

ЗАО «Проект-8»

Реконструкция существующего административного здания и строительство офисных зданий, жилых домов с офисными помещениями и подземными автостоянками, инженерных сооружений по ул. Лермонтовской, ул. Филимоновской, ул. Тельмана, пер. Соборному в г. Ростове-на-Дону

РАСЧЕТ ШПУНТОВОГО РЯДА КАК ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО БАРЬЕРА  
МЕЖДУ АДМИНИСТРАТИВНЫМИ ЗДАНИЯМИ  
(СЕКЦИЯМИ ЗА И ЗВ)

Технический отчет

027-2004-ЗВ-1

Генеральный директор ЗАО «Проект-8»

А.Е. Смехунов

Главный инженер проекта

Н.В. Ген

Исполнитель:  
руководитель группы

А.И. Русаков

2011

## Аннотация

Объект расчета 027-2004-3В представляет собой четырехэтажное административное здание с мансардой по ул. Лермонтовской, ул. Филимоновской, ул. Тельмана, пер. Соборному в г. Ростове-на-Дону. Здание имеет монолитный железобетонный каркас, состоящий из перекрытий, колонн и диафрагм жесткости. В подвале оборудована одноярусная автостоянка. Четвертый этаж мансардный, выполнен как несущая рамная металлоконструкция, на которой смонтированы облегченные ограждающие конструкции.

Шпунтовый ряд, разделяющий вновь построенное здание 3В и ранее построенное административное здание 3А, содержит 29 буронабивных свай с шагом от 420 до 630 мм (средний шаг 0,5 м) диаметром 165 мм.

Здание 027-2004-3А четырехэтажное, кирпичное, с ленточным фундаментом, четвертый этаж — облегченная мансардная надстройка. Здание прошло реконструкцию с возведением мансардного этажа в 2004 году.

Настоящий отчет содержит результаты деформационных расчетов основания под зданием 3А для оценки влияния нового строительства — здания 3В — на состояние конструкций объекта 3А. При расчете влияния нового строительства на деформации основания учтено наличие геотехнического барьера в виде разделительного шпунтового ряда. Расчеты показывают, что фактические дополнительные деформации основания соответствуют допускаемым значениям.

## Содержание

1. Условия строительства. Задание на расчет . . . . .	4
2. Теоретические положения расчета . . . . .	7
3. Исходные данные и результаты расчета. Вывод . . . . .	10
4. ЛИТЕРАТУРА . . . . .	14
ПРИЛОЖЕНИЕ . . . . .	15

## 1. Условия строительства. Задание на расчет

Объект расчета 027-2004-3В представляет собой четырехэтажное административное здание с мансардой по ул. Лермонтовской, ул. Филимоновской, ул. Тельмана, пер. Соборному в г. Ростове-на-Дону. Здание имеет железобетонный каркас с плитным фундаментом. В проведенном расчете это здание является источником деформаций основания под объектом влияния — четырехэтажным кирпичным зданием 027-2004-3А с ленточным фундаментом. Для устранения дополнительных деформаций основания между зданиями расположен шпунтовый ряд, который содержит 29 буронабивных свай с шагом от 420 до 630 мм (средний шаг 0,5 м) диаметром 165 мм.

Согласно отчету «Заключение по результатам обследования строительных конструкций и разделительного шпунтового ряда», выполненному ООО «БТП» в соответствии с договором №755 от 05.03.2010 г., имеются отклонения от проектных требований в длине свай ряда: по проекту длина свай 7,5 м, по результатам обследования [1] — не менее 6 м.

План фундамента объекта 027-2004-3В показан на рис. 1. Здесь же дан разрез, показывающий взаимное расположение фундаментов рассматриваемых зданий. Схема разделительного шпунтового ряда по проекту дана на рис. 2. Объект влияния — здание 027-2004-3А — имеет прямоугольный в плане подвал размерами 26,65×11,65 м; фундамент ленточный по периметру подвала.

Результаты геологических изысканий на площадке строительства представлены в отчете [2]. В нем, в частности, указывается, что подъем грунтовых вод не ожидается, однако со стороны ул. Филимоновской возможно техногенное замачивание грунтов. Поскольку эта улица находится на удалении более 30 м от разделительного шпунтового ряда, возможность замачивания грунтов в расчетах не учитывалась. План расположения скважин геологических изысканий на площадках строительства, геологические разрезы и сведения о грунтах приведены ниже в приложении.

