РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ С ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПОДУШКОЙ ДЛЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ВОЗВОДИМЫХ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЦК КП МОЛДАВИИ
КИШИНЕВ 1974

gost.e-ecolog.ru

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие «Рекомендации» разработаны НИИ оснований им. Н. М. Герсеванова при участии института «Фундаментпроект» на основе результатов исследований работы свайных фундаментов с промежуточной подушкой, выполненных на специальном полигоне в г. Кишиневе, а также с учетом результатов внедрения этой конструкции на ряде объектов строительства.

Целью «Рекомендаций» является распространение в практике проектирования и строительства в сейсмических районах конструкции свайных фундаментов с промежуточной подушкой, позволяющей значительно уменьшить величины горизонтальных сил на сваи, передать часть вертикальных нагрузок грунту, а также исключить влияние на несущую способность свай колебаний сооружения.

Экспериментальные исследования свайных фундаментов с промежуточной подушкой выполнены под руководством д. т. н. Д. Д. Баркана, к. т. н. В. М. Шаевича и инж. Г. Н. Межевого.

Рекомендации составлены д. т. н. Д. Д. Барканом, к. т. н. В. М. Шаевичем, инж. Г. Н. Межевым (НИИ оснований им. Н. М. Герсеванова) и к. т. н. Ю. Г. Трофименковым, к. т. н. М. Н. Пинком, инж. Р. Е. Ханиным (институт «Фундаментпроект»).

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. 1. Настоящие «Рекомендации» распространяются на проектирование свайных фундаментов с промежуточной подушкой для зданий и сооружений, возводимых на площадках сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов.

Принципиальная схема конструкции приведена на рис. 1.

Примечание: Настоящие рекомендации не распространяются на проектирование свайных фундаментов с промежуточной подушкой в вечномерзлых грунтах, заторфованных и набухающих грунтах, просадочных грунтах II типа, на подрабатываемых территориях, на площадках с оползневыми явлениями и карстами.

1. 2. Применение свайных фундаментов с промежуточной подушкой следует производить на основании технико-экономического сравнения различных вариантов фундаментов.

1. 3. На основе натурных исследований установлено, что конструкция свайного фундамента с промежуточной подушкой практически исключает передачу на сваи горизонтальных нагрузок от верхних конструкций, возникающих при сейсмических воздействиях, в связи с чем при проектировании свай горизонтальные сейсмические нагрузки не учитываются.

II. УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

2. 1. Проектирование свайного фундамента с промежуточной подушкой включает:

— назначение конструкции сечения и длины свай, определение их несущей способности;

— определение необходимого количества свай в фундаменте для восприятия вертикальных нагрузок и конструирование свайного куста;

— определение размеров фундаментного блока и подушки;

— расчет оголовка как ж. б. элемента;

— расчет конструкции фундаментного блока, устанавливаемого на промежуточную подушку;

— расчет фундаментного блока на отрыв;

— расчет на сдвиг по подошве фундаментного блока от действия горизонтальных сейсмических сил;

— расчет фундамента с промежуточной подушкой по деформациям (по осадкам).

2. 2. Несущая способность свай определяется на основании данных отчета по инженерно-геологическим изысканиям по СНиП II—Б. 5—67*, при этом коэффициент условия работы принимается: $m = 1$, — когда промежуточная подушка подстилается рыхлыми, пылеватыми и мелкими песчаными грунтами, глинистыми грунтами с консистенцией $B > 0{,}75$, а также илистыми и предварительно неуплотненными просадочными грунтами;

$m = 1{,}2$ — для всех остальных грунтов.

Примечание: конструкция свай назначается такой же, как и для несейсмических районов.

2. 3. Количество свай определяется исходя из величин нагрузок, действующих на фундамент, и принятой несущей способности свай согласно указаниям СНиП II—Б. 5—67*, как для обычного свайного фундамента.

2. 4. Минимальное расстояние между осями свай в кусте рекомендуется принимать равным 3 диаметрам.

2. 5. Отрыв подошвы фундаментного блока не должен превосходить $^1/_3$ ее размера в плоскости момента.

