

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ  
ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО УЧЕТУ СИЛ  
ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ТРЕНИЯ  
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ  
СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

МОСКВА - 1972

Ордена Трудового Красного Знамени  
Научно-исследовательский институт оснований и  
подземных сооружений Госстроя СССР

"УТВЕРЖДАЮ"

Зам. директора Института  
доктор техн. наук, профессор

/ ПОРХАЕВ Г.В. /

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО УЧЕТУ СИЛ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ТРЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ  
СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

МОСКВА - 1972

"Рекомендации по учету сил отрицательного трения при проектировании свайных фундаментов" содержат методы расчета свай и свайных фундаментов по несущей способности и по деформациям в условиях сильносжимаемых грунтов с учетом сил отрицательного трения и продольного изгиба свай.

Рекомендации разработаны Научно-исследовательским институтом оснований и подземных сооружений Госстроя СССР при участии треста "Оргтехстрой" Минстроя Латвийской ССР и Уральского Проектно-строительного института ( в части расчета свай с уширенным нижним концом ).

Рекомендации предназначены для инженерно-технических работников проектных и строительных организаций.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

	стр.
Предисловие .....	2
I. Общие положения .....	5
2. Определение зоны действия сил отрицательного трения .....	7
3. Расчет свай и свайных фундаментов по второму предельному состоянию .....	10
4. Расчет свай и свайных фундаментов при действии сил отрицательного трения по первому предельному состоянию .....	19
5. Определение сил отрицательного трения по результатам полевых испытаний .....	23

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие Рекомендации составлены в развитие главы СНиП П-Б.5-67<sup>ж</sup> "Свайные фундаменты. Нормы проектирования" в части учета сил отрицательного трения на боковой поверхности свай при расчете свай и свайных фундаментов по первому и второму предельным состояниям. В тексте, кроме того, даны рекомендации по проверке свай на продольный изгиб.

Рекомендации могут быть использованы при проектировании зданий и сооружений на свайных фундаментах в условиях сильносжимаемых грунтов.

Основой для разработки Рекомендаций послужили результаты теоретических и экспериментальных исследований возникновения и развития сил отрицательного трения на боковой поверхности свай, проведенным в последние годы лабораторией свайных фундаментов НИИ оснований и подземных сооружений в полевых и лабораторных условиях, а также с тензометрической сваем натурной величины в больших лотках института.

На экспериментальных площадках в г. Риге и г. Киеве по специально разработанной методике были проведены статические испытания свай вдавливающими и выдергивающими нагрузками. При этом были измерены осадки свай под действием сил отрицательного трения и послойные деформации грунта в течение длительного времени. При помощи тензометрических месдоз, специально разработанного устройства для измерения сил трения грунта на боковой поверхности ( авторское свидетельство № 329421 ) и многоточечных глубинных марок, в серии экспериментов со сваями натуральных размеров в больших лотках

института было исследовано напряженно-деформированное состояние околосвайного грунта при действии сил отрицательного трения. Для выявления качественной картины характера деформации околосвайного грунта при его просадке был применён метод фотофиксации.

Весь комплекс указанных экспериментально-теоретических исследований и разработку на его основе методов расчета выполнил инж. В.И. БЕРМАН под руководством к.т.н. Б.В. БАХОЛДИНА.

В проведении полевых работ в г. Риге приняли участие тресты "Оргтехстрой" и "Строймеханизация" Минстроя Латвийской ССР.

В части расчета сил отрицательного трения на боковой поверхности свай с уширенным нижним концом использованы результаты экспериментальных исследований, проведенных в полевых и лабораторных условиях лабораторией оснований и фундаментов Уральского ПромстройНИИпроекта.

