рассматриваемого типа сооружения [6].

8.5. Пример 4. Расчет основания по несущей способности

Рассчитать по несущей способности основание фундамента колонны каркасного здания с подвалом. Здание 1 класса. Грунт пылевато-глинистый. Расчет выполнить для стабилизированного состояния грунта. Расчётная схема представлена на рис. 21.

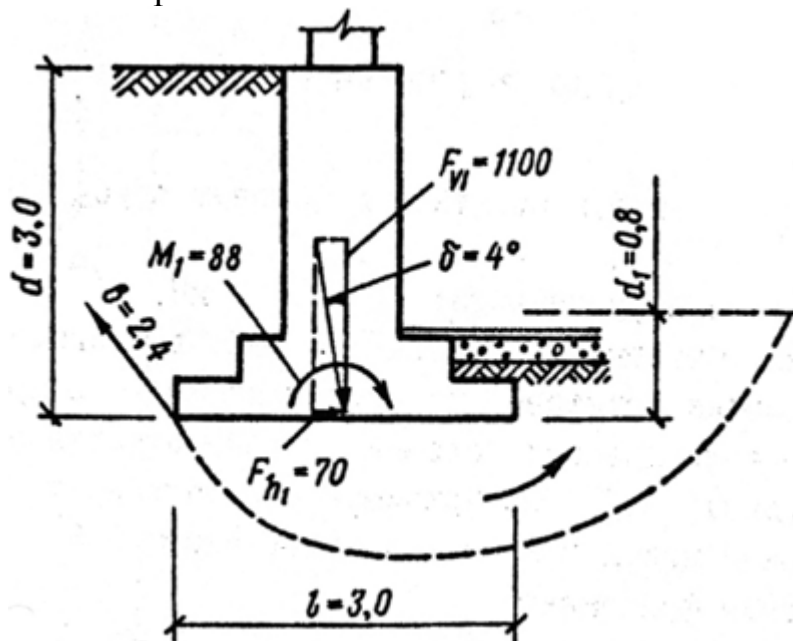


Рис. 21. Расчётная схема к определению устойчивости отдельно стоящего фундамента под колонну (расчёт основания по несущей способности).

Исходные данные: $F_{v1} = 1100 \text{ кН}$; $F_{h1} = 70 \text{ кН}$; $M_1 = 88 \text{ кНм}$.

Величины F_{v1} и M_1 учитывают давление грунта на стену подвала. Фундамент отдельно стоящий, размеры подошвы $l = 3 \text{ м}$, $b = 2,4 \text{ м}$.

Глубина заложения относительно пола подвала (приведенная) $d_1 = 0,8 \text{ м}$.

Характеристики грунта для расчета по несущей способности:

$\varphi_1 = 16^\circ$; $C_1 = 10 \text{ кПа}$; $\gamma_1 = 17 \text{ кН/м}^3$.

Расчет ведем по формулам и таблице в СНиП [6], [пп. 2,57 – 2,62].

Эксцентриситет равнодействующей:

$e = M_1 / F_{v1} = 88 / 1100 = 0,08 \text{ м}$.

Приведенные размеры фундамента:

$l' = 3,0 - 2 \times 0,08 = 2,84 \text{ м}$; $b = b'$; $l' / b' = 2,84 / 2,4 = 1,18$.

Коэффициенты влияния соотношения сторон фундамента:

$$\xi_{\gamma}=1-0,25/1,18=0,79; \xi_q=1+1,5/1,18=2,27; \xi_c=1+0,3/1,18=1,25.$$

Определим угол наклона равнодействующей:

$$\operatorname{tg}\delta=70/1100=0,063; \delta=4^{\circ}.$$

Для $\varphi_1=16^{\circ}$ и $\delta=4^{\circ}$ коэффициенты несущей способности берутся по СНиП [6, табл. 7]:

$$N_{\gamma}=1,08; N_q=3,55; N_c=9,35.$$

Эксцентриситет – по направлению длинной стороны.

Вертикальная составляющая силы предельного сопротивления основания (несущей способности), составит:

$$N_u = 2,4 \cdot 2,84(1,08 \cdot 0,79 \cdot 2,4 \cdot 17 + 3,55 \cdot 2,27 \cdot 17 \cdot 0,8 + 9,35 \cdot 1,25 \cdot 10) = 1781 \text{ кН}$$

Для заданных условий: $\gamma_c=0,9$; $\gamma_n=1,2$. Тогда, проверяя условие устойчивости по формуле (14), получим:

$$0,9 \times 1781 / 1,2 = 1336 > 1100 \text{ кН.}$$

Необходимое условие устойчивости соблюдается. Основание устойчиво. Необходимо подчеркнуть, что в рассмотренных примерах 3 и 4 отдельно рассматриваются задачи:

- Осадки фундамента (расчёт по II предельному состоянию – деформациям).
- Несущей способности основания (расчёт по I предельному состоянию – устойчивости основания).

В случае применения программного обеспечения через интернет: www.buildcalc.ru (к примеру программа BRWL), результаты расчёта, как показано в примере 1а, сразу отражают работу фундамента и основания с учётом двух предельных состояний, вычисляя осадку фундамента и несущую способность основания. Такие вычисления существенно ускоряют расчёты, позволяя проверять свои аналитические вычисления, полученные с использованием формул.

8.6. Пример 5. Расчет фундамента под дымовую трубу

(Основные условия задачи см. фундамент № 6 на рис. 4).

Нагрузки в уровне обреза фундамента: $F_{\text{вII}}^0=3800\text{кН}$, $M_{\text{II}}^0=2700\text{кНм}$, $F_{\text{нII}}^0=300\text{кН}$. Отметка планировки $-0,500$; геологические условия и характеристики грунтов – по разобранному выше примеру анализа инженерно-геологических условий. Задана отметка низа дымового канала (борова) $-2,500$ м. Принимая расстояние от низа канала до верха опорной плиты $0,25$ м и толщину плиты $0,8\text{м}$, получаем глубину заложения фундамента:

$$d=(2,500-0,500)+0,25+0,800=3,05\text{м.}$$

Несущий слой – тугопластичный суглинок (характеристики см. в табл. 6). Требуемый радиус подошвы фундамента определяем по формуле (13), принимая для суглинка $\nu=0,35$; $E_0=19\text{МПа}=19\times 10^3\text{кПа}$; $M_{II}=M_{II}^0 + F_{hII}^0 \cdot x_{h\phi}=2700+300\times 3,55=3765\text{Нм}$; $i_u=0,0005$ (по СНиП 2.02.01-83* для труб высотой до 100 м):

$$r_{mp} = 3 \sqrt{\frac{0,75(1-0,35^2) \cdot 3765}{0,005 \cdot 19 \cdot 10^3}} = 3,0 \text{ м.}$$

Производим конструирование фундамента (рис. 22). Уточняем нагрузки на основание:

$$G_{\phi}=(2,75\times 0,9\times 2\times 3,14\times 1,5)24+(3,14\times 3^2\times 0,8)25=1124,7\text{кН};$$

$$G_{гр}=2,25\times 0,6\times 2\times 3,14\times 1,95\times 18,4=304,2\text{кН},$$

где $18,4 \text{ кН/м}^3$ – средневзвешенное значение удельного веса грунта выше подошвы фундамента;

$$\gamma_{II}=1/1,05(16,5\times 0,2+19,4\times 2,3+19,8\times 0,55)/3,05=18,4\text{кН/м}^3.$$

$$\text{Нагрузки на основание } F_{vII}=3800+1124,7+304,2=5229 \text{ кН};$$

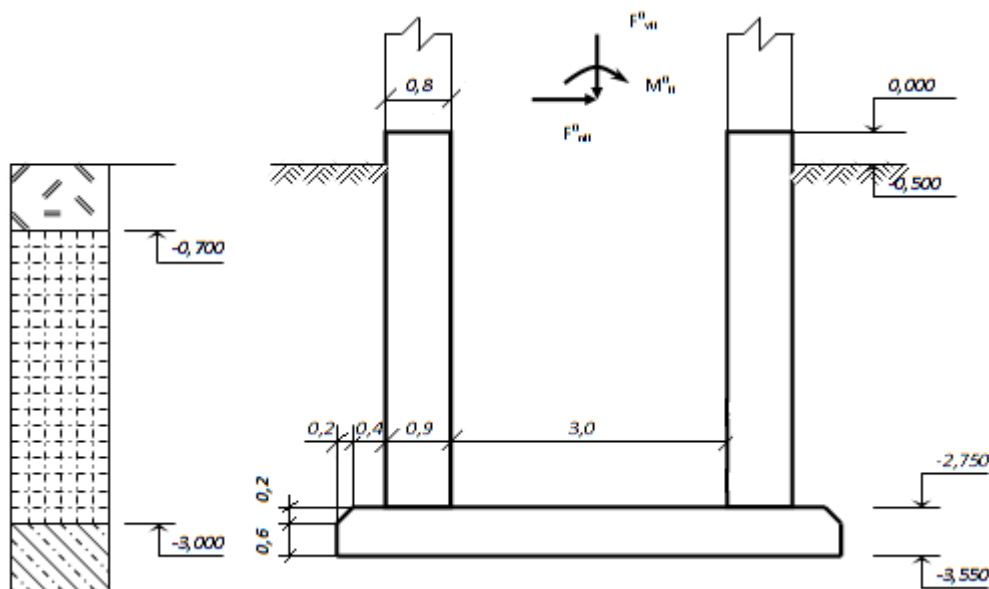


Рис. 22. Схема конструирования круглого фундамента под трубу.

$$M_{II}=3765\text{кНм}; F_{hII}=300\text{кН}.$$

$$\text{Площадь подошвы } A=\pi r^2=28,26\text{м}^2;$$

$$\text{Момент сопротивления } W=0,8r^3=21,6\text{м}^3.$$

Рассчитываем напряжения по подошве:

$$\sigma=5229/28,26=185,03\text{кПа}; \sigma_{\max}=185,03+3765/21,6=359,3\text{кПа};$$

$$\sigma_{\min}=185,03-3765/21,6=10,7\text{кПа}>0$$

Определяем R для проверки условий (3) и (4), принимая в формуле (9)

$$b=\sqrt{A}=\sqrt{28,26}=5,32\text{м}; d_1=3,05 \text{ и } d_b=0:$$

$$R = \frac{1,2 \cdot 1,1}{1,0} (0,61 \cdot 1,0 \cdot 5,32 \cdot 18 + 3,44 \cdot 3,05 \cdot 18,4 + 6,04 \cdot 18,6) = 538,5 \text{ кПа.}$$

Таким образом, условия (3) и (4) удовлетворяются с большим запасом, обусловленным условием (13) для кренов.

9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

9.1. Общие положения и порядок проектирования

Свайный фундамент состоит из свай и плиты, объединяющей сваи и распределяющей на них нагрузку от сооружения – ростверка. Поэтому процесс проектирования свайного фундамента включает принятие решений, относящихся к типу и параметрам обоих указанных элементов, конструирование фундамента в целом и, наконец, расчеты фундамента и основания по предельным состояниям.

9.2. Выбор типа, глубины заложения ростверка и ориентировочное назначение его размеров

Рекомендуется принимать ростверки из монолитного железобетона класса не ниже класса (В 12,5). Выбор глубины заложения ростверка следует выполнить, прежде всего, с учетом конструктивных факторов.

При возможности пучения грунта, как и для фундаментов мелкого заложения, ростверк следует заложить на глубину, не меньшую расчетной глубины промерзания. Исключением могут быть лишь узкие ростверки под стены зданий при однорядном размещении свай и при использовании противо пучинистых мероприятий.

Для свайных фундаментов под стены зданий целесообразно сразу назначить верх ростверка и его размеры в плане. Для ростверков под колонны размеры в плане назначаются после определения несущей способности свай.

9.3. Выбор типа, длины и поперечного сечения сваи

Наиболее распространены в массовом строительстве забивные призматические железобетонные сваи и сваи-оболочки (сортамент в [4], [10]).

Минимально необходимая длина свай устанавливается по формуле:

$$l = l_3 + H + l_H, \quad (15)$$

где H - мощность проходимой сваями толщи слабых грунтов, определяемая как разность отметок кровли слоя, на который опираются сваи, и подошвы ростверка.

Величина заделки сваи в ростверке l_3 для фундаментов зданий при отсутствии горизонтальных нагрузок и малых моментах принимается 5...10 см; при значительных горизонтальных силах и моментах $l_3 = 35...50$ см.

Заглубление сваи в опорный (несущий) слой l_H принимают не менее 0,5...1,0 м, причем меньшие значения – при прочных грунтах (глинистых с $J_L \leq 0,1$, песках гравелистых, крупных и средней крупности).

Полученную по (15) величину следует округлить до длины, соответствующей ближайшей (в большую сторону) стандартной свае. По сортаменту для выбранной длины принимается поперечное сечение. Одновременно следует выписать данные по материалам: класс бетона и арматуры, число и диаметр стержня.

9.4. Определение расчетной (допускаемой) нагрузки на сваю

Расчетная (допускаемая) нагрузка на сваю определяется по формуле:

$$P = F_d / \gamma_k, \quad (16)$$

где F_d - несущая способность сваи ;

$\gamma_k = 1,4$ – коэффициент надежности.

В качестве F_d в (16) принимается наименьшая из несущих способностей по условию прочности грунта или материала сваи.

По характеру работы сваи делятся на:

- сваи-стойки, опирающиеся на практически несжимаемые грунты (скальные, крупнообломочные, глинистые при $J_L < 0$),
- висячие сваи.

Выбранный тип свай отражается на виде формул для расчета несущей способности свай по условию прочности грунта основания.

Для свай-строек

$$F_d = \gamma_c R A, \quad (17)$$

где γ_c - коэффициент условий работы по СНиП 2.02.03-85* ($\gamma_c = 1$);

A - площадь поперечного сечения сваи, m^2 ;

R - расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи;

$R = 20000$ кПа.

Для висячих свай

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} \cdot R \cdot A + u \sum \gamma_{cf} f_i h_i), \quad (18)$$

$\gamma_c, \gamma_{cR}, \gamma_{cf}$ - коэффициенты условий работы, зависящие от вида грунта, способа погружения; для свай, погружаемых забивкой, $\gamma_c, \gamma_{cR}, \gamma_{cf} = 1$;

R - расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, принимаемое по табл. 1 СНиП 2.02.03-85;

A - площадь поперечного сечения сваи;

u - периметр сваи;

f_i - расчетное сопротивление i -го слоя грунта мощностью h_i по боковой поверхности сваи, принимаемое по табл. 2 СНиП 2.02.03-85.