2.6. Промежуточная подушка может выполняться из материалов, указанных в табл. 1, уплотняемых до объемной массы 2 т/м³ с контролем качества уплотнения.

2.7. Толщина промежуточной подушки над оголовками свай назначается в зависимости от принятой в проекте несущей способности сваи на вертикальную нагрузку и составляет:

— при нагрузках до 600 kH — 40 см,

— при нагрузках более 600 kH — 60 см.

2.8. Размеры фундаментного блока в плане должны быть не менее размеров свайного куста по наружным граням оголовков.

2.9. Размеры промежуточной подушки в плане должны быть увеличены по сравнению с размерами фундаментного блока не менее чем на 300 мм с каждой стороны.

2.10. Проектная отметка верха свай назначается из условия запуска неразрушенной части сваи в ж. б. оголовок на 100 мм. Арматура сваи срезается заподлицо с плоскостью торца сваи.

2.11. Ж. б. оголовки рекомендуется надевать на головы свай свободно, при этом зазоры между наружными гранями свай и боковыми гранями стаканной части оголовка рекомендуется принимать не менее 10 мм.

2.12. Размер a стороны квадратного в плане ж. б. оголовка должен находиться в пределах

$$d + 200 \text{ мм} \leqslant a \leqslant \frac{2}{3} L,$$

где d — размер стороны поперечного сечения сваи;

L — расстояние между осями свай в кусте;

при этом также необходимо соблюдение условия

$$\frac{N}{F_{or}} \leqslant 2{,}5 \text{ МПа}$$

где N — расчетная вертикальная нагрузка, приходящаяся на 1 сваю;

F_{or} — площадь оголовка сваи.

2.13. Толщина ж. б. оголовка над плоскостью торца сваи должна быть не менее $a - d$.

2.14. Пример конструирования квадратных в плане ж. б. оголовков приведен на рис. 2.

2.15. Расчет оголовков как ж. б. элемента выполняется в соответствии с требованиями СНиП II—В. 1—62*.

2.16. Фундаментный блок, устанавливаемый на промежуточную подушку, рассчитывается, как фундамент на естественном основании в соответствии с указаниями пп. 7.62, 7.63 СНиП II—В. 1—62*, от вертикальных реакций свай.

2.17. Расчет на сдвиг по подошве фундаментного блока выполняется по п. 3.77 СНиП II—А 12—69, при этом:

— коэффициент запаса на сдвиг рекомендуется принимать не менее 1,2;

— коэффициент трения бетона по поверхности промежуточной подушки следует принимать равным 0,4.

2. 18. Расчет свайного фундамента по деформациям состоит из определения осадки свайного куста $S_{св}$, осадки промежуточной подушки $S_п$ и общей осадки фундамента $S_ф$:

$$S_ф = S_{св} + S_п$$

2. 19. Осадка свайного куста определяется в соответствии с указаниями СНиП II—Б. 1—62* и СНиП II—Б. 5—67*.

2. 20. Осадка промежуточной подушки вычисляется по формуле

$$S_п = \frac{N^н \cdot h}{E \cdot F_{ог}},$$

где $N^н$ — нормативная вертикальная нагрузка, приходящаяся на 1 сваю;

h — толщина промежуточной подушки;

E — модуль деформации уплотненной промежуточной подушки, принимаемый в зависимости от материала подушки согласно табл. 1.

$F_{ог}$ — площадь оголовка

Таблица 1

№№ п.п	Наименование материала подушки	Модуль деформации в МПа
1.	Грунтогравийные и грунтощебеночные смеси:	
	— крупнозернистые	40—45
	— среднезернистые	35—40
	— мелкозернистые	25—30
2.	Песок крупнозернистый	20
3.	Песок среднезернистый	15
4.	Кислые доменные шлаки	25
5.	Дресва из изверженных пород	25
6.	Грунтощебеночные смесь с суглинистым заполнителем	25

Примечание: Для грунтогравийных и грунтощебеночных смесей (п. 1 таблицы) меньшие значения модулей деформации относятся к грунтогравийному материалу, большие — к грунтощебеночному.