Рекомендации разработаны Ордена Трудового Красного Знамени НИИ оснований и подземных сооружений Госстроя СССР ( к.т.н. Б.В. БАХОЛДИН, инженеры В.И. БЕРМАН, В.И. ОСТРОВ ), при участии треста "Оргтехстрой" Минстроя Латвийской ССР и Уральского ПромстройНИИпроекта ( к.т.н. А.Н. ТЕТИОР и инж. А.П. АННЕНКОВ ) в части расчета свай с уширенным нижним концом.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации распространяются на проектирование свайных фундаментов из забивных вертикальных железобетонных свай (призматических, в том числе с уширенным нижним концом, и трубчатых с закрытым нижним концом) прорезающих слои сильносжимаемых грунтов, когда на боковой поверхности свай могут возникать силы отрицательного трения.

Примечание: 1. К числу сильносжимаемых грунтов, на которые распространяется действие Рекомендаций, относятся торфы, заторфованные грунты и илы.

2. Силами отрицательного трения называются силы, реализующиеся на боковой поверхности свай при осадке околосовайного грунта и направленные вертикально вниз.

1.2. Осадка околосовайного грунта может быть вызвана:

- а) подсыпкой или намывом, выполняемыми при повышении отметки территории строительства или в соответствии с технологией производства работ, когда слабые грунты выходят на поверхность;
- б) загрузкой поверхности грунта или пола, основанного на грунте, значительной полезной нагрузкой;
- в) возведением рядом с сооружением на сваях сооружения на фундаментах мелкого заложения;
- г) увеличением собственного веса грунта при искусственном или естественном понижении уровня грунтовых вод;
- д) уплотнением грунтов, вызванных динамическими

нагрузками;

е) естественной консолидацией грунтовой толщи.

1.3. Осадка полностью водонасыщенных малоуплотненных мелких песков и супесей, илов, заторфованных грунтов и торфов, происходящих под действием сплошной равномерно распределенной нагрузки территории  $S_{гр}$  ( в см ) определяется на основе теории фильтрационной консолидации по формуле

$$S_{гр} = a_0 q \left[ z - \frac{8h}{\pi^2} e^{-\pi} \left( 1 - \cos \frac{\pi z}{2h} \right) \right]; \quad ( 1 )$$

$$N = \frac{\pi^2 c_v}{4 h^2} \cdot t \quad , \quad ( 2 )$$

- где  $z$  - координата глубины рассматриваемой точки от поверхности слоя, в см;
- $h$  - толщина слоя сжимаемого грунта, расположенного между фильтрующим слоем и недренированным скальным основанием, или  $2h$  между фильтрующими слоями, в см;
- $a_0$  - коэффициент относительной сжимаемости, в  $\text{см}^2/\text{кг}$ ;
- $q$  - интенсивность внешней равномерно распределенной нагрузки, в  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;
- $c_v$  - коэффициент консолидации, в  $\text{см}^2/\text{сек}$ ;
- $t$  - время, в сек.



2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ СИЛ  
ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ТРЕНИЯ

2.1. Силы отрицательного трения действуют на боковой поверхности свай в пределах участка ее длины, где скорость осадки околосвайного грунта  $V_{гр}$  превышает скорость осадки свайного фундамента  $V_{ф}$ , т.е.

$$V_{гр} > V_{ф} \quad (3)$$

где  $V_{гр} = \frac{\partial S_{гр}}{\partial t}$  ;  $V_{ф} = \frac{\partial S_{ф}}{\partial t}$  ;

$S_{ф}$  - осадка свайного фундамента для времени  $t$ , в см;

$S_{гр}$  - осадка грунта для времени  $t$  в см, определяемая для случая равномерно распространенной пригрузки территории, сложенной водонасыщенными грунтами, по формуле ( I ).

Примечание: При определении осадки грунта по формуле ( I )

скорость осадки грунта определяется по формуле

$$V_{гр} = \alpha \cdot q \frac{2 C_{\alpha}}{h} \cdot e^{-N} \left( 1 - \cos \frac{\pi z}{2 h} \right) \quad (4)$$

где все обозначения те же, что и в формуле ( I ).