### Задание.

Выполнить оценку деформаций основания под зданием 027-2004-3А, вызванных строительством здания 027-2004-3В, и по результатам расчета дать заключение о разрушающем влиянии нового строительства. В расчете учесть наличие разделительного шпунтового ряда с длиной свай, уменьшенной до 6 м сравнительно с проектной длиной 7,5 м.

Схема расположения конструкций здания

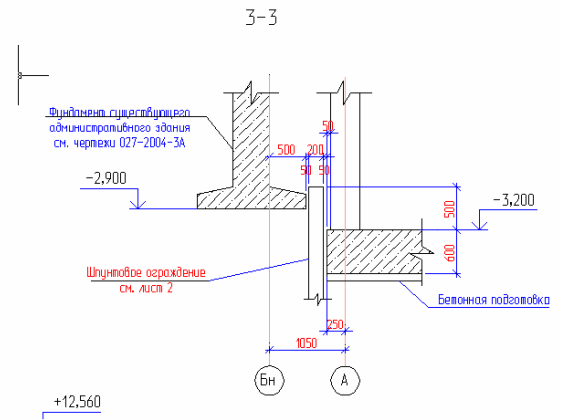
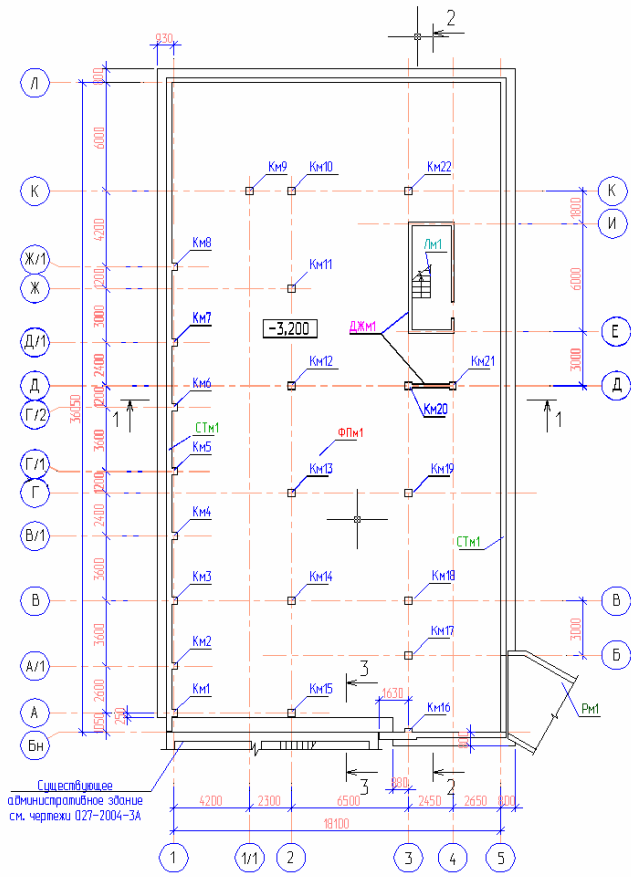