III. УКАЗАНИЯ ПО ИСПЫТАНИЮ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ С ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПОДУШКОЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

3. 1. Испытания свайных фундаментов с промежуточной подушкой вертикальной статической нагрузкой следует проводить на стадии изысканий. Количество испытаний должно составлять 1% от общего числа свай для зданий или сооружений, но не менее двух.

3. 2. Испытаниями свайных фундаментов с промежуточной подушкой статической нагрузкой определяются несущая способность свай и осадка промежуточной подушки $S_п$, соответствующая нормативной нагрузке на сваю.

3. 3. Опытный фундамент устраивается односвайным, при этом площадь квадратной подошвы фундаментного блока принимается равной 1 м², а его высота — не менее 0,8 м. Промежуточная подушка выполняется с послойным уплотнением до заданной в проекте плотности, которая устанавливается контрольными измерениями; толщина подушки принимается по проекту, ее размер в плане — в соответствии с указаниями п. 2,9 настоящих «Рекомендаций».

3. 4. Испытания опытного фундамента вдавливающей статической нагрузкой могут производиться с использованием загрузочных платформ, либо с помощью домкрата, передающего реактивные усилия на анкерные сваи или анкерные установки с пригрузом.

3. 5. Порядок загружения, требования к измерительным приборам, устройство реперной системы, время выдержки нагрузок, условия затухания осадок, установка приборов, построение графиков испытаний и определение нагрузки, до которой должны быть доведены испытания, принимаются в соответствии с указаниями ГОСТ 5686—69 «Сваи и сваи-оболочки. Методы полевых испытаний».

3. 6. При испытаниях фундаментов вдавливающей статической нагрузкой следует производить измерения перемещений свай и фундаментного блока, а также величины нагрузки, передающейся на сваю.

Примечания. 1. При измерении перемещений свай необходимо обеспечить изоляцию элементов, соединяющих сваи с измерительными приборами, от промежуточной подушки. Конструкция соответствующего устройства, примерная схема которого приведена на рис. 3, должна быть предусмотрена программой испытаний.

2. Измерение нагрузки, передающейся на сваю, может производиться с помощью датчиков-динамометров, устанавливаемых на оголовки свай или вмонтированных в них. Конструкция датчиков, их размещение и схема измерений должны быть предусмотрены программой испытаний.

3. Если при испытаниях нет возможности производить измерение величины нагрузки, передающейся на сваю, необходимо выпол-

нить испытания отдельно сваи, которая или входит в состав опытного фундамента или забита в непосредственной близости от него. Свая, входящая в опытный фундамент, должна быть испытана не ранее, чем через 6 суток после испытаний опытного фундамента.

3.7. На основании результатов испытаний опытных фундаментов вдавливающей статической нагрузкой строятся графики (рис. 4) зависимости осадок $S_ф$, $S_{св}$ (фундаментного блока и сваи) от нагрузки $P_ф$ на фундамент — $S_ф = S_ф(P_ф)$ и $S_{св} = S_{св}(P_ф)$ и графики зависимости осадки сваи $S_{св}$ от нагрузки $P_{св}$, передающейся на сваю, — $S_{св} = S_{св}(P_{св})$.

3.8. Нормативное сопротивление сваи и ее несущая способность устанавливаются на основании графика $S_{св}=S_{св}(P_{св})$ в соответствии с указаниями главы СНиП II—Б. 5—67*.

3.9. Осадка $S_п$ промежуточной подушки определяется по графикам $S_ф = S_ф(P_ф)$ и $S_{св} = S_{св}(P_ф)$, как разность между осадками фундаментного блока и сваи, вызванными такой нагрузкой на фундаментный блок, при которой на сваю передается нагрузка, равная нормативному значению.

ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА С ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПОДУШКОЙ

Целью настоящего примера является иллюстрация методики проектирования и последовательности расчетов свайного фундамента с промежуточной подушкой по «Рекомендациям».

В пример включены элементы проектирования, отражающие специфику рассматриваемой конструкции свайного фундамента.

Исходными данными для проектирования являются:

— материалы инженерно-геологических изысканий с характеристиками грунтов, приведенные на рис. 5.