2.2. Точка пересечения горизонтальной плоскости, выше которой выполняется условие ( 3 ), с осью сваи называется истинной нейтральной точкой. Ордината истинной нейтральной точки равна ординате плоскости, для которой выполняется ус-

ловие

$$V_{гр.} = V_{ф.} \quad (5)$$

2.3. Если отрицательное трение действует на свайный фундамент из висячих свай постоянно, т.е. условие (3) выполняется всегда, то зону учитываемых в расчетах сил отрицательного трения можно ограничить плоскостью, проходящей через слой грунта, осадка которого равна предельной величине средней осадки для данного здания или сооружения. Точка пересечения этой плоскости с осью сваи называется условной нейтральной точкой. Ордината условной нейтральной точки равна ординате плоскости, для которой выполняется условие

$$S_{гр.} - S_{гр.1} = S_{пр.} \quad (6)$$

где  $S_{гр.}$  - стабилизированная осадка слоя грунта, определяемая по указаниям главы СНиП П-Б.1-62\*;

$S_{гр.1}$  - осадка слоя околосвайного грунта, происшедшая к моменту начала возведения надземной части здания или сооружения;

$S_{пр.}$  - величина деформации (осадки или перемещения) свайного фундамента, устанавливаемая в задании на проектировании, а при отсутствии таковых - деформаций, указанных в соответствующих нормативных документах по проектированию естественных оснований зданий и сооружений.

2.4. В тех случаях, когда проектом предусматриваются сроки возведения здания или сооружения и при этом условие

( 3 ) выполняется непрерывно, ординату условной нейтральной точки при фундаменте из висячих свай следует принимать равной ординате плоскости, проходящей через слой грунта, для которого выполняется условие

$$S_{гр.1} - S_{гр.2} = S_{пр.} - S_{ф.стр.} \quad ( 7 )$$

где  $S_{гр.}$  и  $S_{пр.}$  - значения те же, что и в формуле ( 6 );

$S_{гр.2}$  - осадка слоя околосвайного грунта, происшедшая к моменту окончания строительства здания или сооружения;

$S_{ф.стр.}$  - осадка свайного фундамента, происшедшая к моменту окончания строительства здания или сооружения.

Примечание: Условие ( 7 ) применяется при расчетах нейтральной точки только на период после введения здания или сооружения в эксплуатацию. До этого момента времени она определяется по формуле ( 6 ).

Для жилых и гражданских зданий допускается принимать

$$S_{ф.стр.} = 0,5 S_{пр.}$$

2.5. Для приближенных расчетов ординату условной нейтральной точки при фундаменте из висячих свай можно принимать равной ординате плоскости, проходящей через слой грунта, скорость осадки которого к моменту окончания строительства

$$V_{гр.} \leq 2 \text{ мм/год} \quad ( 8 )$$

2.6. Если несущий слой грунта перекрыт явно выраженным слоем сильносжимаемого грунта, то положение нейтральной

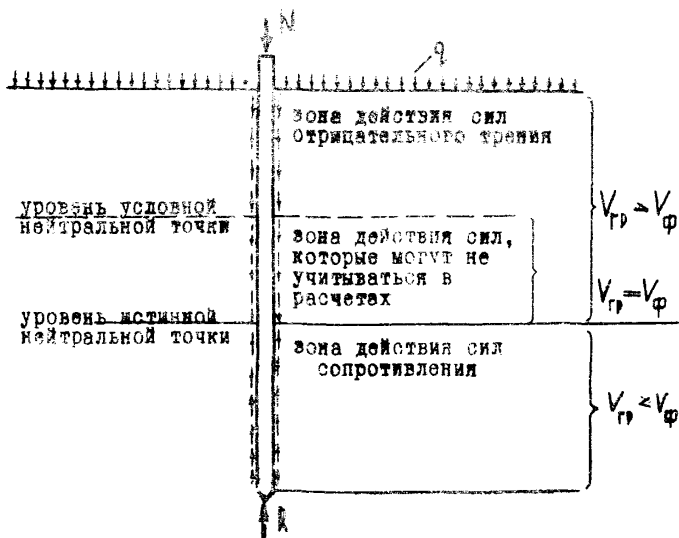


Рис. I. Расчетная схема сил, действующих на свай в оседающем грунте.