Таблицы R и f приведены также в [2], [5], [7], [9]. Сумма Σh_i должна быть равна мощности всех слоев, пройденных сваями; при этом, если толщина однородного геологического пласта больше двух метров, его следует расчленить на отдельные слои, чтобы в формуле (18) соблюдалось условие $h_i \leq 2\text{м}$.

9.5. Определение числа свай

Количество свай определяется по формуле:

$$n = k \frac{F_{\text{VI}}^o + 1,1 G_p}{P}, \quad (19)$$

где G_p - вес ростверка;

K - коэффициент, учитывающий перегрузку отдельных свай от момента и горизонтальной силы, принимаемый в пределах $K = 1,1 \dots 1,4$.

При определении F_{VI}^o нужно учесть примечание к табл. 1. Если размерами ростверка нельзя задаться по надфундаментной конструкции (например, свайного фундамента под колонну), то предварительно определяется его площадь по формуле:

$$A_p = \frac{F_{\text{VI}}^o}{P / (3d)^2 \gamma_{\text{cp}} d_p}, \quad (20)$$

где P - расчетная (допускаемая) нагрузка на сваю;

$\gamma_{\text{cp}} = 20 \text{ кН/м}^3$;

d_p - глубина заложения ростверка; d – условный диаметр сваи.

Тогда ориентировочно вес ростверка может быть определен выражением:

$$G_p = A_p \gamma_{\text{cp}} d_p. \quad (21)$$

Это значение и подставляется в (19).

Для отдельных фундаментов найденное по (19) количество свай округляется до целого числа. Для фундаментов под стены, где нагрузка задана на единицу длины, найденное число свай относится к этой единице. В этом случае n по (19) надо умножить на длину стены, а потом уже полученное число свай (под всю стену), округлить до целых.

9.6. Размещение свай и уточнение размеров ростверков

В прямоугольных ростверках сваи размещаются в рядовом или шахматном порядке. Для ростверков под стены зданий сваи размещаются в 1-2 ряда, с обязательным помещением свай в углах и местах примыканий стен. Для круглых ростверков возможно размещение свай как по прямоугольной (в частности квадратной) сетке, так и по концентрическим окружностям.

Для вертикально погружаемых висячих свай расстояние между их осями во всех случаях должно быть не менее $3d$, т.е. утроенного диаметра

или стороны поперечного сечения сваи. При наклонных сваях это условие должно быть выполнено на уровне нижних концов свай, а в плоскости подошвы ростверка расстояние можно уменьшить до $1,5d$. Эта же величина является минимальной для свай-стоек. Расстояние от наружной грани сваи до края ростверка (свес) принимается не менее 0,10 м.

Если найденное число свай не удастся разместить в пределах подошвы ростверка назначенных размеров, то последние следует увеличить.

9.7. Расчеты свайных фундаментов по предельным состояниям

Расчет по несущей способности заключается в проверки выполнимости условия:

$$N_{max} \leq P, \quad (22)$$

где N_{max} – расчетная нагрузка для наиболее нагруженной сваи;

P – расчетная (допускаемая) нагрузка, определяемая по (16).

Нагрузка N_{max} определяется по следующим формулам:

$$N_{max} = \frac{F_{vI}}{n} + \frac{M_I y_{max}}{\sum_1^n y_i^2}; \quad (23)$$

при размещении свай по концентрическим окружностям:

$$N_{max} = \frac{F_{vI}}{n} + \frac{2M_I \cdot r_{max}}{\sum_1^k m_i r_i^2}. \quad (24)$$

В последних соотношениях F_{vI} и M_I – это соответственно расчетная вертикальная нагрузка в уровне подошвы ростверка и момент всех сил относительно центра тяжести его подошвы;

y_{max} , (r_{max}) – расстояние в направлении действия момента (радиус) до оси сваи, наиболее удаленной от центра тяжести свайного поля.

Во втором слагаемом (24) обозначено: k – число рядов (окружностей), по которым расположены сваи; m_i – число свай в окружности с радиусом r_i .

Расчет свайного фундамента по деформациям выполняется как для условного фундамента на естественном основании, причем границы условного фундамента определяются следующим образом (рис. 23): снизу плоскостью ad на уровне нижних концов свай; с боков – вертикальными плоскостями av и dc , отстоящими от наружных граней крайних рядов свай на расстоянии $\xi_{\text{тг}} \phi_{\text{IIcp}}/4$, при этом ϕ_{IIcp} определяется как средневзвешенное значение для всей толщи грунтов, пройденных сваями; сверху – поверхностью планировки грунта.

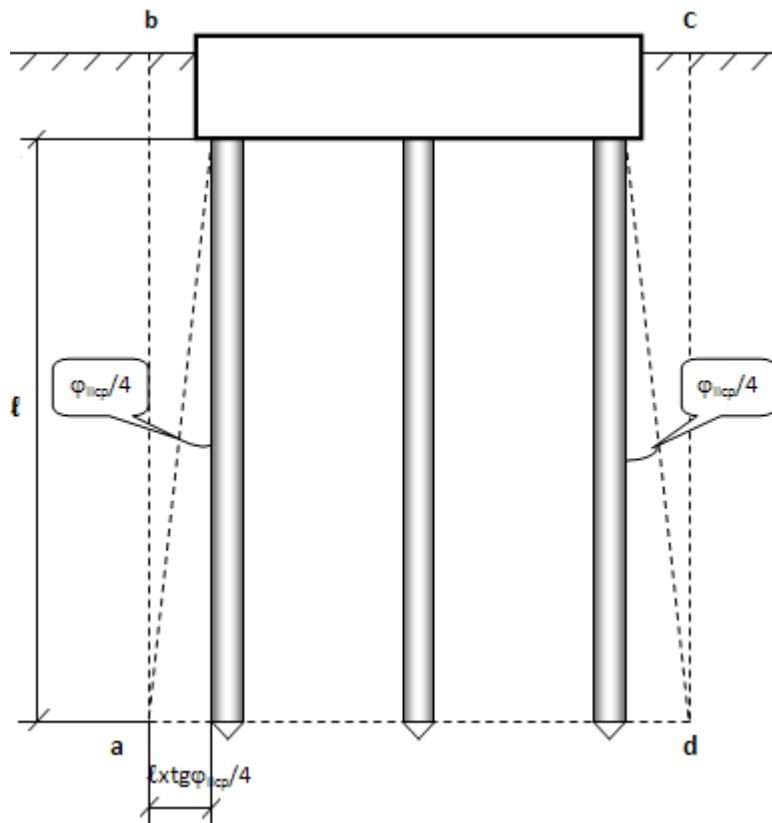


Рис. 23. Определение границ условного свайного фундамента.

Проверяется выполнимость условий, аналогичных (3), (5):

$$\begin{aligned}
 p &\leq R/\gamma_n; \\
 p_{\max} &\leq \gamma_c R/\gamma_n; \\
 s &\leq s_u;
 \end{aligned}$$

где P_{\max} - максимальное давление по подошве условного массивного фундамента, заменяющего свайный фундамент;

R - расчетное сопротивление основания, определяемое по (9) для ширины и глубины заложения условного фундамента;

$\gamma_c=1$ и $\gamma_n=1,4$ - коэффициенты условий работы и надежности по назначению сооружения.

9.8. Пример 6. Расчет свайного фундамента

Рассчитать свайный фундамент под сборную железобетонную колонну. Здание каркасное с заполнением. Сечение колонны $0,6 \times 0,4$ м. Действующие нагрузки по обрезу для расчета по несущей способности следующие:

$$F_{\text{вп}}^0=2300\text{кН}; M_{\text{п}}^0=71\text{кНм}; F_{\text{нп}}^0=16\text{кН}.$$

Напластование грунтов изображено на рис. 24, их свойства по данным испытаний приведены в таблице. Расчетная глубина промерзания $d_{fn}=1,5$ м. Сроки строительства неизвестны.

По табл. 2 СНиП [6] глубина заложения должна быть не менее расчетной глубины промерзания. Принимаем глубину заложения ростверка $d=1,6$ м.

Выбираем тип, материал и конструкцию свай. По геологическим условиям тип свай – висячая.

В прочный грунт (песок) нижний конец сваи рекомендуется заглублять не менее чем на 2...3 м. С учетом глубины заложения ростверка получаем длину сваи около 10 м. Уровень грунтовых вод низкий, поэтому принимаем сваи железобетонные, по приложению или альбому [10] С10-30. Длина сваи 10 м, сечение 30х30 см, вес 22,9кН, бетон марки М300, арматура 4 Ø 12 А-П.

Расчетную нагрузку определяем по формуле (18), по табл. 1 и 2 СНиП [7]. Для этого найдем $\gamma_{cR}=\gamma_{cf}=1$; $\gamma_c=1$; $A=0,3 \times 0,3=0,09$ м²; $u=0,3 \times 4=1,2$ м.

На глубине $d_o = 11,6$ м от поверхности до мелкого песка средней плотности ($e = 0,61$) получаем $R=2700$ кПа.

Показатель текучести суглинка $J_L=0,6$, глины

$$J_L=(0,30-0,18)/(0,48-0,18)=0,4.$$

Расчетные сопротивления по боковой поверхности свай, кПа:

Для суглинка при $d_1=2,5$ м	$f_1=13$
Для глины при $d_2=4,4$ м	$f_2=27$
То же, при $d_3=6,4$ м	$f_3=31$
То же, при $d_4=8,2$ м	$f_4=33$
Для песка мелкого при $d_5=10,0$ м	$f_5=46$
То же, при $d_6=11,3$ м	$f_6=47$

Расчетное сопротивление свай (допускаемая нагрузка)

$$P = \frac{1}{1,4} [1 \cdot 2700 \cdot 0,09 + 1,2(13 \cdot 1,8 + 27 \cdot 2 + 31 \cdot 2 + 33 \cdot 1,5 + 46 \cdot 2 + 47 \cdot 0,7)] = 442 \text{ кН.}$$

Приближенно определяем вес ростверка и грунта на ступенях. Среднее фиктивное давление под ростверком при расстоянии между сваями $3d$, составит:

$$P_p = \frac{P}{(3d)^2} = \frac{442}{(3 \cdot 0,3)^3} = 546 \text{ кПа.}$$

Ориентировочная площадь подошвы ростверка

$$A_p = 2300 / (546 - 20 \times 1,6) = 4,47 \text{ м}^2.$$

Вес ростверка и грунта на ступенях при $\gamma_f=1,1$

$$G_p = 1,1 \times 4,47 \times 1,6 \times 20 = 157 \text{ кН.}$$

Определяем количество свай. С учетом действия момента увеличиваем это количество на 10 %:

$$n = 1,1(2300 + 157) / 442 = 6,1 \text{ свай.}$$

Принимаем $n = 6$.

Конструируем ростверк. Сваи размещаем на расстоянии в осях $3d=0,9$ м. Минимальная высота ростверка по условиям заделки колонны и толщины дна стакана

$$d_{min} = 0,6 + 0,4 = 1,0 \text{ м.}$$

Примем обрез на отметке $-0,15$, подколонник $1,2 \times 1,2$ м (рис. 25). Заделка свай на 5 см. С учетом возможного отклонения свай при забивке принимаем свес ростверка 15 см. Проверяем фактическую нагрузку на сваи. Объем бетона ростверка

$$0,8 \times 2,4 \times 1,5 + 1,2 \times 1,2 \times 0,8 = 4,0 \text{ м}^3.$$

Объем грунта на ступенях

$$2,4 \times 1,5 \times 1,6 - 4,0 = 1,76 \text{ м}^3.$$

Вес ростверка и грунта при $\gamma_f=1,1$

$$G_{p,гр} = 1,1(4,0 \times 24 + 1,76 \times 19,2) = 143 \text{ кН.}$$

Момент на уровне подошвы ростверка

$$M_L = 71 + 16 \times 1,6 = 96,6 \text{ кНм.}$$

Нагрузка на сваю в крайнем ряду

$$N_{max} = \frac{2300 + 143}{6} + \frac{96,6 \cdot 0,9}{0,9^2 \cdot 2 \cdot 2} = 432 < 442 \text{ кН.}$$

Недогрузка $1,8\%$ допустима.

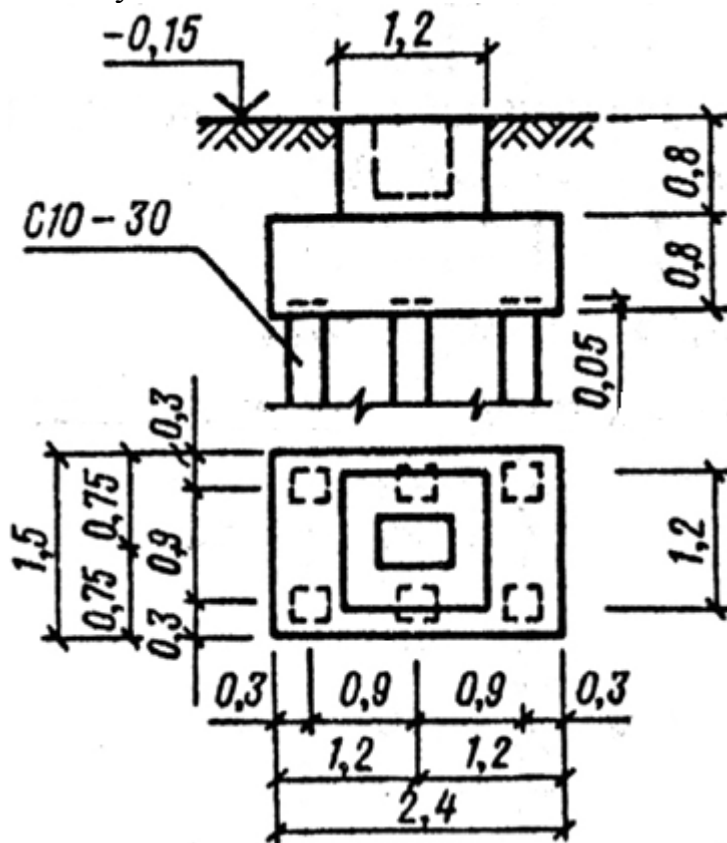


Рис. 25. Размещение свай в плане и конструирование ростверка

Проверка давления в плоскости нижних концов свай и расчет основания по деформациям выполняются по схеме рис. 23 как для фундаментов на естественном основании.