Рис. 1

Схема расположения шпунтового ряда

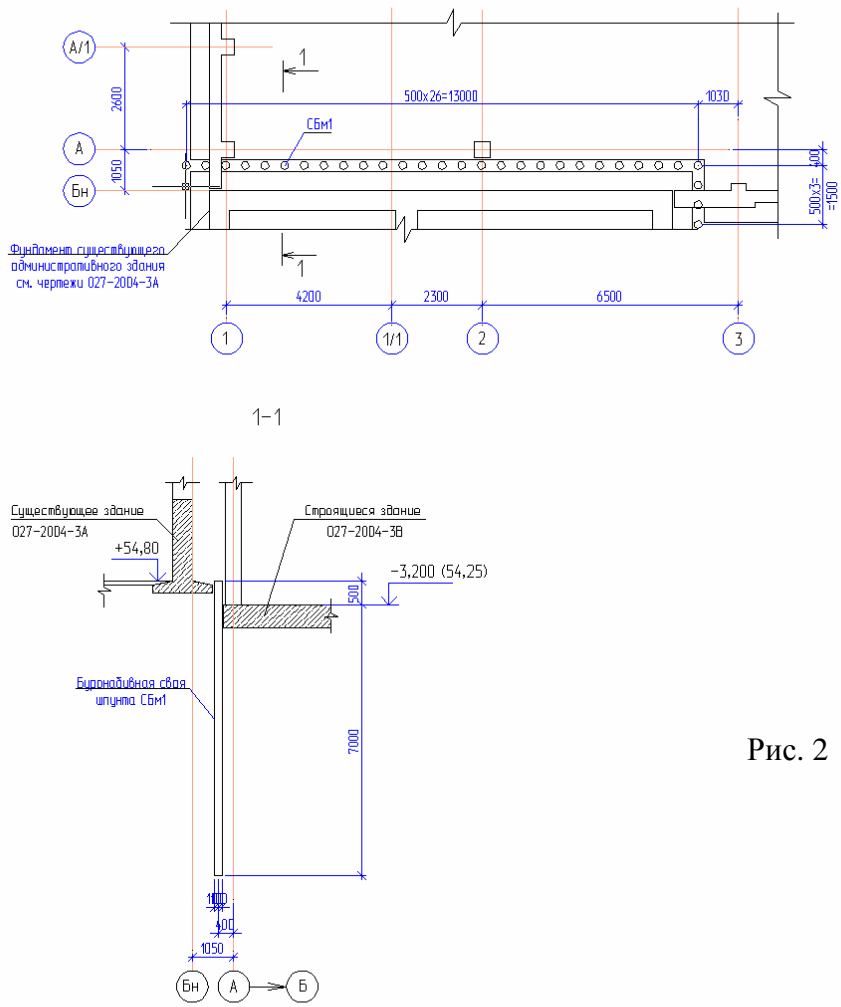


Рис. 2

## 2. Теоретические положения расчета

В расчете предполагается, что вертикальное перемещение шпунтовых свай определяется конечными деформациями массива грунта под ними. Иначе говоря, исключается возможность бесконечно больших деформаций грунта на поверхности свай, что происходит при вдавливании свай вследствие вертикальной нагрузки с раздвиганием толщи грунта.

Деформации грунта учитываются на глубину сжимаемой толщи  $H_c$ , устанавливаемую по СП 50-101-2004, п. 5.5.

Перемещение основания под шпунтовой свайей устанавливается как перемещение верхней границы упругого столбика грунта вследствие дополнительных вертикальных напряжений. Столбик грунта располагается под свайей до низа сжимаемой толщи. Согласно этому допущению осадку под шпунтовой свайей следует вычислять по формуле:

$$s = \sum_{i=k}^n \frac{\sigma_{zp,i} h_i}{E_i}, \quad (2.1)$$

Здесь  $\sigma_{zp,i}$  — дополнительное вертикальное напряжение<sup>1</sup>;  $k$  — номер слоя с кровлей под концом свай (рис. 3, а). В отличие от аналогичной формулы (5.14) СП 50-101-2004, здесь не учитывается понижающий коэффициент  $\beta = 0,8$  и не учитывается составляющая осадок, вызванная восстановлением вертикального напряжения на величину его уменьшения при отрывке котлована. Понижающий коэффициент учитывает боковое обжатие грунта, которым мы пренебрегаем, а также сдвиговые деформации вокруг рассматриваемого столбика. В целом, применение формулы (2.1) обеспечивает завышение осадок и ухудшение условий работы фундамента здания-объекта влияния.

Расчет дополнительного вертикального напряжения ведется по методу угловых точек, причем заданный влияющий фундамент рассматривается как два одинаковых рядом расположенных условных фундамента (рис. 3, б). Точка А на рисунке находится по середине короткой стороны заданного фундамента и под этой точкой определяются осадки шпунта. На указанной стороне фундамента, при постоянном в плане давлении со стороны плиты, осадка в точке А наибольшая, и в этом смысле точку А следует считать расчетной.