— схема нагрузок на фундамент, показанная на рис. 6, и величины нагрузок на фундамент (по основному и особому сочетаниям), приведенные в таблице 2.

Проектирование фундамента с промежуточной подушкой производится в объеме, указанном в пункте 2. 1.

Таблица 2

№ п/п	Наименование			Единица измерения	Количество единиц измерения
1.	Серия здания			—	ИИС—20
2.	Несущие конструкции			—	ж. б. колонны
3.	Шаг колонн			м	6,0 × 6,0
4.	Расчетные нагрузки, действующие на фундаменты	Основное сочетание	N	kH	2000
			M	kH м	150
			Q	kH	100
		Особое сочетание	N	kH	2600
			M	kM м	400
			Q	kH	200
5.	Осредненный коэффициент для перехода от расчетных к нормативным нагрузкам			—	1,2

Примечание: В связи с тем, что расчет фундаментного блока и оголовков свай выполняется в соответствии со СНиП II—В. 1—62* «Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования» и не отражает специфики настоящих рекомен-да-

ций, в примере он не приводится. По этой же причине в примере не приводится расчет свайного фундамента по деформациям, который выполняется в соответствии со СНиП II—Б. 1—62* и СНиП II—Б. 5—67*.

Ниже приводятся элементы проектирования свайного фундамента с промежуточной подушкой в последовательности, указанной в п. 2. 1.

Назначение конструкции, сечения и длины свай, определение их несущей способности на вертикальную нагрузку

Сваи принимаются марки С10—30 по серии 1.011—1, вып. 2

Несущая способность свай на вертикальную нагрузку определяется согласно указаниям пункта 2. 2; значение коэффициента условий работы принимается $m = 1{,}0$.

Значения $R^{н}$ и $f^{н}$ приведены на рис. 5. Тогда несущая способность сваи на вертикальную нагрузку $[P]$ будет равна $[P] = 0{,}7 \times 1{,}0[10500 \times 0{,}09 + 1{,}2(65 \times 1 + 43 \times 3 + 5 \times 2 + 8 \times 2 + 10 \times 2)] = 0{,}7(945 + 288) = 863$ kH.

Определение необходимого количества свай в кусте

Для предварительного определения необходимого количества свай в кусте примем, что на свайный куст будет действовать дополнительная вертикальная нагрузка от собственного веса фундаментного блока, промежуточной подушки, ж. б. оголовков и т. п., равная примерно 15% от действующей на фундамент нормальной силы.

Тогда $\Sigma N = N + 0{,}15N = 2600 + 0{,}15 \times 2600 = 3000$ kH и примерное количество свай в кусте «n» будет:

$$n = \frac{\Sigma N}{[P]} = \frac{3000}{863} = 4 \text{ шт.}$$

В запас примем количество свай равным 5 шт. (для последующего учета момента).

При полученном количестве свай их расположение в плане будет наиболее целесообразным согласно рис. 6.

ΣM (с учетом дополнительного момента от Q, представляющего произведение Q на высоту фундаментного блока, которую считаем равной 1 м), будет $\Sigma M = 400 + 200 \times 1 = 600$ kH м.

В соответствии с п. 9.5 СНиП II—Б. 5—67* максимальная и минимальная нагрузка на сваю будет:

$$P_{\substack{\text{макс.} \\ \text{мин.}}} = \frac{3000}{5} \pm \frac{600 \times 0{,}8}{2 \times 0{,}82 \times 2} = 600 \pm 190.$$

$P_{макс} = 600 + 190 = 790$ kH
$P_{мин} = 600 - 190 = 410$ kH

Так как выдергивающих усилий не получается, а максимальное усилие в сваях не превосходит принятой $[P] = 863$ kH, количество свай в фундаменте назначаем равным 5 шт., а их расположение в плане в соответствии с рис. 6.

Определение размеров фундаментного блока и промежуточной подушки

Промежуточная подушка принимается из грунтощебеночной смеси с суглинистым заполнителем, модуль деформации $E = 25$ МПа, коэффициент трения фундаментного блока по подушке равен 0,4. Подушка уплотняется до объемной массы 2 т/м³.