Конструктивный расчет ростверка не выполняется.

10. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ

При выполнении курсового проекта допускается ограничиваться сравнением вариантов по стоимости, определяемой по укрупненным показателям (см. табл.7). Сначала определяют объемы работ по вариантам, затем стоимость вариантов. Принимают более экономичный вариант.

Ввиду значительных изменений расценок на строительные материалы, изделия и работы принимается следующая методика: стоимость элементов определяют по указанным расценкам, а суммарная стоимость варианта умножается на коэффициент k , значение которого указывается преподавателем.

Таблица 7.

Укрупненные единичные расценки на земляные работы, устройство фундаментов и искусственных оснований

Наименование работ и конструкций	Единица измерения	Стоимость на единицу измерения, руб.- коп.
1	2	3
<p>А. Земляные работы</p> <p>I. Разработка грунта под фундаменты:</p> <p>1) при глубине выработки до 2м и ширине траншеи 1 м</p> <p>2) при глубине котлована более 2 м на каждые 0,1м глубины заложения фундаментов стоимость земляных работ увеличивается на 10 % (при уменьшении глубины стоимость соответственно уменьшается).</p> <p>3) при ширине котлована более 1 м на каждые 0,2м увеличения его ширины стоимость земляных работ повышается на 7 %.</p> <p>4) при разработке мокрых грунтов вводятся поправочные коэффициенты, соответственно при объеме мокрого грунта (ниже подземных вод) менее или более 50 % от общего объема грунта: $K=1,25$</p>	<p>m^3</p>	<p>3-60</p>

$K=1,4$		
II. Водоотлив: при отношении мощности мокрого грунта (ниже уровня подземных вод) к глубине котлована:		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ до 0,25 ▪ до 0,5 ▪ до 0,75 ▪ свыше 0,75 	На 1 м ³ грунта	0-35 0-95 1-80 3-00
III. Крепления:		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ крепления стенок котлована досками: ▪ при глубине выработки до 3 м ▪ при глубине выработки более 3 м ▪ устройство деревянного шпунтового ограждения. 	м ² крепления то же	0-85 0-98
Б. Устройство фундаментов		
I. Сборные фундаменты:		
1. фундаменты железобетонные сборные для промышленных зданий	м ³ железобетона	44-50
2. трапецидальные блоки ленточных фундаментов	то же	46-50
3. бетонные фундаментные блоки (в том числе стеновые)	м ³ бетона	36-00
II. Монолитные фундаменты:		
1. фундаменты железобетонные, отдельные (под колонны)	м ³ железобетона	31-00
2. то же, ленточные	то же	28-30
3. фундаменты бетонные, отдельные	м ³ бетона	29-40
4. то же, непрерывные (ленточные)	то же	26-30
5. фундаменты и стены подвала бутобетонные	м ³ бутобетона м ³ кладки	21-00 20-10
6. то же, бутовые		
III. Устройство армированных поясов:		
1. устройство монолитных железобетонных поясов	м ³ железобетона т металла	36-20 367-00
2. устройство армированной кладки		
IV. Железобетонные сваи:		
1) железобетонные до 12 м (с забивкой)	м ³ бетона	88-40
2) то же, более 12 м	то же	86-10
3) железобетонные полые сваи с открытым концом при длине до 8 м (с забивкой) и диаметре, мм:		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ до 660 ▪ до 780 	м ³ бетона то же	88-17 92-97
4) железобетонные полые сваи с закрытым	—	190-00

концом, толщиной стенок 80 мм, диаметром 400 и 600 мм		
<u>V. Деревянные сваи:</u>	м ³ сваи	64-00
▪ длиной до 10 м	то же	62-00
▪ более 10 м		
<u>VI. Искусственные основания под фундаменты:</u>	м ³	7-20
1) песчаные подушки за 1 м ³ в деле	то же	11-20
2) щебеночные и гравийные подушки	— —	0-45
3) уплотнение грунта тяжелыми трамбовками	пог. м	1-60
4) уплотнение слабых грунтов песчаными сваями	1 м ³	
5) силикатизация песчаных грунтов при двухрастворном методе	закрепленного массива	40-00
	То же	50-00
6) закрепление грунтов синтетическими смолами		

10.1. Пример 7. Технико-экономическое сравнение вариантов

Определяем объем (в м³) отдельных частей фундаментов на естественном основании (см. рис. 18) и свайного, результаты сводим в таблицы. Для сокращения расчет свайного фундамента здесь не приведен (он выполнен так же, как в примере 6). Расценки берем из табл. 7 настоящих указаний.

Фундамент на естественном основании

Расчетная длина участка принята 0,9м, т.к. во втором (свайном) варианте шаг свай 0,9м.

Определение объемов

Элементы (виды) работ	Объем, м ³
Стена подвала из сборных бетонных блоков	0,5x1,8x1,9=0,81
Подушки фундаментные железобетонные сборные	2x0,3x0,9=0,54
Отрывка грунта (принимаем равной объему фундамента)	0,81+1,54=1,35
Водоотлив (по объему фундамента)	0,81+1,54=1,35

Стоимость работ

Элементы или виды работ	Количество	Стоимость, руб.- коп.		Ссылка на пункт таблицы 7
		единичная	общая	
Стена подвала, м ³	0,81	36-00	29-16	Б-I,1
Подушки фундаментные, м ³	0,54	46-50	25-11	Б-I,3
Отрывка грунта, м ³	1,35	6-99	9-43	А-I с
Поправка на глубину,				коэффициентом

ширину котлована и мокрый грунт: $K_G = 1,15$ $K_{III} = 1,35$ $K_M = 1,25$ Водоотлив, м ³	1,35	0-35	0-47	А-II
Стоимость варианта			64-17	

Свайный фундамент

Расчетная длина участка принята равной шагу свай (по расчету), т.е. 0,9 м.

Определение объемов

Элементы (виды) работ	Объем, м ³
Стена подвала из сборных бетонных блоков	$0,5 \times 1,8 \times 0,9 = 0,81$
Ростверк монолитный железобетонный	$0,6 \times 1,4 \times 0,9 = 0,76$
Сваи С 10-30	$0,3 \times 0,3 \times 9 \times 2 = 1,62$
Бетонная подготовка под ростверки	$1,6 \times 0,1 \times 0,9 = 0,15$
Отрывка грунта (принимаем равной объему фундамента)	$0,81 + 0,76 = 1,57$
Водоотлив (по объему фундамента)	$0,81 + 0,76 = 1,57$

Стоимость работ

Элементы или виды работ	Количество	Стоимость, руб.-коп.		Ссылка на пункт таблицы 7
		единичная	общая	
Стена подвала, м ³	0,81	36-00	29-16	Б-I,1
Ростверк, м ³	0,76	28-30	21-50	Б-II,2
Сваи (с забивкой), м ³	1,62	88-40	143-20	Б-IV,1
Бетонная подготовка, м ³	0,15	28-40	4-26	Б-II,3
Отрывка грунта, м ³	1,57	5-89	9-24	
Поправка на глубину, ширину котлована и мокрый грунт: $K_G = 1,15$ $K_{III} = 1,14$ $K_M = 1,25$ Водоотлив, м ³	1,57	0-35	0-55	
Стоимость варианта			201-91	

Из сопоставления видно, что свайный вариант значительно дороже. Кроме того, нужны два новых технологических процесса – забивка свай и устройство монолитного ростверка. Принимаем фундамент на естественном

основании и остальные фундаменты рассчитываем также на естественном основании.

Расчёт оставшихся фундаментов (см. задание) может выполняться непосредственно через интернет, с использованием программного обеспечения, изложенного на сайте www.buildcalc.ru:

1. «Определение размеров и осадки существующего или нового фундамента с учётом нагрузок по его обрезу (BRWL)».
2. «Расчёт размеров и осадки существующего или нового фундамента с учётом возможной нелинейной работы основания (BRNL).

11. УКАЗАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ РАБОТ

Разрабатываются только основные положения производства работ по устройству фундаментов. В пояснительной записке указываются:

- a. способ разработки грунта и принятые механизмы;
- b. тип крепления котлована (при его отсутствии – крутизна откоса);
- c. мероприятия по водопонижению или осушению котлованов (при необходимости);
- d. работы по подготовке основания;
- e. способы бетонирования или монтажа фундаментов и применяемые механизмы;
- f. мероприятия по сохранению грунта в период производства работ;
- g. применяемое оборудование для погружения свай (если принят к разработке свайный вариант фундамента).

12. ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА

При оформлении проекта следует использовать учебные материалы, имеющиеся на кафедре “Основания и фундаменты”: альбом “Фундаменты зданий” [10], образцы чертежей (см. приложение) и пояснительных записок.

Дополнительные указания (с учетом индивидуальных особенностей проекта) дает преподаватель.

Оформленный проект должен соответствовать требованиям ЕСКД.

Альбом дополнительных графических материалов для выполнения курсового проекта по проектированию фундаментов сооружения

Типовые конструкции, применяемые в фундаментостроении (фундаменты, фундаментные балки, сваи)

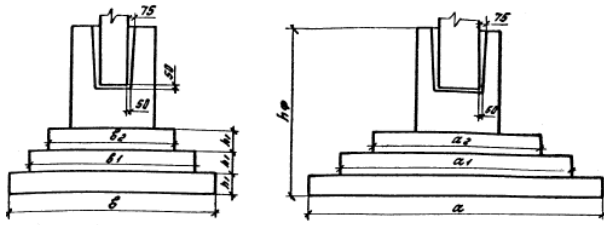
Плиты железобетонные для ленточных фундаментов

Эскиз плиты	Марка плиты	Размеры плиты				Вес плиты, т
		Длина, мм	Ширина, мм	Скос, мм	Высота, мм	
	Ф6	2380	600	—	300	1,07
	Ф6-12	1180	600	—	300	0,53
	Ф8	2380	800	—	300	1,43
	Ф8-12	1180	800	—	300	0,71
	Ф10	2380	1000	200	300	1,58
	Ф10-12	1180	1000	200	300	0,79
	Ф12	2380	1200	300	300	1,82
	Ф12-12	1180	1200	300	300	0,90
	Ф14	2380	1400	300	300	2,18
	Ф14-12	1180	1400	300	300	1,08
	Ф16	2380	1600	300	300	2,53
	Ф16-12	1180	1600	300	300	1,26
	Ф20	1180	2000	600	500	2,54
	Ф24	1180	2400	700	500	3,00
	Ф28	1180	2800	700	500	3,55
	Ф32	1180	3200	700	500	4,14

Блоки бетонные для стен подбалоб

Эскиз блока	Марка блока	Размеры блока			Вес, т
		Ширина, мм	Длина, мм	Высота, мм	
	ФС3	300	2380	580	0,38
	ФС3-8	300	780	580	0,32
	ФС4	400	2380	580	1,30
	ФС4-8	400	780	580	0,42
	ФС5	500	2380	580	1,63
	ФС5-8	500	780	580	0,62
	ФС6	600	2380	580	1,96
	ФС6-8	600	780	580	0,62
	ФСН-4	400	1180	280	0,32
	ФСН-5	500	1180	280	0,40
	ФСН-6	600	1180	280	0,49

Фундаменты под стены, под колонны. Лист 3



Унифицированные размеры подколоники

Сечение колонны	Индекс подколоники и размеры в плане	Размеры стакана	
		Глубина	в плане
400 x 400	A-900 x 900	300	550 x 550
500 x 500	B-1200 x 1200	300	650 x 650
400 x 600		300	550 x 750
500 x 600	B-1200 x 1500	300	650 x 750
400 x 800		300	550 x 850
500 x 800		300	650 x 950

Фундаменты типа ФА

Марка фундамента	Размеры фундаментов					
	a	a1	a2	b	b1	b2
ФА 1:4	1500	—	—	1500	—	—
ФА 7:10	1800	—	—	1500	—	—
ФА 13:16	1800*	—	—	1500*	—	—
ФА 19:22	2100*	—	—	1500*	—	—
ФА 25:28	2400	1800	—	1500	1800	—
ФА 31:34	2400	1800	—	1800	1800	—
ФА 37:40	2700	1800	—	1800	1800	—
ФА 43:46	3000	2100	—	1800	1800	—
ФА 49:52	3000	2100	—	2100	1500	—
ФА 55:58	3000	2100	—	2400	1500	—
ФА 61:64	3300	2100	—	2400	1500	—
ФА 67:70	3300	2400	1500	2400	1800	1800
ФА 73:76	3600	2700	1800	2400	1800	1800
ФА 79:82	3600	2700	1800	2700	2100	1500
ФА 85:88	4200	3000	2100	2700	2100	1500
ФА 91:94	4200	3000	2100	3000	2100	1500
ФА 97:100	4800	3600	2400*	3000	2100	1500*

Фундаменты типа ФБ

Марка	a	a1	a2	b	b1	b2
ФБ 1:4	2100*	—	—	1500*	—	—
ФБ 7:10	2400*	—	—	1500*	—	—
ФБ 13:16	2400*	—	—	1800*	—	—
ФБ 19:22	2700	2100	—	1800	1800	—