Согласно принципу независимого действия сил на глубине  $z$  под точкой А дополнительное вертикальное напряжение равно удвоенному напряжению под углом любого из условных фундаментов на рис. 3:

$$\sigma_{zp,A} = 2\sigma_{zp,c}(z).$$

Согласно методу угловых точек [3] угловое напряжение определяется относительной глубиной  $\zeta = \frac{z}{b/2}$  и дополнительным вертикальным давлением под подошвой плиты  $p_0 = p - \sigma_{zg,0}$  согласно формуле:

<sup>1</sup> Это обозначение соответствует СНиП 2.02.01-83\* и противоречит СП 50-101-2004.

$$\sigma_{zp,c} = \frac{\alpha(\zeta)p_0}{4}.$$

Здесь  $\alpha(\zeta)$  — табличная функция, представленная как в СП 50-101-2004, так и в СНиП 2.02.01-83\*, причем при ее вычислении в данном случае следует брать соотношение сторон условного, а не заданного фундамента  $\eta = \frac{l}{b/2}$ .

Для искомого напряжения получаем:

$$\sigma_{zp,A} = \frac{\alpha(\zeta)p_0}{2}; \quad (2.2)$$

$$\zeta = \frac{2z}{b}. \quad (2.3)$$

При расчете глубины сжимаемой толщи потребуется вычислить зависимость вертикального напряжения от внешней нагрузки  $\sigma_{zp,O} = \sigma_{zp,O}(z)$  в центре фундамента — точке  $O$ . Данная величина определяется согласно п. 5.5.32 СП 50-101-2004 и отличается по физическому смыслу от дополнительного вертикального напряжения, которое вводилось в СНиП 2.02.01-83\* и применяется в настоящем отчете. Ее вычисляем по формуле

$$\sigma_{zp,O} = \alpha(\zeta)p,$$

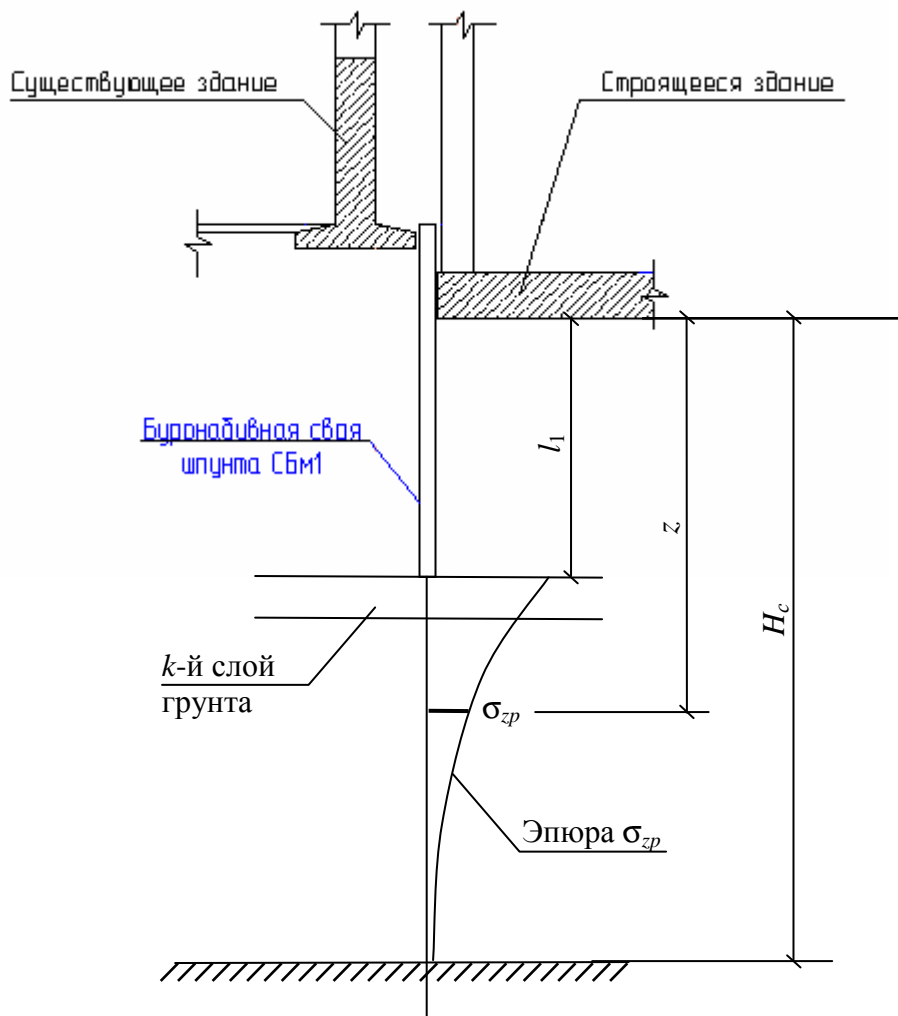
где  $\zeta$  вычисляется по формуле (2.3) и полагается  $\eta = l/b$ .