Так как нагрузка на сваю превосходит 600 kH, толщину промежуточной подушки над оголовками свай назначаем равной 600 мм.

Размер стороны оголовка сваи принимаем равным 600 мм.

Тогда $\frac{N}{F_{or}} = \frac{790}{0{,}36} = 2200$ kПа $< 2{,}5$ МПа и $300 + 200 < 600 < \frac{2}{3} \times 1000$, т. е. требования пункта П 2.12 удовлетворяются.

Толщина оголовка над плоскостью торца сваи согласно пункту 2.13 составит $600 - 300 = 300$ мм, а общая высота оголовка — 400 мм.

Размеры фундаментного блока в плане принимаем равными размерам свайного куста по наружным граням оголовков (пункт 2.8), т. е.

$b_ф = 1600 + 2 \times 300 = 2200$ мм.

Размер промежуточной подушки в плане составляет (пункт 2.9)

$b_п = 2200 + 2 \times 300 = 2800$ мм.

Конструктивные размеры фундамента с промежуточной подушкой приведены на рис. 6.

Проверка фундаментного блока на отрыв

Площадь подошвы фундаментного блока будет равна:

$F_{ф.б.} = 2{,}2 \times 2{,}2 = 4{,}84$;

момент сопротивления подошвы фундаментного блока будет равен:

$$W = \frac{2{,}2 \times 2{,}2^2}{6} = 1{,}78 \text{ м}^3.$$

Напряжения под подошвой фундаментного блока будут равны:

$$\sigma_{ф.б.} = \frac{3000}{4{,}84} \pm \frac{600}{1{,}78} = 620 \pm 337$$

$\sigma_{ф.б.} = 620 + 337 = 957$ кПа

$\sigma_{ф.б.} = 620 - 337 = 283$ кПа.

Из полученных величин напряжений под подошвой фундаментного блока видно, что отрыва не происходит (эпюра напряжений имеет один знак), что удовлетворяет требованиям п. 2.5. «Рекомендаций».

Проверка фундаментного блока на сдвиг

Сдвигающим усилием являются горизонтальные сейсмические силы

$Q = 200$ kH.

Коэффициент трения фундаментного блока по промежуточной подушке задан равным 0,4.

Удерживающая сила будет равна

$P_{уд} = \Sigma N \times K_{тр} = 3000 \times 0{,}4 = 1200$ kH.

Коэффициент запаса на сдвиг будет равен: $\frac{1200}{200} = 6{,}0 < 1{,}2$, т. е. удовлетворяется требование п. 2.17 «Рекомендаций».

Расчет фундамента с промежуточной подушкой по деформациям

В соответствии с п. 2.16 «Рекомендаций»

$$S_ф = S_{св} + S_п.$$

Так как $S_{св}$ выполняется по действующим СНиП II—Б. 1—62* и СНиП II—Б. 5—67*, в настоящем примере эти расчеты не приводятся. $N^н = \frac{3000}{1{,}2} : 5 = 500$ kH — нормативная вертикальная нагрузка, приходящаяся на 1 сваю.

$$S_п = \frac{500 \times 0{,}6}{25000 \times 0{,}36} = 0{,}033 \text{ м} = 3{,}3 \text{ см}.$$

Сумма $S_п$ и $S_{св}$ не должна быть больше величины $S_{пр}$, регламентированной СНиП II—Б. 1—62* для заданной конструкции здания.

Далее производится расчет фундаментного блока и оголовка как ж. б. элементов в соответствии с действующим СНиП II—В. 1—62*.

После получения технико-экономических показателей запроектированной конструкции выполняется сравнение с другими вариантами и осуществляется окончательный выбор конструкции фундамента.