Сортамент фундаментных балок для шага колонн 6м

Сечение балки	Марка балки	Длина, м	Масса, т	Высота, м	Толщина, мм
ФББ-2	5050	1,3	380		
ФББ-3	4750	1,2	510		
ФББ-4	4450	1,2	10-15 м		
ФББ-5	4300	1,1	ФББ-1:5		
ФББ-6	5950	1,6	ФББ-11:15		
ФББ-7	5050	1,3	ФББ-18:22		
ФББ-8	4750	1,2	ФББ-24:32		
ФББ-9	4450	1,2	ФББ-6:10		
ФББ-10	4300	1,1	ФББ-18:22		
ФББ-11	5950	1,8	ФББ-35:39		
ФББ-12	5050	1,5			
ФББ-13	4750	1,4			
ФББ-14	4450	1,3			
ФББ-15	4300	1,3			
ФББ-16	5950	1,8			
ФББ-17	5050	1,5			
ФББ-18	5950	1,8			
ФББ-19	5050	1,5			
ФББ-20	4750	1,4			
ФББ-21	4450	1,3			
ФББ-22	4300	1,3			
ФББ-23	5950	1,8			
ФББ-24	5050	1,5			
ФББ-25	4750	1,4			
ФББ-26	4450	1,3			
ФББ-27	4300	1,3			
ФББ-28	5950	2,2			
ФББ-29	5050	1,9			
ФББ-30	4750	1,8			
ФББ-31	4450	1,7			
ФББ-32	4300	1,6			
ФББ-33	5950	2,2			
ФББ-34	5050	1,9			
ФББ-35	5950	2,2			
ФББ-36	5050	1,9			
ФББ-37	4750	1,8			
ФББ-38	4450	1,7			
ФББ-39	4300	1,6			
ФББ-40	5950	2,2			
ФББ-41	5050	1,9			
ФББ-42	4750	1,8			
ФББ-43	4450	1,7			
ФББ-44	4300	1,6			
ФББ-45	5950	2,2			
ФББ-46	5050	1,9			
ФББ-47	4750	1,8			
ФББ-48	4450	1,7			
ФББ-49	4300	1,6			

Ключ для подбора марок фундаментных балок под кирпичные стены

Высота стены, м	Толщина стены, мм
до 10 м	ФББ-1:5
10-15 м	ФББ-6:10
	ФББ-11:15
	ФББ-18:22
	ФББ-35:39

Ключ для подбора марок фундаментных балок под панельные навесные стены

Высота стены без кирпичной обкладки, толщиной не ограничена	Стены с кирпичной обкладкой	Стены с кирпичной обкладкой
160, 200	240, 300	ФББ-24:32
ФББ-10:14	ФББ-15:19	ФББ-23:27

Ключ для подбора фундаментных балок под стены из крупных блоков

Высота стены, м	Толщина стены, мм
до 10 м	ФББ-1:5
10-15 м	ФББ-6:10
15-24 м	ФББ-11:15

Ключ для подбора фундаментных балок под стены из крупных блоков

Высота стены, м	Толщина стены, мм
до 10 м	ФББ-13:17
10-15 м	ФББ-11:15
15-22 м	ФББ-18:22
22-32 м	ФББ-35:39

Сортамент фундаментных балок для шага колонн 12м

Сечение балки	Марка балки	Размеры балки, мм	
		Длина	Высота
ФБН-1	10700	400	300
ФБН-1К	10200	400	300
ФБН-2К	10200	600	400
ФБН-2	10700	600	400
ФБН-3	11960	400	300
ФБН-4	11960	600	400

Подробнее о фундаментных балках см. Строительный справочник проектировщика. Типовые железобетонные конструкции зданий и сооружений для промышленной строительства. Стройиздат 1971.

Марка	a	a1	a2	b	b1	b2
ФБ 25:28	3000	2400	—	1800	1800	—
ФБ 31:34	3000	2400	—	2100	2100	—
ФБ 37:40	3000	2400	—	2400	1800	—
ФБ 43:46	3300	2400	—	2400	1800	—
ФБ 55:58	3600	2700	—	2400	1800	—
ФБ 67:70	3600	2700	—	2700	2100	—
ФБ 49:52	3300	2700	1800	2400	1800	1800
ФБ 61:64	3600	2700	1800	2400	1800	1800
ФБ 73:76	3600	2700	1800	2700	2100	1800
ФБ 79:82	4200	3300	2400	2700	2100	2100
ФБ 85:88	4200	3300	2400	3000	2400	1800
ФБ 91:94	4800	3900	2700	3000	2400	1800
ФБ 97:100	4800	3900	2700	3300	2400	1800
ФБ 103:105	4800	3600	2700	3600	2400	1800
ФБ 109:110	5400*	3600	2700	3600*	2400	1800

Фундаменты типа ФВ

Марка	a	a1	a2	b	b1	b2
ФВ 1:4	3000	2400	—	1800	1800	—
ФВ 7:10	3000	2400	—	2100	2100	—
ФВ 13:16	3000	2400	—	2400	1800	—
ФВ 19:22	3300	2700	—	2400	1800	—
ФВ 25:28	3600	2700	—	2400	1800	—
ФВ 31:34	3600	2700	—	2700	2100	—
ФВ 43:46	3600	2700	2100	2400	2100	1800
ФВ 49:52	4200	3300	2400	2700	2100	2100
ФВ 55:58	4200	3300	2400	3000	2400	1800
ФВ 61:64	4800	3600	2700	3000	2400	1800
ФВ 67:70	4800	3600	2700	3300	2400	1800
ФВ 73:76	4800	3600	2700	3600	2400	1800
ФВ 79:80	5400*	3600	2400	3600*	2400	1800
ФВ 83:86	5400*	3600	2400	4200*	2400	1800
ФВ 91:92	5400*	3600	2400	4800*	3000	1800
ФВ 97:98	6000*	4200*	2700	4800*	3000*	1800

Примечания:

- В каждой строке указано несколько марок фундаментов, высоты которых h_ф последовательно равны 1800, 1800, 2400 и 3000 мм.
- Высота ступеней h₁ = 300 мм для всех фундаментов, кроме отмеченных звездочкой, где h₁ = 450 мм в пределах указанной ступени.
- Подробнее о фундаментных блоках под колонны см. справочник проектировщика. Типовые железобетонные конструкции зданий и сооружений промышленного строительства. Стройиздат 71.

Фундаменты под колонны.

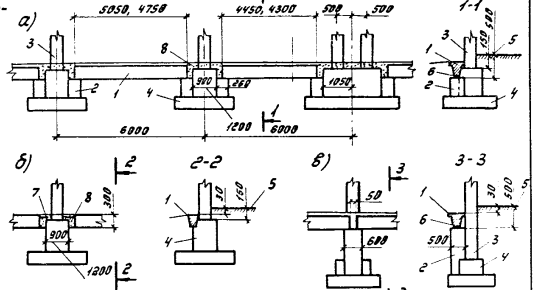


Рис. 1 Опирание фундаментных балок при шаге колонн 6 м а-при неглубоком заложении фундаментов; б-при опирании балок арматурными выпусками на обрезы фундаментов (для панельных стен); в-при глубоком заложении фундаментов; 1-фундаментная балка; 2-бетонный столбик; 3-колонна; 4-фундамент; 5-пол цеха; 6-слой цементного раствора, толщиной 20 мм; 7-арматурные выпуски; 8-бетон или цементный раствор.

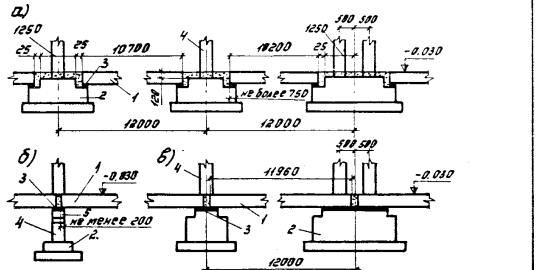


Рис. 2 Опирание фундаментных балок при шаге колонн 12 м а-опирание балок на ступени фундаментов; б-то же, на консоли колонн; 1-фундаментная балка; 2-фундамент; 3-слой цементного раствора; 4-колонна; 5-консоль.

Сваи сплошные квадратного сечения с поперечным армированием ствола

А. Арматура ненапрягаемая

Марка сваи	Марка бетона	Продольная арматура	Расход бетона м ³	Вес, т
С3 - 20	200	4φ10AII	0.13	0.33
С3.5 - 20	200	4φ10AII	0.15	0.38
С4 - 20	200	4φ10AII	0.17	0.43
С4.5 - 20	200	4φ10AII	0.19	0.48
С5 - 20	200	4φ10AII	0.21	0.53
С5.5 - 20	200	4φ10AII	0.23	0.58
С6 - 20	200	4φ10AII	0.25	0.63
С4.5 - 25	200	4φ10AII	0.29	0.73
С5 - 25	200	4φ10AII	0.32	0.80
С5.5 - 25	200	4φ10AII	0.35	0.88
С6 - 25	200	4φ12AII	0.38	0.95
С3 - 30	200	4φ10AII	0.28	0.70
С3.5 - 30	200	4φ10AII	0.33	0.83
С4 - 30	200	4φ10AII	0.37	0.93
С4.5 - 30	200	4φ10AII	0.42	1.05
С5 - 30	200	4φ10AII	0.46	1.15
С5.5 - 30	200	4φ12AII	0.51	1.28
С6 - 30	200	4φ12AII	0.56	1.38
С7 - 30	200	4φ12AII	0.64	1.60
С8 - 30	250	4φ12AII	0.73	1.83
С9 - 30	250	4φ12AII	0.82	2.05
С10 - 30	250	4φ14AII	0.91	2.28
С11 - 30	250	4φ16AII	1.00	2.50
С12 - 30	250	4φ16AII	1.09	2.73
С8 - 35	250	4φ12AII	1.00	2.50
С9 - 35	250	4φ12AII	1.12	2.80
С10 - 35	250	4φ14AII	1.24	3.10
С11 - 35	250	4φ16AII	1.37	3.43
С12 - 35	250	4φ16AII	1.49	3.73
С13 - 35	300	4φ16AII	1.61	4.03
С14 - 35	300	4φ18AII	1.73	4.33
С15 - 35	300	4φ18AII	1.86	4.65
С16 - 35	300	4φ20AII	1.98	4.95
С13 - 40	300	8φ12AII	2.10	5.25
С14 - 40	300	8φ14AII	2.26	5.62
С15 - 40	300	8φ16AII	2.43	6.05
С16 - 40	300	8φ16AII	2.58	6.45

Б. Арматура напрягаемая

СН13 - 40	400	8φ10AII	2.10	5.25
СН14 - 40	400	8φ10AII	2.26	5.65
СН15 - 40	400	8φ12AII	2.32	6.05
СН16 - 40	400	8φ12AII	2.58	6.45
СН17 - 40	400	8φ14AII	2.74	6.85
СН18 - 40	400	8φ16AII	2.90	7.25
СН19 - 40	400	8φ18AII	3.06	7.65
СН20 - 40	400	8φ20AII	3.22	8.05

Железобетонные цельные полые круглые сваи с наконечником

Марка сваи	Марка бетона	Продольная арматура	Расход бетона м ³	Вес, т
СКУ - 40Н	300	8φ8AII	0.37	0.92
СКУ - 50Н	300	8φ8AII	0.45	1.13
СКУ - 60Н	300	10φ8AII	0.69	1.76
СКУ - 80Н	400	14φ8AII	1.02	2.53
СК5 - 40Н	300	8φ8AII	0.42	1.07
СК5 - 50Н	300	8φ8AII	0.56	1.41
СК5 - 60Н	300	10φ8AII	0.85	2.12
СК5 - 80Н	400	14φ8AII	1.23	3.08
СК6 - 40Н	300	8φ8AII	0.60	1.24
СК6 - 50Н	300	8φ8AII	0.86	1.65
СК6 - 60Н	300	10φ8AII	1.00	2.50
СК6 - 80Н	400	14φ8AII	1.45	3.63
СК7 - 40Н	300	8φ8AII	0.58	1.44
СК7 - 50Н	300	8φ8AII	0.77	1.93
СК7 - 60Н	300	10φ8AII	1.16	2.90
СК7 - 80Н	400	14φ8AII	1.67	4.18
СК8 - 40Н	300	8φ8AII	0.86	1.67
СК8 - 50Н	300	8φ8AII	0.88	2.21
СК8 - 60Н	300	10φ8AII	1.32	3.30
СК8 - 80Н	400	14φ8AII	1.89	4.73
СК9 - 40Н	300	8φ8AII	0.74	1.84
СК9 - 50Н	300	8φ8AII	0.98	2.46
СК9 - 60Н	300	10φ8AII	1.47	3.67
СК9 - 80Н	400	14φ8AII	2.11	5.28
СК10 - 40Н	300	8φ8AII	0.83	2.07
СК10 - 60Н	300	8φ8AII	1.09	2.73
СК10 - 80Н	400	14φ8AII	1.63	4.07
СК11 - 40Н	300	8φ8AII	0.91	2.27
СК11 - 50Н	300	8φ8AII	1.19	2.98
СК11 - 60Н	300	10φ8AII	1.79	4.47
СК11 - 80Н	400	14φ8AII	2.55	6.38
СК12 - 40Н	300	8φ8AII	0.99	2.47
СК12 - 50Н	300	8φ8AII	1.30	3.26
СК12 - 60Н	300	10φ8AII	1.95	4.87
СК12 - 80Н	400	14φ8AII	2.77	6.93

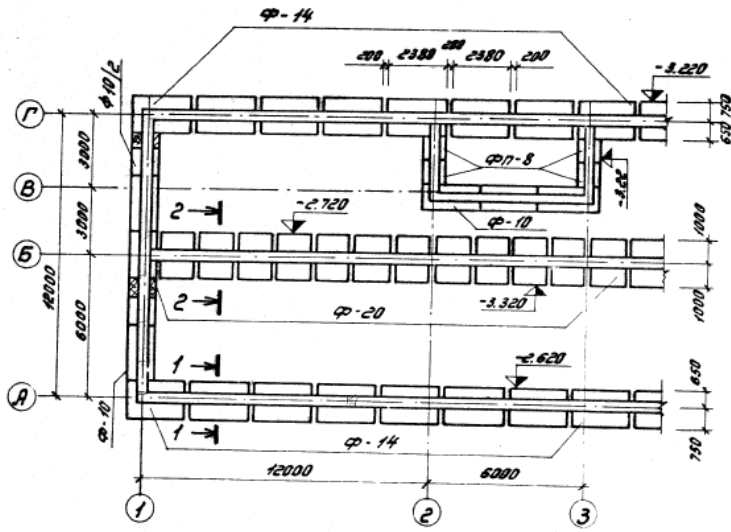
α	20	25	30	35	40	50	60	80
А	15	15	25	30	35	45	55	75
Б	-	-	-	-	8	8	10	10

Подробнее о сваях см.:
Свайные фундаменты
(Справочное пособие)
Будивальник - 1977.