Кроме того, в расчете глубины сжимаемой толщи используется зависимость от  $z$  вертикального напряжения от собственного веса грунта, вычисляемого по формуле

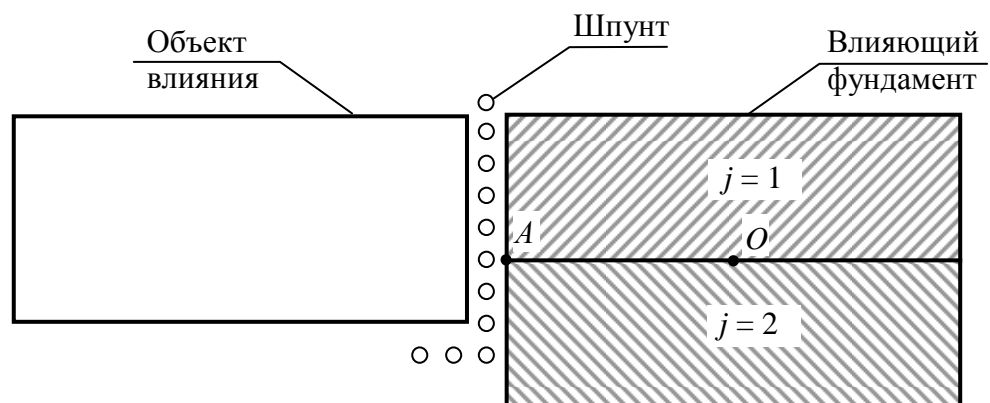
$$\sigma_{zg} = \gamma'd_n + \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i.$$

После расчета искомой осадки шпунта допустимость деформаций основания в результате нового строительства проверяется сравнением полученной осадки с допуском, задаваемым рекомендациями [4, приложение 5]. Указанный документ задает также требования к относительной разности осадок, которую следует вычислять, предполагая, что осадка, вызванная новым строительством, на противоположной стороне здания нулевая. Последнее утверждение следует из п. 9.4, абзац 5, названных рекомендаций.





а)



б)

Рис. 3

### 3. Исходные данные и результаты расчета. Вывод

Для определения среднего давления, создаваемого фундаментной плитой здания ЗВ на основание, использовался расчет по конечно-элементной модели каркаса, описанной в отчете [5]. Расчетная суммарная нагрузка по загрузениям представлена в п. 2.1 названного отчета. Нормативная нагрузка на основание получается суммированием нагрузок по всем вертикальным загрузениям с учетом коэффициентов надежности по нагрузке:

$$P_{зд} = \frac{4055}{1,1} + \frac{180}{1,3} + \frac{1056}{1,2} + \frac{52}{1,4} = 4742 \text{ т.}$$

Этому соответствует среднее давление  $p = 7,3 \text{ т/м}^2$ .

Структура грунтов для расчета деформаций задается по скважине 28 и представлена на рис. 4. Сопоставляя структуру грунтов по скважинам, расположенным вблизи здания ЗВ (см. Приложение), можно установить, что грунт под фундаментом этого здания достаточно однородный в плане. Поэтому выбор скважины для расчета не имеет особого значения. Скважина 28 выбрана, поскольку она находится вблизи от точки А расчета осадки (см. рис. 3).

Глубина заложения фундамента берется от уровня природного рельефа, поскольку планировка территории выполнена подсыпкой.

Физико-механические характеристики слоев грунта взяты из итоговой таблицы (см. Приложение).

Габариты влияющего фундамента  $b = 18,1 \text{ м}$ ;  $l = 36,1 \text{ м}$ .

Результаты расчета сведены в табл. 1. В расчете толща грунта разделена на подслои толщиной 1 м. Номер подслоя обозначен  $i$ . Это же обозначение служит для нижней границы подслоя. Верхняя граница подслоя 1 указана номером 0.