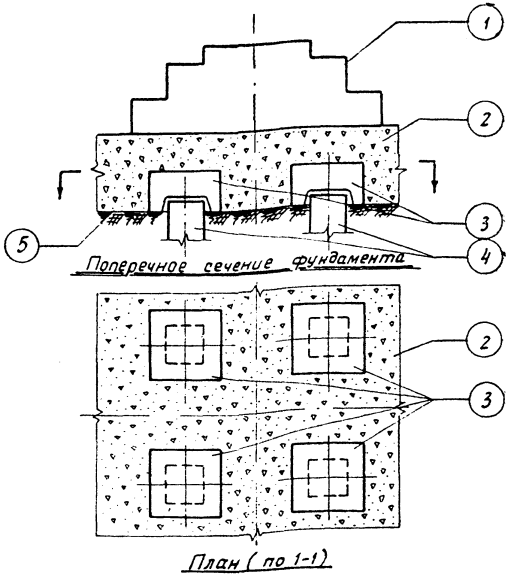


Рис 1. Схема фундамента с промежуточной подушкой

1- фундаментный блок; 2- промежуточная подушка;
3- ж.б. оголовки ; 4- ж.б. сваи; 5- поверхность дна котлована.

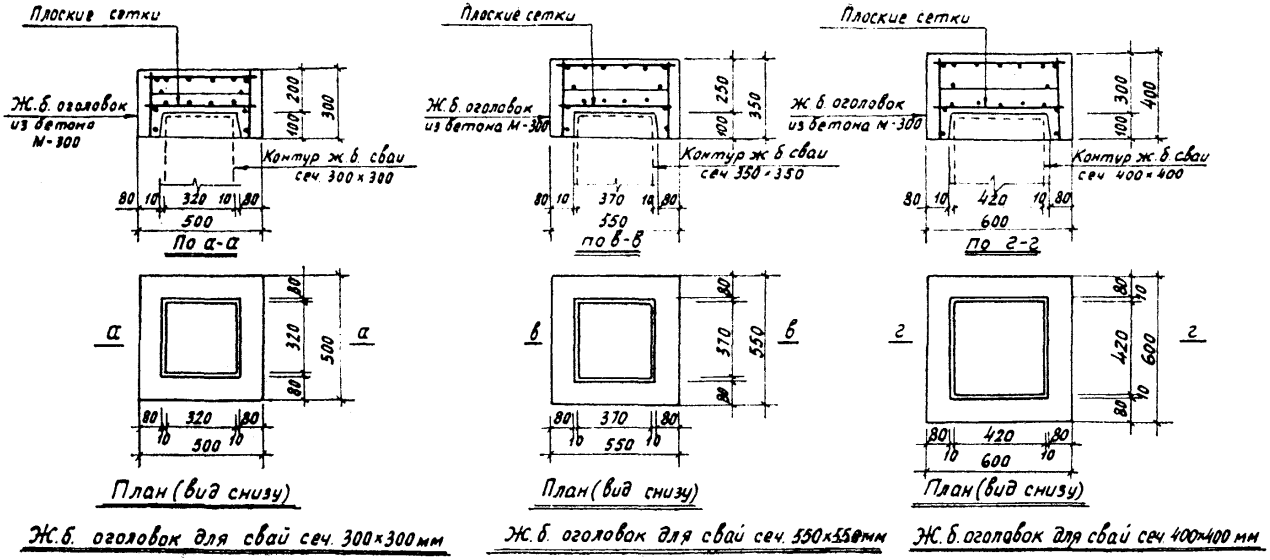


Рис. 2. Конструктивные схемы ж.б. оголовков свай.

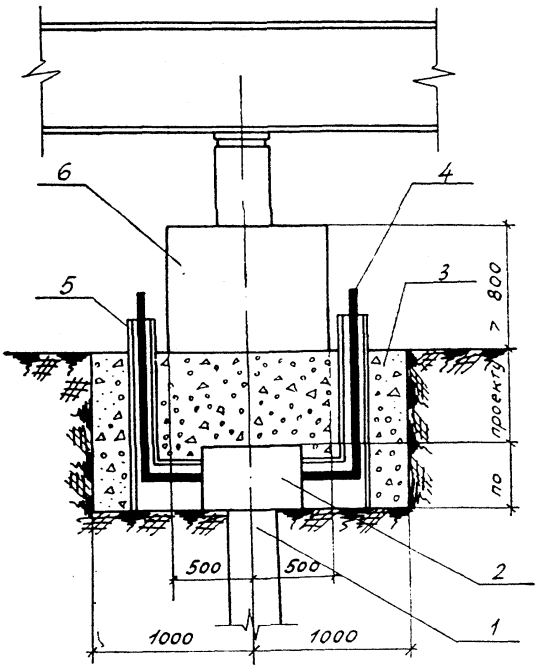


Рис.3 Схема опытного фундамента.