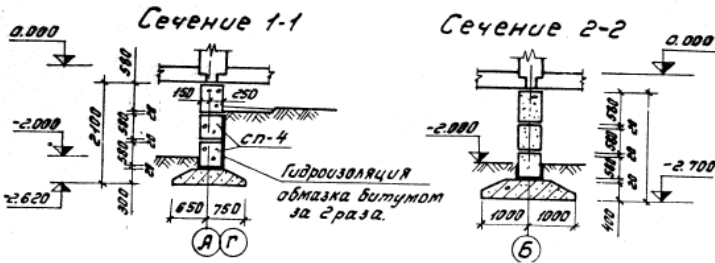
Сваи. Лист 6

Сборный железобетонный фундамент здания с несущими стенами.

План

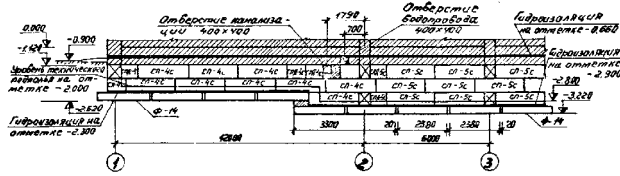


Развертки фундаментов см. на следующем листе.



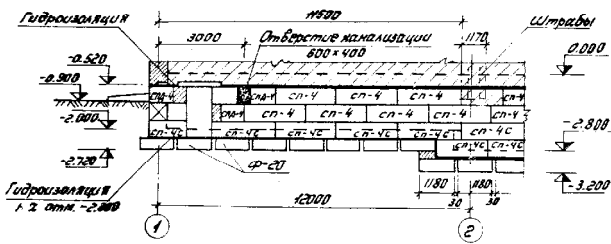
Сборный фундамент здания Лист 9

Развертка фундаментов по оси Г



План фундаментов см. на листе

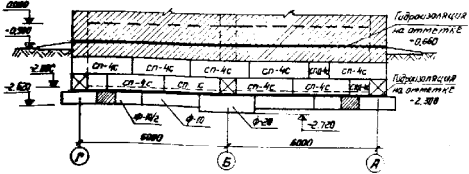
Развертка фундаментов по оси Б



Спецификация фундаментных и стеновых блоков на все здание

Блоки	Кол-во шт.	Размеры, мм			Масса т
		Д	В	Н	
Фундаментные					
ФП-1	14	1180	800	300	0,648
ФП-10	10	2380	1000	300	1,525
Стеновые					
СП-4	65	2380	400	580	1,010
СП-4С	107	2380	400	580	1,300

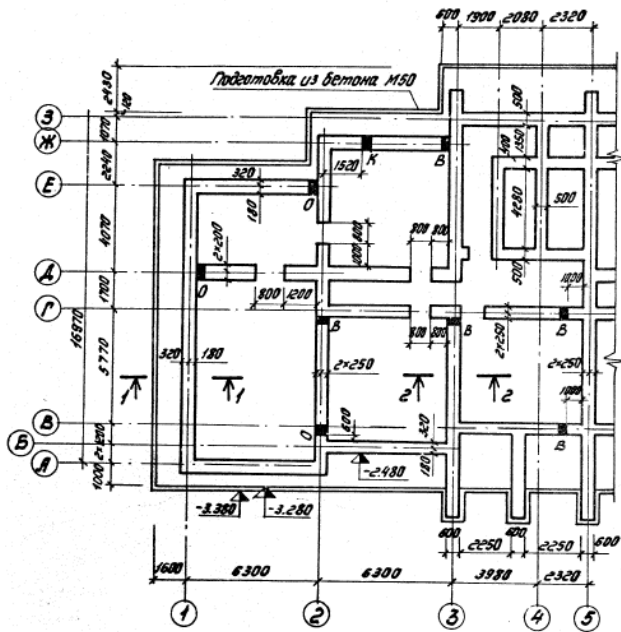
Развертка фундаментов по оси А



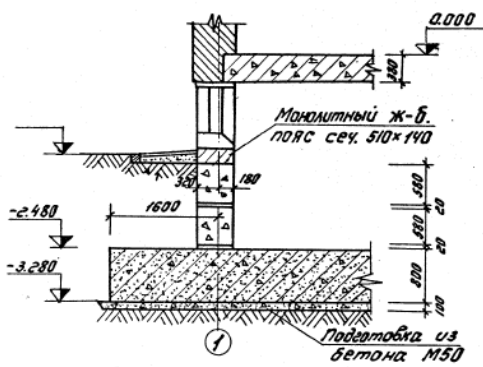
Развертки фундаментов. Лист 10

Плитный фундамент здания повышенной этажности.

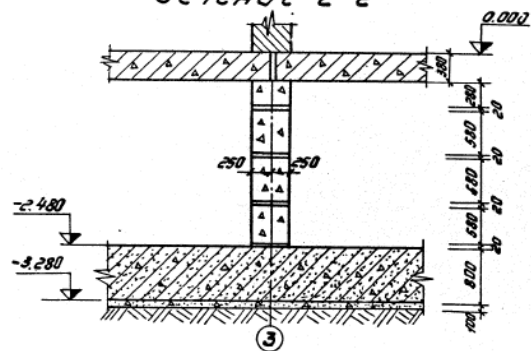
План



Сечение 1-1



Сечение 2-2



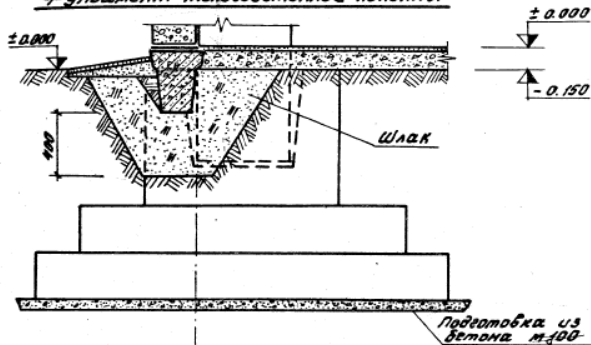
Типы отверстий

Назначение индекс	Размер б × в	▽ н/з
Водопровод	В 300 × 500	-1.120
Канализация	К 300 × 500	-2.480
Отопление	О 250 × 300	-2.000

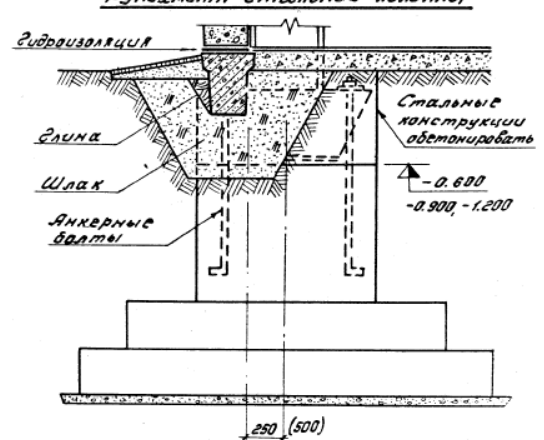
Плитный фундамент здания.

Лист 11

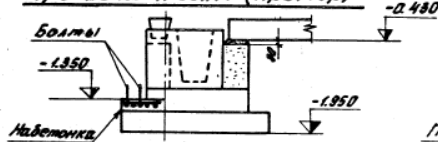
Фундамент железобетонной колонны



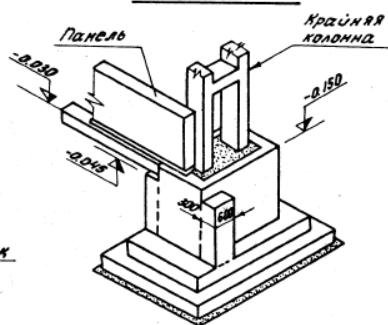
Фундамент стальной колонны



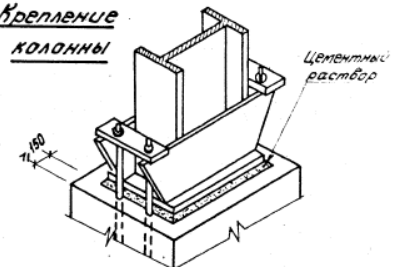
Прибивка к осям (пример)



Общий вид



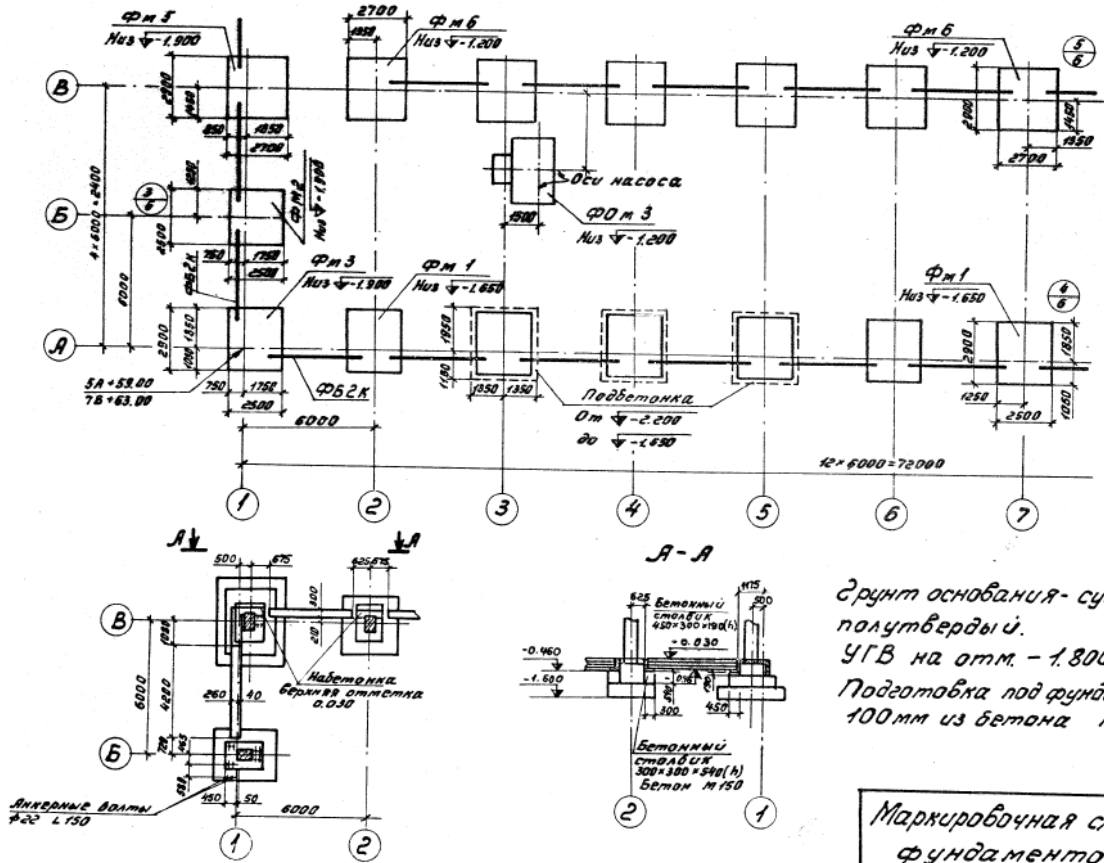
Крепление колонны



Фундаменты под колонны промышленных зданий

Лист 13

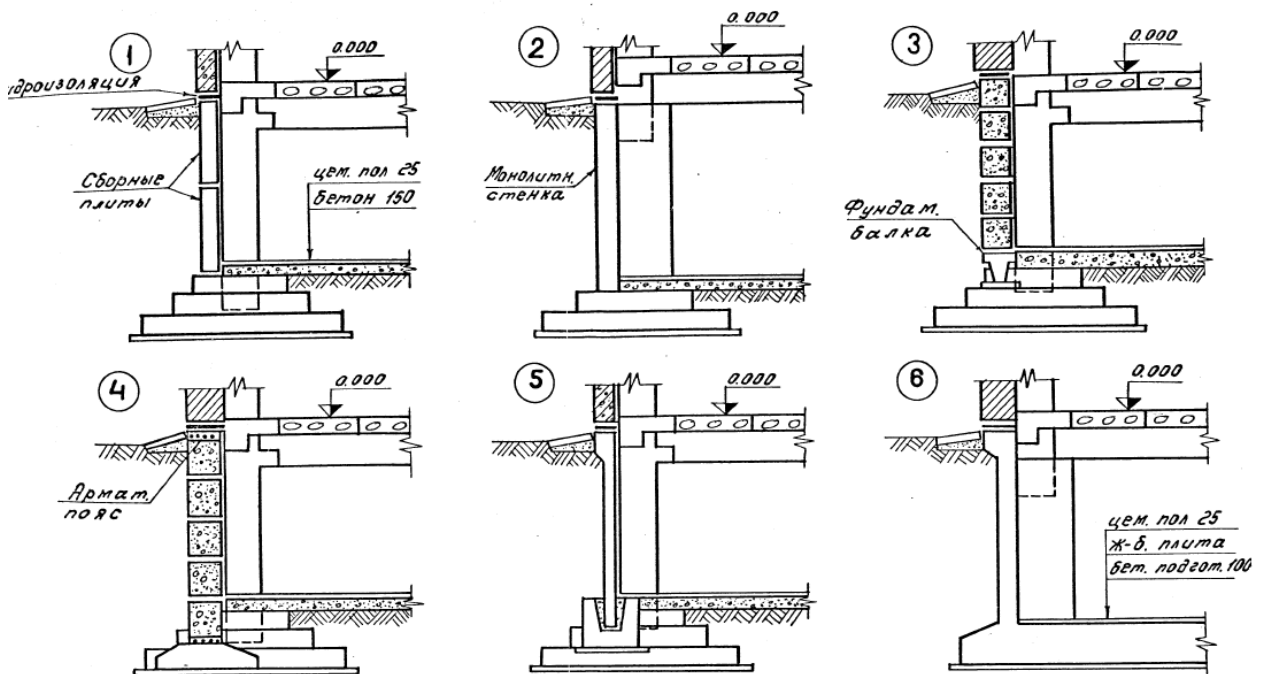
Маркировочная схема фундаментов и фундаментных балок.



Грунт основания - суглинок полутвердый.
УГВ на отм. -1.800
Подбетонка под фундаментами 100мм из бетона М50

Фундаменты и стены подвалов каркасных зданий.