Заметим, что в таблице вычисляется дополнительное вертикальное напряжение  $\sigma_{zp,A}(z_i)$ , которое в обозначениях СП 50-101-2004 есть разность напряжений на заданной глубине  $\sigma_z - \sigma_{zg} = \sigma_{zp} - \sigma_{zr}$ .

В ходе заполнения табл. 1 использовались интерполяционные значения  $\alpha(\zeta)$ , сведенные в табл. 2.

Коэффициент  $k$ , используемый в уравнении относительно  $H_c$ :

$$\sigma_{zp,O}(H_c) = k\sigma_{zg}(H_c), \quad (2.4)$$

принят  $k = 0,46$  согласно п. 5.5.41, в, СП 50-101-2004. Согласно табл.1 получаем решение этого уравнения  $H_c = 5,0 \text{ м}$ . С учетом минимально допустимого значения искомой глубины имеем

$$H_c = 4 + 0,1b = 5,8 \text{ м.}$$

Глубина погружения нижнего конца свай составляет 4,9 м. Таким образом, необходимо установить осадку (2.1) в слое толщиной  $h_k = 0,9 \text{ м}$ . Для расче-

та гарантирующей осадки можно взять дополнительное вертикальное напряжение из 6 строки табл. 1, после чего по формуле (2.1) получаем

$$s = \frac{0,752 \cdot 0,9}{1210} = 0,6 \text{ мм.}$$

Согласно приложению 5 документа [4] в наиболее неблагоприятной категории работоспособного состояния здания-объекта влияния допускается дополнительная осадка 1 см. Таким образом, дополнительные фактические осадки в результате нового строительства не могут ухудшить состояния здания 3А.

Соответствующая дополнительная относительная разность осадок составляет в данном случае

$$\frac{\Delta s}{l} = \frac{0,0006}{3,0} = 0,0002,$$

где  $l$  — расстояние между соседними ленточными фундаментами здания 3А. Допуск на эту величину составляет 0,0007. Следовательно, дополнительная относительная разность осадок допустима.

**Вывод. Дополнительные деформации основания здания 3А, возникшие в результате строительства здания 3В, не могут ухудшить состояния строительных конструкций здания 3А.**