1 - ж.б. свая; 2 - ж.б. оголовок; 3 - промежуточная подушка; 4 - стальные элементы для измерения перемещений сваи; 5 - стальные кожухи для изоляции элементов 4 от промежуточной подушки; 6 - фундаментный блок.

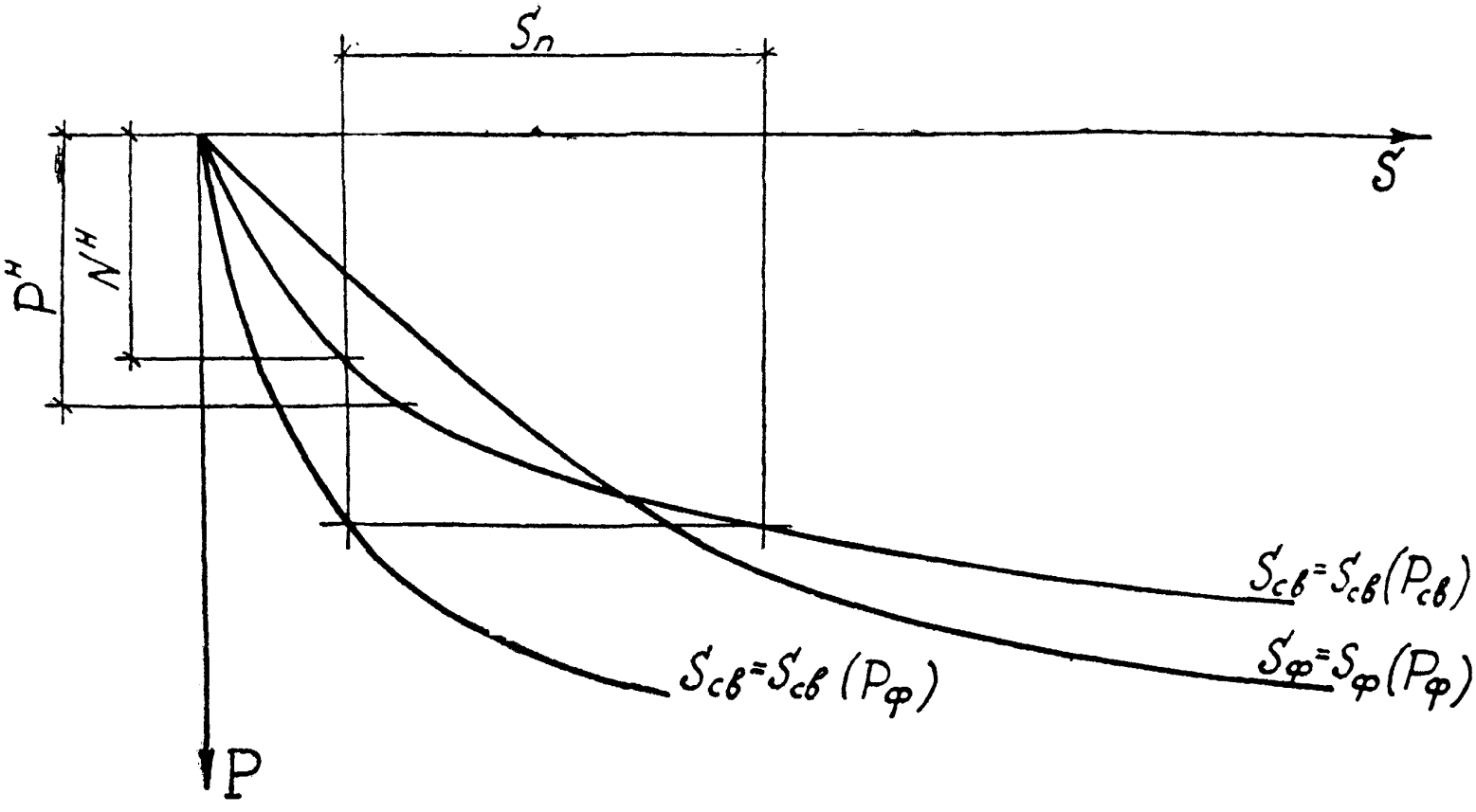


Рис. 4 Определение осадки промежуточной подушки по результатам испытаний.