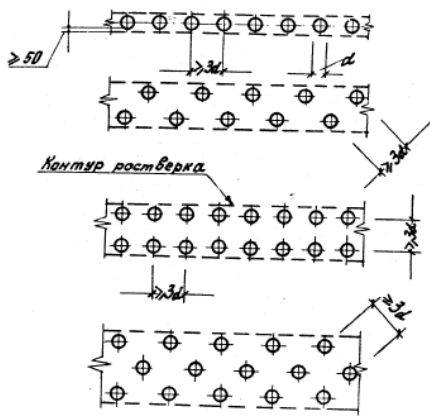
Уровень грунтовых вод низкий



Наружная поверхность стен подвалов покрывается битумом два раза.

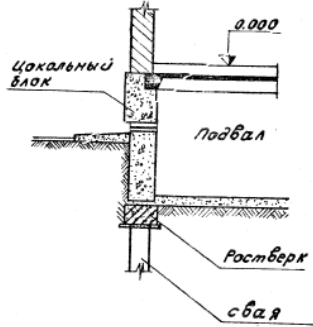
Стены подвалов	Лист 16
----------------	---------

Размещение свай в плане

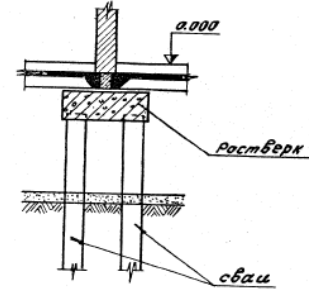


Фундамент крупнопанельного дома с проделанными несущими стенами.

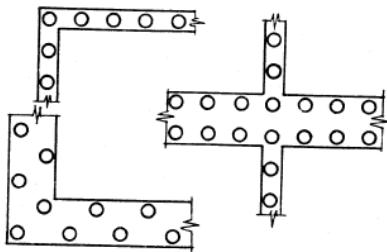
а) наружная стена



б) внутренняя стена

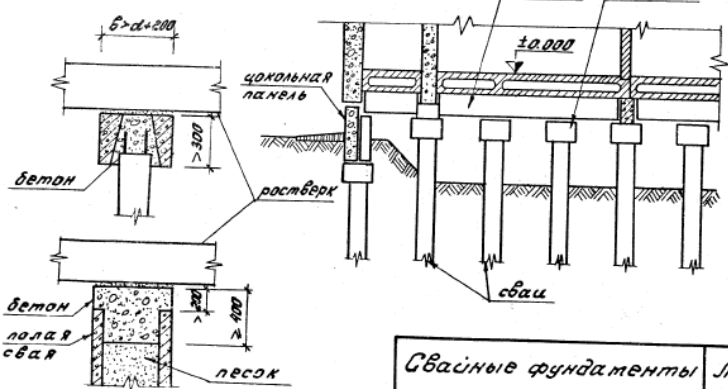


Размещение свай в углах и пересечениях стен.



Фундамент дома с техническим подпольем

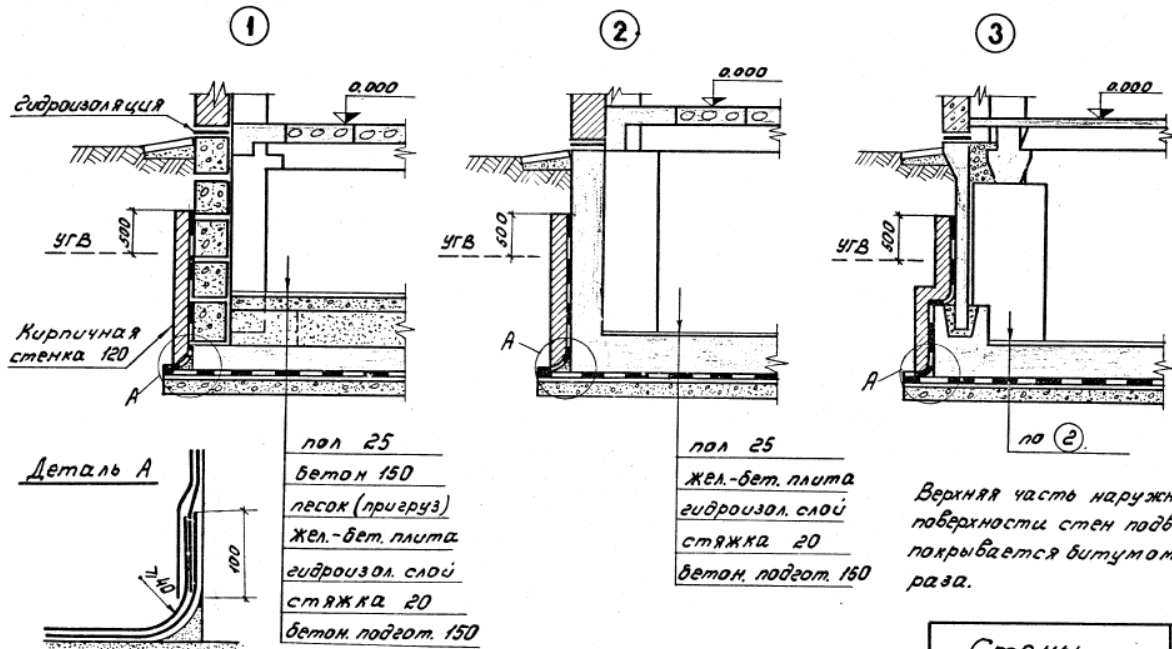
Оголовки



Свайные фундаменты под стены Лист 18

Фундаменты, стены и гидроизоляция подвалов каркасных зданий

Уровень грунтовых вод высокий

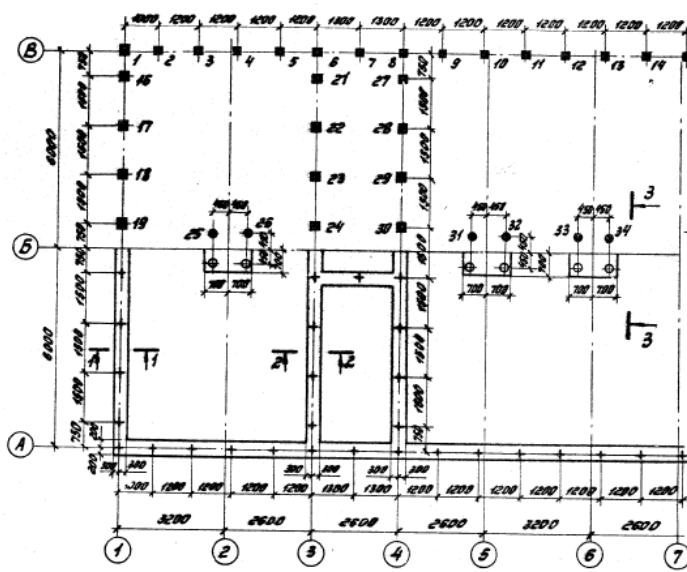


Стены подвалов Лист 17

Свайные фундаменты под стены

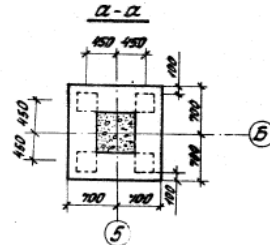
План свай и ростверков

М 1:100



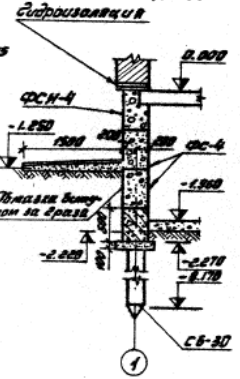
Обозначения на плане свай

- + сваи 300×300 длиной 6.0 м отметка голов - 2.220
- о сваи 300×300 длиной 8.0 м отметка голов - 2.650



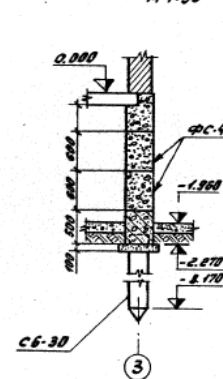
Сечение 1-1

М 1:50

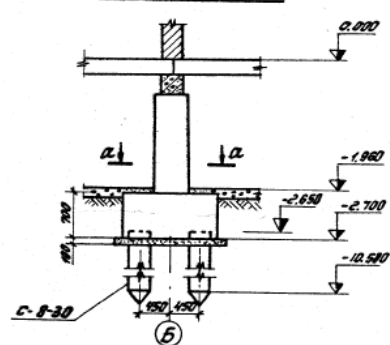


Сечение 2-2

М 1:50



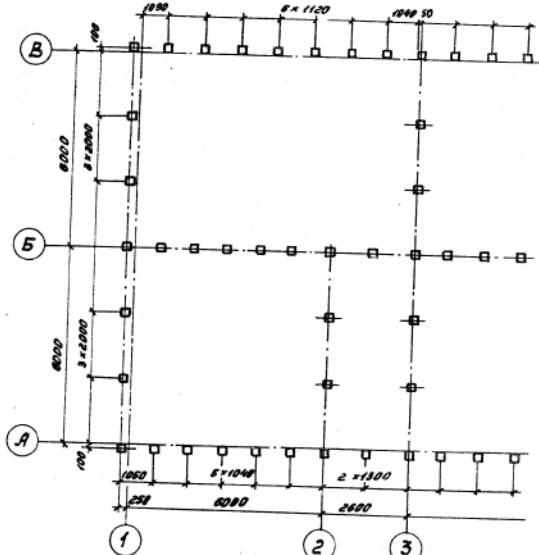
Сечение 3-3



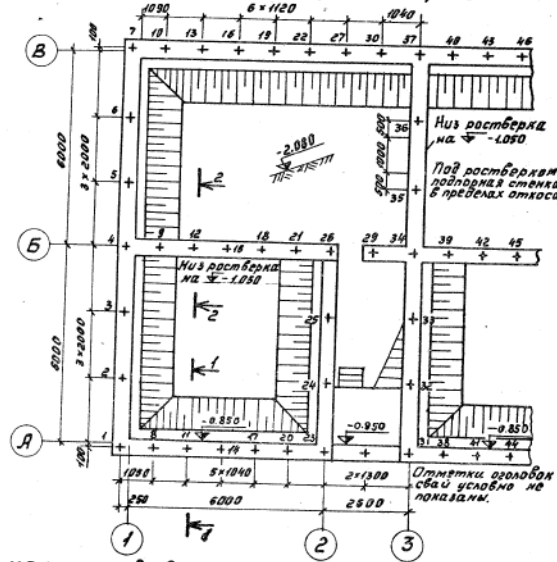
Свайный фундамент (пример) Лист 19

Фундаменты кирпичных и крупноблочных зданий - свайные с монолитным железобетонным ростверком

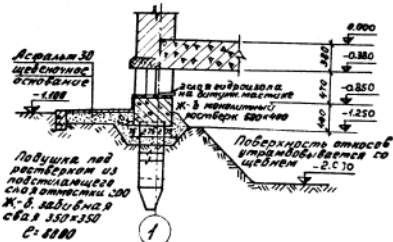
План свай



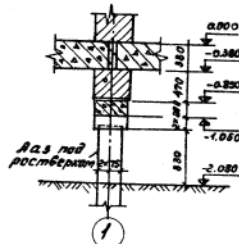
План ростверков



Сечение 1-1



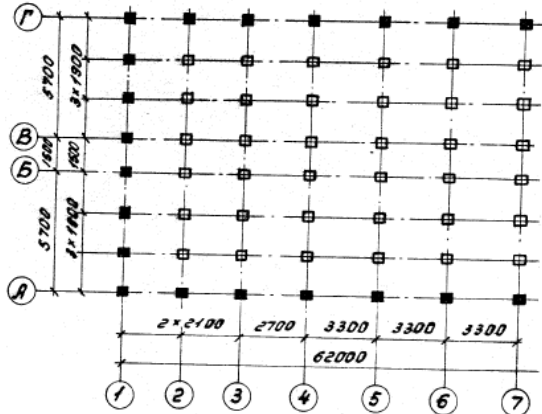
Сечение 2-2



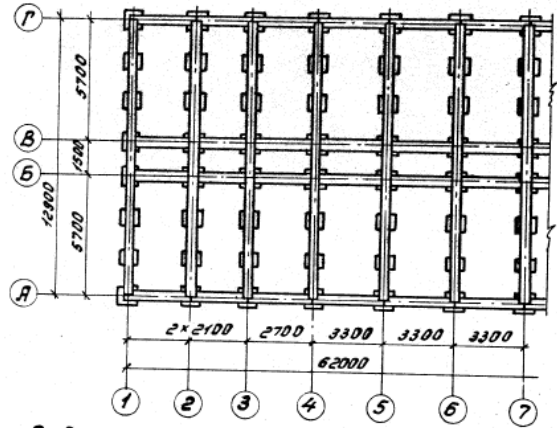
Свайные фундаменты зданий Лист 20

Фундамент панельного здания на сваях и сборным железобетонным растверком.