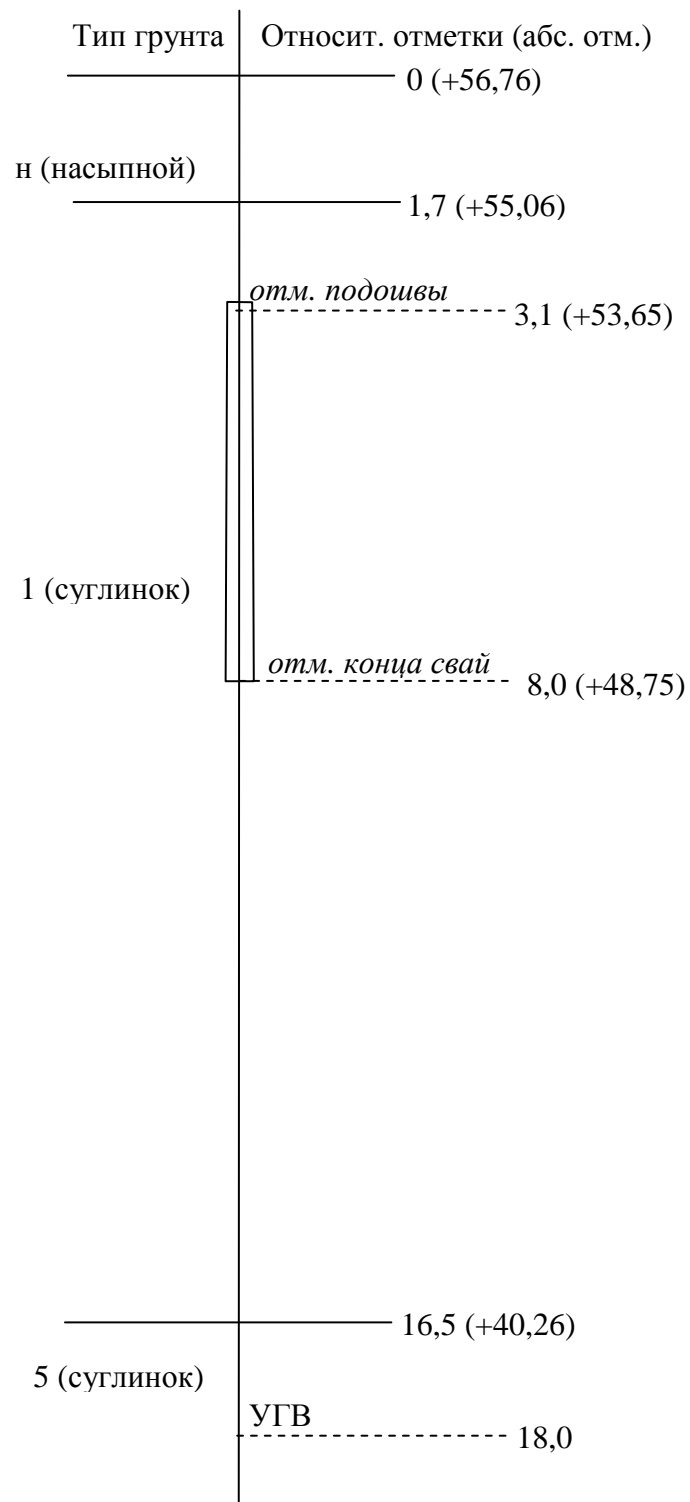


Рис. 4. Структура грунта в скв. 28

Таблица 1

$i$	$z, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$E, \text{ т/м}^2$	$\zeta$	$\alpha$ при $\eta = 4$	$\sigma_{zp,A}, \text{ т/м}^2$	$\alpha$ при $\eta = 2$	$\sigma_{zp,O}, \text{ т/м}^2$	$\sigma_{zg}, \text{ т/м}^2$	$k\sigma_{zg}, \text{ т/м}^2$
0	0	1	1210	0	1,000	0,8	1,000	7,3	5,70	2,62
1	1	1	1210	0,110	0,994	0,795	0,993	7,25	7,54	3,47
2	2	1	1210	0,221	0,987	0,790	0,986	7,20	9,38	4,31
3	3	1	1210	0,331	0,981	0,785	0,979	7,15	11,22	5,16
4	4	1	1210	0,442	0,967	0,774	0,963	7,03	13,06	6,01
5	5	1	1210	0,552	0,940	0,752	0,935	6,83	14,90	6,85
6	6	1	1210	0,663	0,913	0,730	0,904	6,60	16,74	7,70
7	7	1	1210	0,773	0,887	0,710	0,876	6,39	18,58	8,54
8	8	1	1210	0,884	0,853	0,682	0,837	6,11	20,42	9,39
9	9	1	1210	0,994	0,817	0,654	0,799	5,83	22,26	10,23
10	10	1	1210	1,1050	0,782	0,627	0,756	5,52	24,10	11,09
11	11	1	1210	1,2155	0,746	0,597	0,719	5,25	25,94	11,93

Таблица 2

Переменная	Значения					
	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
$\zeta$	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
$\alpha$ при $\eta = 4$	1,000	0,977	0,880	0,751	0,633	0,537
$\alpha$ при $\eta = 2$	1,000	0,975	0,869	0,724	0,589	0,477

## ЛИТЕРАТУРА

1. Заключение (дополнительное). Проведение натуральных экспериментальных исследований свай шпунтового ряда на объекте: «4-этажное административное здание с мансардой (поз. 3В)», расположенном по адресу: переулок Соборный, 66а. г. Ростов-на-Дону, ООО «Геобезопасность», 2010. Вып. по договору №01/10 от 12.03.10 г.
2. Инженерно-геологические изыскания на площадке реконструкции административного корпуса в застройке квартала по пер. Соборный, ул. Тельмана, ул. Филимоновская, дома (№4А, 4Б, 5) в г. Ростове-на-Дону. Технический отчет. ООО «ТОН», 2007. Арх. № 30-226.
3. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Справочник проектировщика / Под ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. М.: Стройиздат, 1985.
4. Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположены вблизи нового строительства или реконструкции. М.: НИИОСП им. Н.М. Герсеванова, 1998.
5. Проверочный расчет армирования колонн 4х-этажного административного здания с мансардой. Технический отчет. 027-2004-3В. ЗАО «Проект-8», 2010.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Сведения о грунтах по результатам ИГЭ,  
выполненным ООО «ТОН»

Приложение удалено

Дополнение к техническому отчету  
«Расчет шпунтового ряда...» (шифр 027-2004-3В-1)

Следующее замечание экспертизы потребовало изменить численные данные расчета. Об обоснованности замечания см. ФЗ 384 и распоряжение правительства РФ N 1047-р.