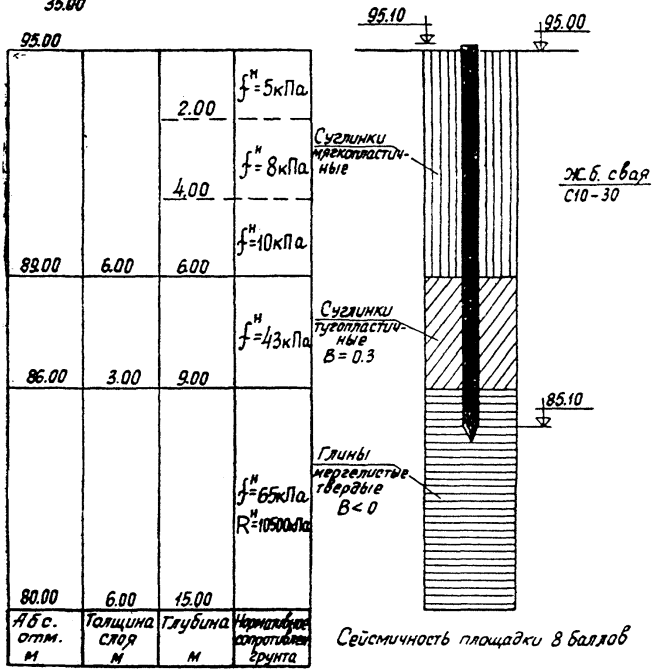
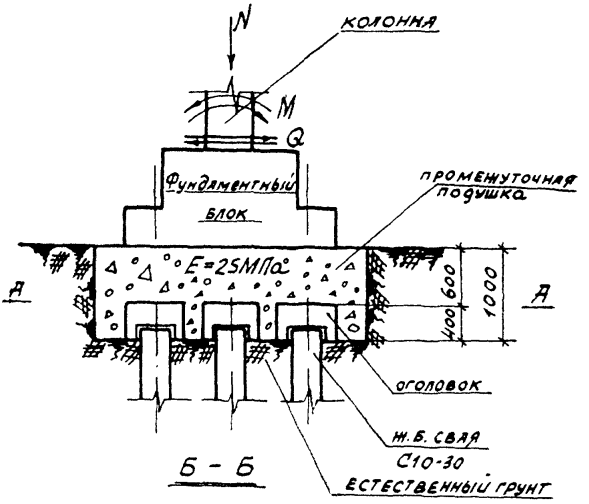
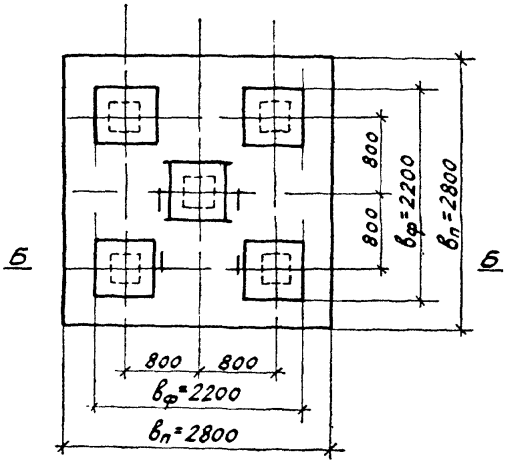


Рис.5 Исходные данные для определения несущей способности свай на вертикальную нагрузку



Б - Б



А - А

Рис. 6 К примеру расчета.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

I. Общие положения . . . . . —

II. Указания по проектированию 4

III. Указания по испытанию свайных фундаментов с промежуточной подушкой вертикальной статической нагрузкой . . 7

Приложение. Пример проектирования и расчета свайного фундамента с промежуточной подушкой 9

gost.e-ecolog.ru