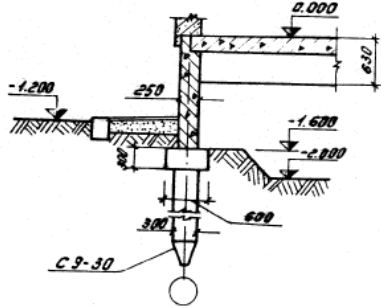
План свай



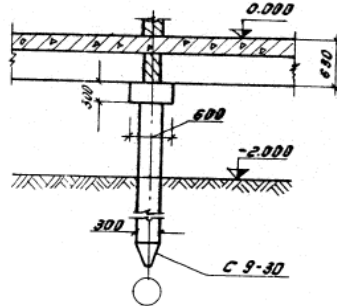
План растверков и балок



Сечение 1-1



Сечение 2-2



Отметки голов свай:

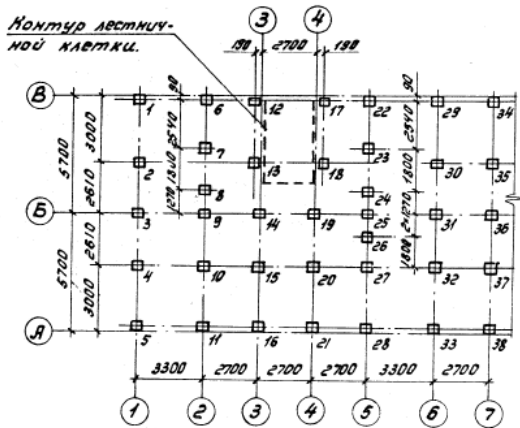
■ - 1.700; □ - 0.730

Конструкцию оголовков свай см. на листе

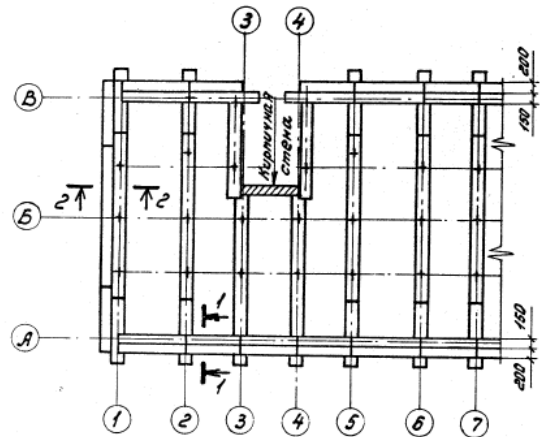
Свайный фундамент. Лист
Растверк сборный. 21

Фундамент панельного здания на сваях и сборным растверком

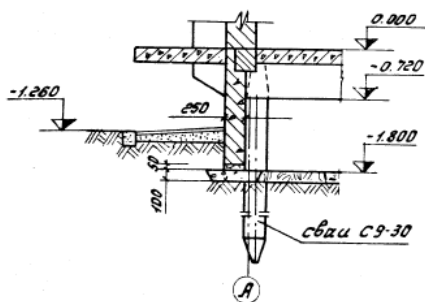
План свай



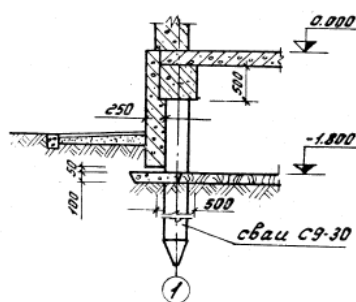
План растверков



Сечение 1-1



Сечение 2-2



Головки свай срезать на - 0.670

Свайный фундамент. Лист
Растверк сборный. 22

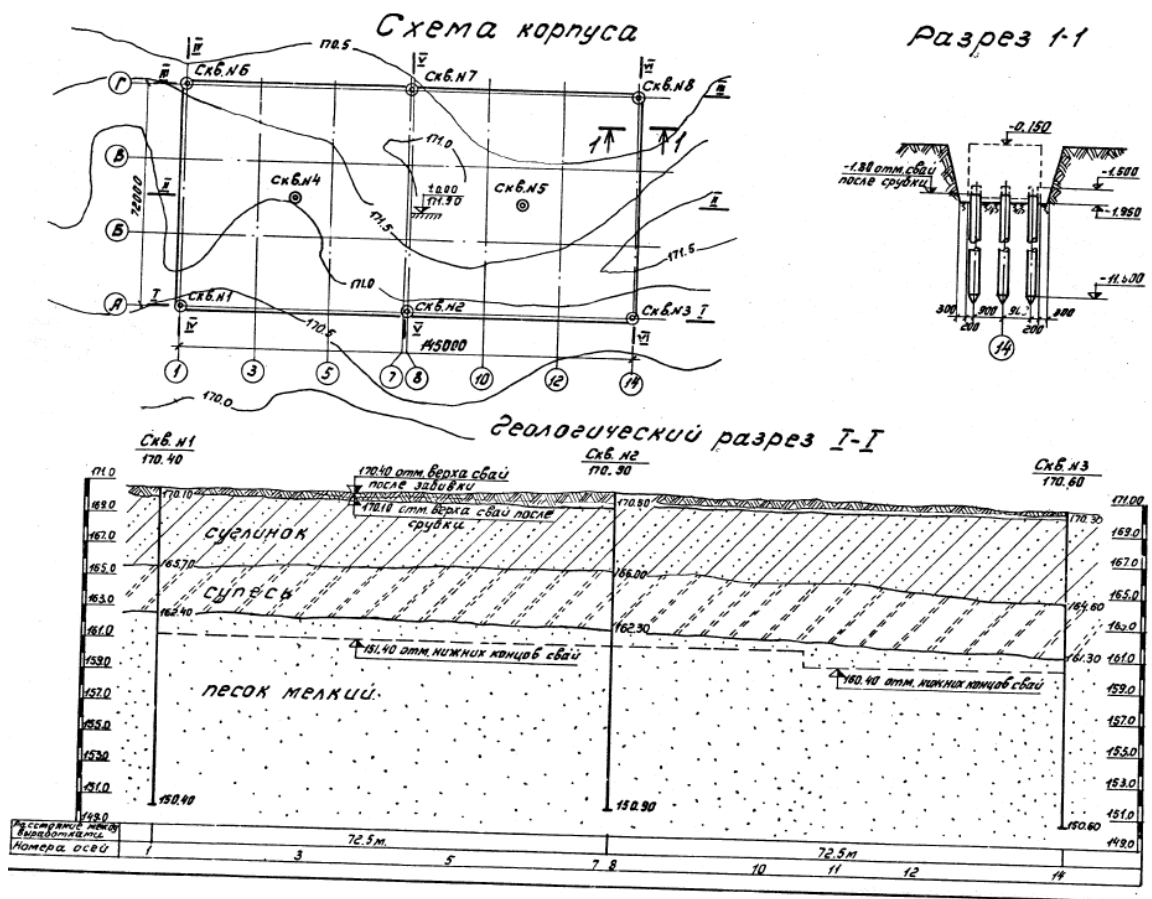
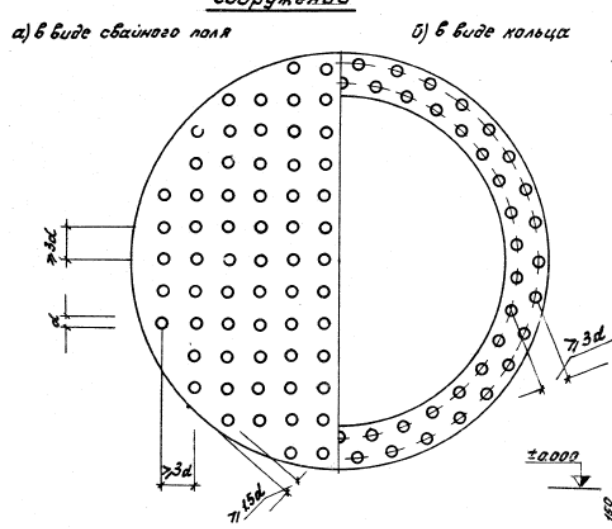


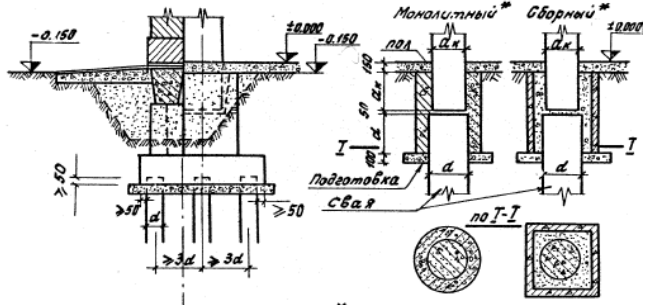
Схема корпуса, геологические условия
 Лист 23

Свайные фундаменты под колонны. Размещение свай в плане.

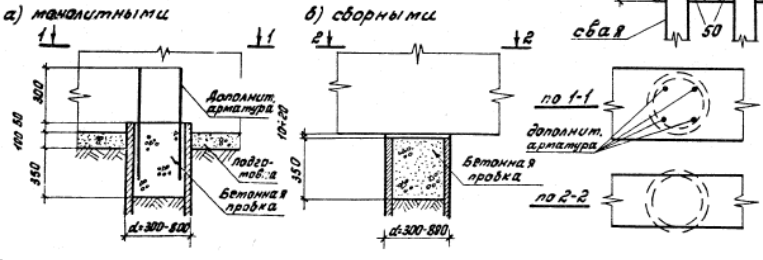
Размещение свай в фундаментах высоких круглых сооружений



Роствержки



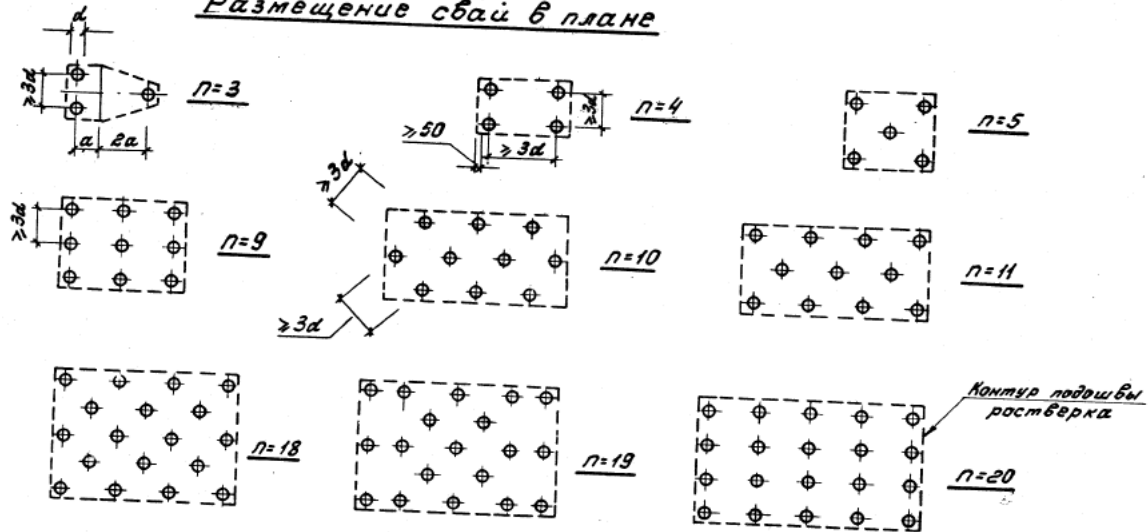
Сопряжение полых круглых свай с роствержками



1. Марка бетона роствержка - не менее 150.
2. Армирование роствержек - стержнями периодического профиля из ст. А-III диаметром не менее 10мм с шагом 200мм.
3. Конструкция сборного ж.б. роствержка принимается аналогично монолитному роствержку.
4. Размеры роствержек рекомендуется принимать:
 - в плане: подушки, ступеней и подколоники кратными 300 мм;
 - по высоте: плиты части, ступеней и подколоники кратными 150 мм.

Свайные фундаменты под колонны
 Лист 24

Размещение свай в плане

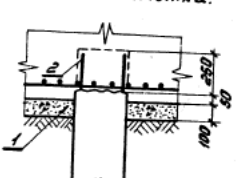
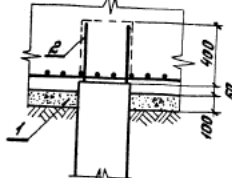
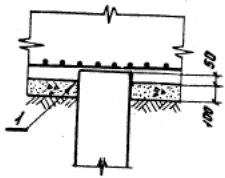


Заделка свай в монолитные растверки.

а) При работе на нормальные сжимающие усилия.

б) При работе на выдергивание.

в) При нагрузке до проектной отметки.



1 - Бетонная подготовка; 2 - Выпуски продольной арматуры.

Примечания

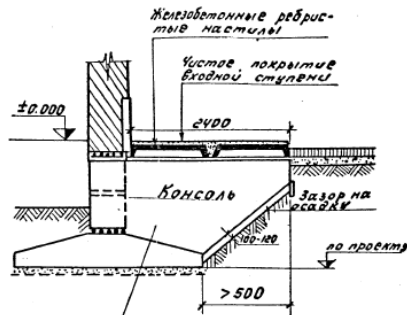
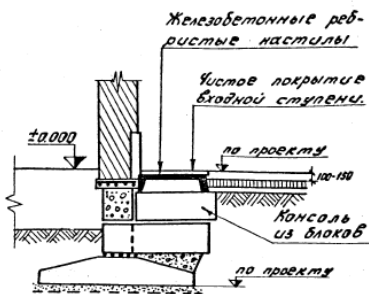
n - количество свай.
Размеры подошвы растверки рекомендуется принимать кратными 300 мм.

Размещение и заделка свай фундаментов под колонны

лист 25

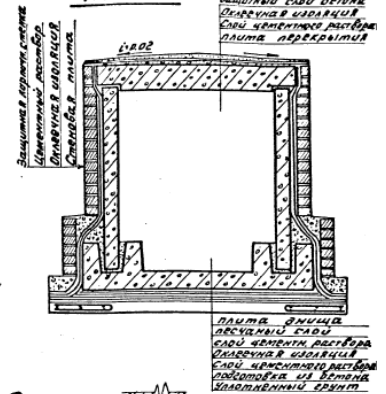
Специальные фундаменты

Фундаменты крылец

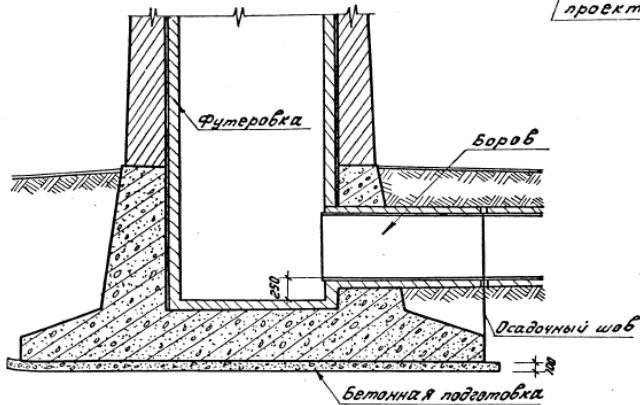


Расстояние между консолями - по проекту.

Канал

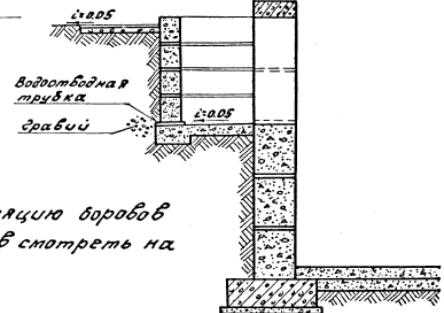


Фундамент дымоходной трубы



Гидроизоляцию бортов и подбалов смотреть на листах.