Замечание 3.2.4. Осадку основания фундаментов шириной  $b \geq 10$  м следует определять при нагрузке  $P_0 = P$ , где  $P$  — среднее давление под подошвой фундамента — требование п. 2 прил. 2 СНиП 2.02.01-83.

Расширенный ответ:

Замечание принимается. Расчет деформаций основания в результате нового строительства выполнялся по СП 50-101-2004, а не по СНиП 2.02.01-83\*. Для сокращения выкладок в отчете использовалось понятие дополнительного вертикального напряжения, введенное в СНиП 2.02.01-83\*, а также обозначение для этой величины  $\sigma_{zp,i}$ . Данная величина суть разность напряжений в числителе формулы (5.14) СП:

$$\sigma_{zp} - \sigma_{z\gamma} = (\sigma_z - \sigma_{zu}) - (\sigma_{zg} - \sigma_{zu}) = \sigma_z - \sigma_{zg}.$$

На заданной глубине по вертикали под угловой точкой фундамента эта разность вычисляется согласно формуле (5.18) СП с учетом (5.16), т. е. в виде  $0,25\alpha(p - \sigma_{zg,0})$ . Именно по этой формуле и велись вычисления в отчете, причем второе слагаемое формулы (5.14) не учитывалось согласно п. 5.5.34.

В то же время оценка осадки шпунта по СНиП 2.02.01-83\* полезна как гарантирующая (завышенная). Для этого пригодна табл. 1 отчета: глубина сжимаемой толщи по схеме линейно-деформируемого слоя составляет 9,1 м (см. приложение к ответам), в колонке 7 таблицы отчета первое число не 0,8, а 3,65, остальные величины изменяются пропорционально первому. Результат:  $s = 0,9$  см. Для существующего здания допускаемая дополнительная осадка не менее 1 см, следовательно, требования норм выполняются.



# Расчет осадки фундаментной плиты административного здания «ЗВ» по СНиП 2.02.01-83\*

Программа расчета оснований и фундаментов. "СтройЭкспертиза", Россия, г.Тула, тел.(0872) 35-78-88

## Результаты расчета

Расчет осадки фундаментной плиты

### 1. - Исходные данные:

Количество слоев 1

Характеристики грунта:

---

Номер слоя	Тип грунта	Модуль E	Ед. изм.
Слой 1	Глинистые	1210	тс/м <sup>2</sup>

---

Исходные данные для расчета:  
Прямоугольная плита

---

Наименование исходных данных	Величина	Ед. измерения
Длина вдоль Y	18.1	м
Ширина вдоль X	36.1	м
Толщина плиты	.6	м

---

Данные для вычисления расчетного сопротивления грунта:

Объемный вес 1.84 тс/м<sup>3</sup>  
Угол внутр. трения 14.8 °  
Сцепление 1.7 тс/м<sup>2</sup>

Условия работы конструкции:

Глубина котлована (hk) 3.1 м  
Расстояние до грунтовых вод (hv) -18 м  
Распределенная нагрузка q= 5.8 тс/м<sup>2</sup>

### 2. - Выводы:

Осадка фундаментной плиты 23.66 мм  
Условная глубина сжимаемой толщи 9.06 м  
Крен плиты вдоль оси X 0  
Крен плиты вдоль оси Y 0  
Примененная схема: линейно-деформируемого слоя. E<sub>mid</sub>= 1210 тс/м<sup>2</sup>

Расчет осадки плиты выполнен согласно СНиП 2.02.01-83\* "Основания зданий и сооружений".  
Давление под подошвой P= 7.3 тс/м<sup>2</sup> не превышает расчетное сопротивление 1 слоя, равное 29.21 тс/м<sup>2</sup>