Прямой

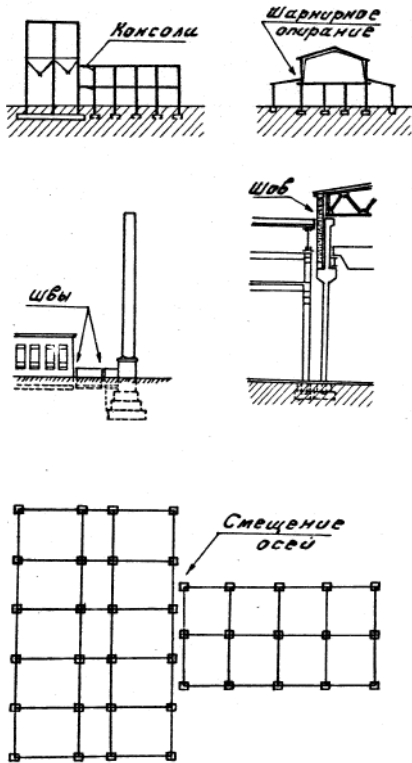


Специальные фундаменты

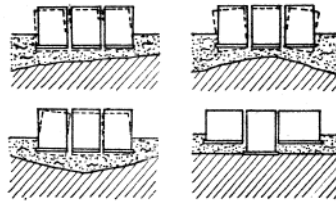
лист 26

Осадочные швы

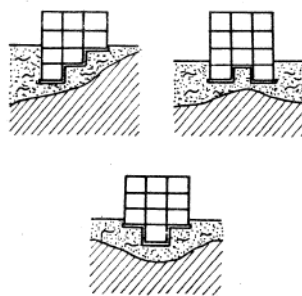
Различные нагрузки



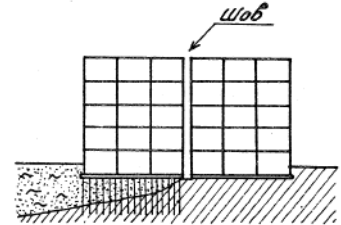
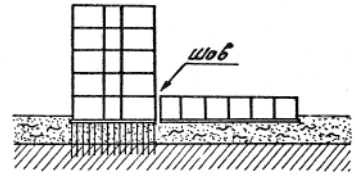
Смена грунтов основания



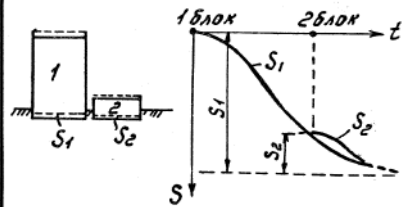
Изменение подземного контура здания по грунтовым условиям



Разные типы оснований



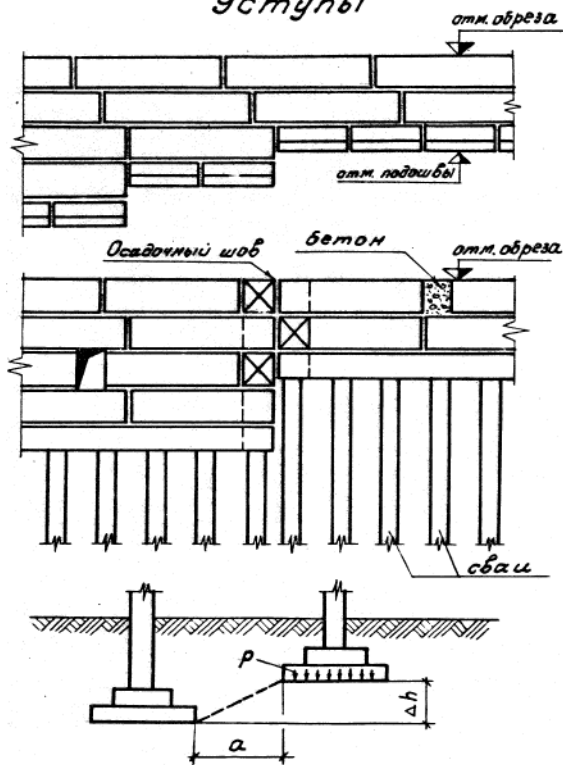
Регулирование очередности строительства



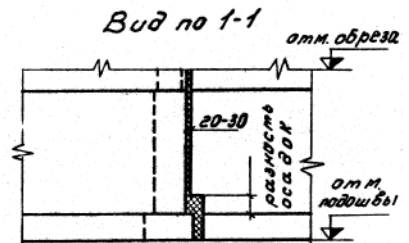
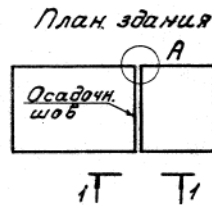
Осадочные швы

Лист 27

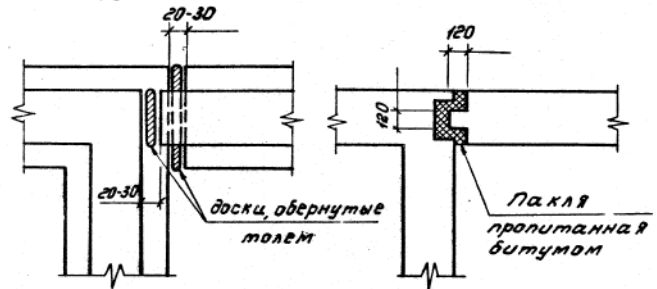
Уступы



Осадочный шов



Шов в фундаменте, узел А. Шов в стене, узел А.



Устройство осадочных швов в каркасных зданиях см. в литературе.

$$\frac{\Delta h}{a} \leq t_g \varphi + \frac{c}{p}$$

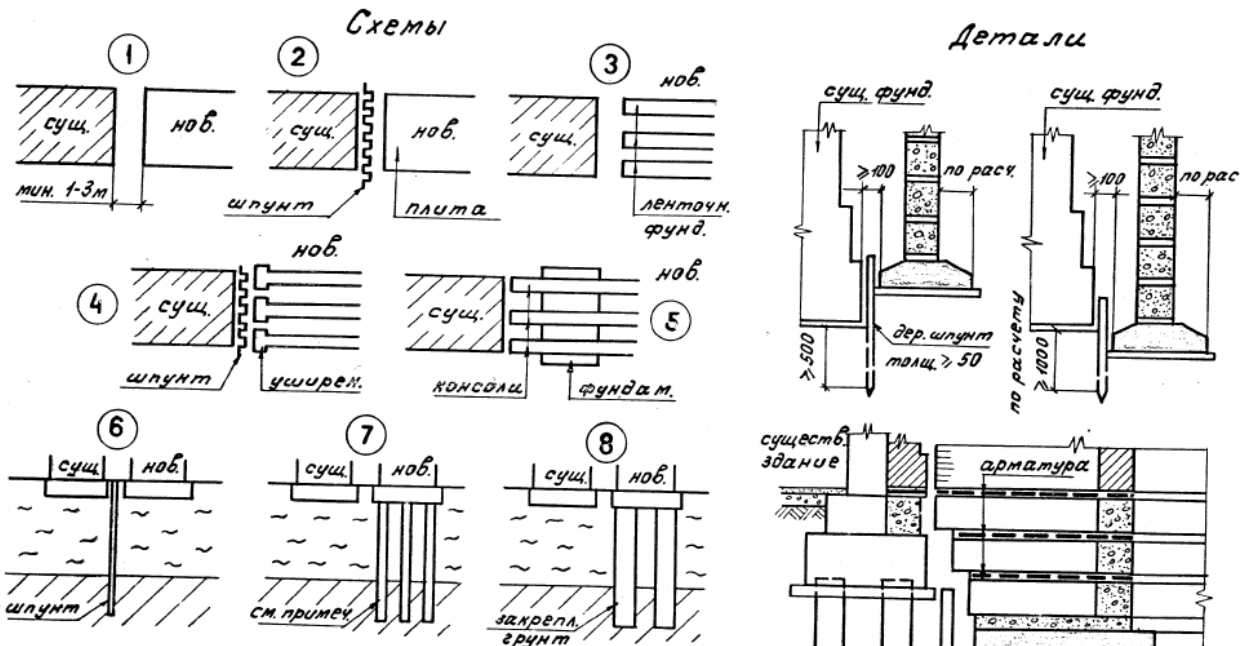
φ - угол внутреннего трения,
 c - сцепление грунта,
 p - давление по подошве верхнего фундамента.

Уступы
Осадочный шов

Лист 28

Примыкание фундаментов

Примыкание новых фундаментов к фундаментам существующих зданий



Примечания

1. Примыкания 1-5 изображены в плане.
2. Примыкание 7 выполняется на сваях (набивных, вдавливаемых, забиваемых, погружаемых в лидерную скважину) или методом «стена в грунте».

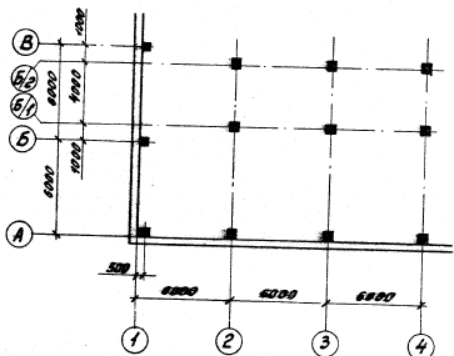
Примыкания фундаментов Лист 29

Общие требования к чертежам

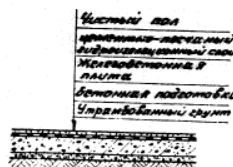
Основная надпись чертежа

40	(Масштаб)	(Наименование чертежа)			Версия №
	Чертеж	ЛИИЖТ. Капремонт			Лист №
	Проверка	Основания и фундаменты			Шифр
	Принят				
	35	45	15	75	25

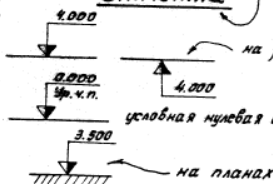
Маркировка разбивочных осей



Выносные линии к инженерно-строительным конструкциям

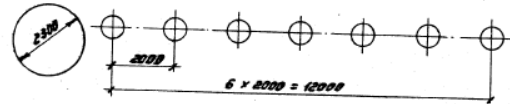


Отметки



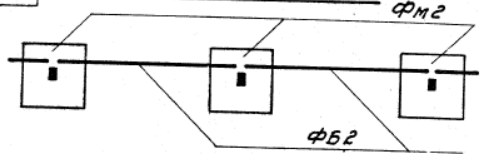
Названия подчеркивать

Размеры и надписи

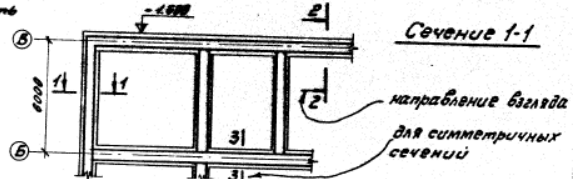
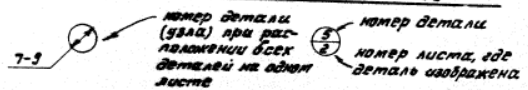


Размер шрифта = высота прописных букв h (мм)
 h = 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14 мм для чертежей, вылояк в квадрате 1:100 и крупнее

Маркировка элементов

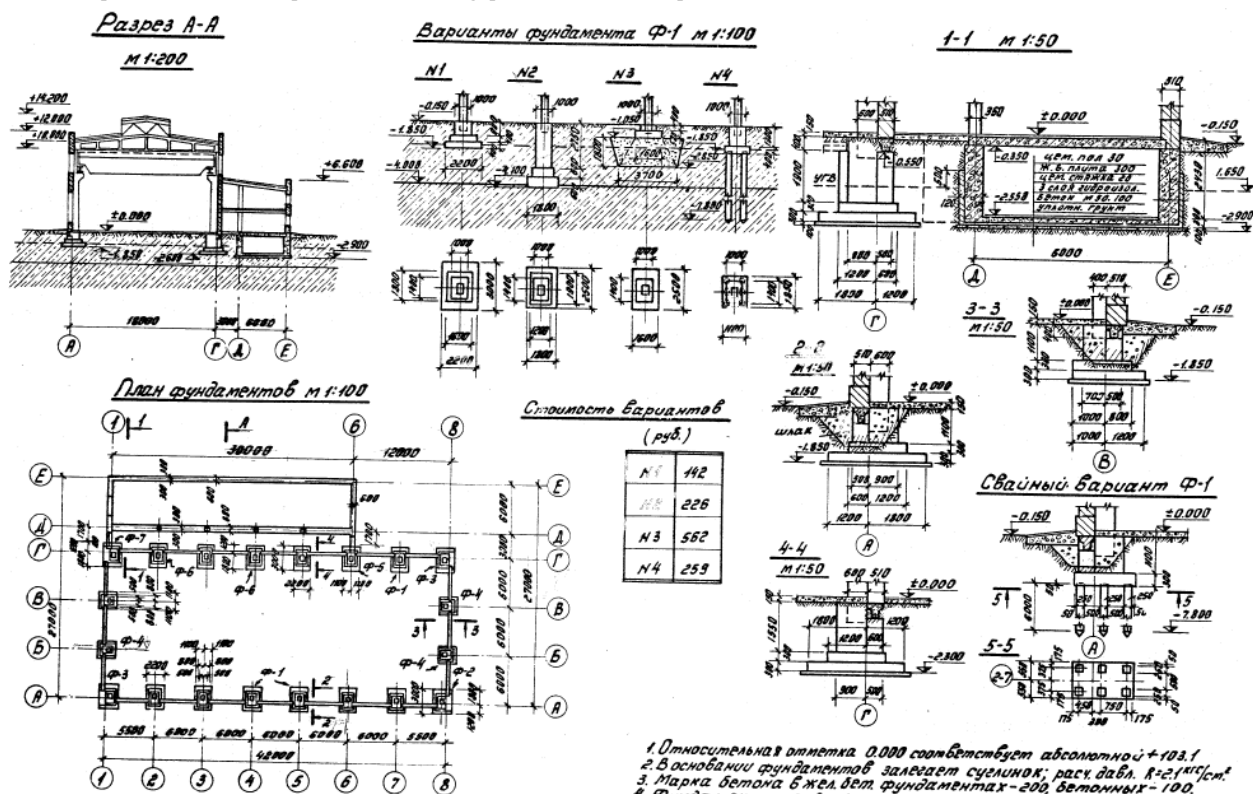


Ссылки на детали (узлы)



Общие требования к чертежам Лист 30

Содержание чертежей курсового проекта



Содержание чертежа (Фундамент на естественном основании.) Лист 31