точки при проверке выполнения условия ( 3 ) для предварительных расчетов можно принимать на кровле несущего слоя.

2.7. Для свай-стоек положение нейтральной точки определяется по условию ( 5 ).

### 3. РАСЧЕТ СВАЙ И СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПО ВТОРОМУ ПРЕДЕЛЬНОМУ СОСТОЯНИЮ.

3.1. При действии сил отрицательного трения расчет свай и свайных фундаментов по второму предельному состоянию ( по деформациям ) является основным.

3.2. Расчет свай и свайных фундаментов по второму предельному состоянию производится по формуле

$$S \leq S_{пр.}, \quad ( 9 )$$

где  $S$  - величина деформации ( осадки или перемещения ) свай или свайного фундамента с учетом действия сил отрицательного трения;

$S_{пр.}$  - обозначение то же, что и в формуле ( 6 ).

3.3. Расчет свайных фундаментов из свай-стоек по осадкам не производится. Величина возможной осадки такого фундамента принимается в соответствии с п. 7.2 главы СНиП П-Б. 5-67\*.

3.4. При расчете свай и свайных фундаментов по деформациям в соответствии с условием ( 9 ) действие сил отрицательного трения не учитывается в пределах слоев грунта, для

которых выполняется одно из следующих условий:

$$V_{ГР} \leq V_{Р} ; \quad (5')$$

$$S_{ГР} - S_{ГР.1} < S_{ПР} ; \quad (6')$$

$$S_{ГР} - S_{ГР.2} \leq S_{ПР} - S_{Ф.СТР} ; \quad (7')$$

$$V_{ГР} \leq 2 \text{ мм/год} , \quad (8')$$

где все обозначения и условия применения те же, что и в формулах ( 5 ), ( 6 ), ( 7 ), ( 8 ).

3.5. Для одиночных свай условие ( 9 ) считается выполненным, если

$$N^H < m_1 \rho_{сс.}^H - \rho_{отр.}^H , \quad (10)$$

где  $N^H$  - нормативная нагрузка в Т на I сваю, определяемая при проектировании здания или сооружения;

$m_1$  - коэффициент условий работы, принимаемый равным  $m_1 = 0,8$ ;

$\rho_{сс.}^H$  - нормативные силы сопротивления в Т грунта основания свай, расположенного ниже нейтральной точки, определяемые для свай призматических по формуле ( II ) или по результатам полевых исследований в соответствии с разделом 5 Рекомендаций, а для свай с уширенным нижним концом по формуле ( I2 );

$\rho_{стр.}^H$  - нормативное значение сил отрицательного трения, действующих на боковой поверхности свай, в Т, определяемое по формуле ( 13 ) или по ре-

результатам полевых исследований в соответствии с разделом 5 Рекомендаций.

Примечание: Сваи, расстояние между осями которых более  $5d$  ( $d$  - диаметр круглого или сторона квадратного сечения свай) относятся к одиночным.

3.6. Нормативные силы сопротивления грунта основания призматической свай, при действии сил отрицательного трения  $P_{cc}^n$  в Т определяются по формуле

$$P_{cc}^n = R^n F + \alpha \sum f_i^n l_i, \quad (II)$$

где  $R^n$  - нормативное сопротивление грунта под нижним концом свай, в  $T/m^2$ , определяемое по указаниям п.п. 5.4 и 5.5 главы СНиП П-Б.5-67<sup>ж</sup>;

$F$  - площадь опирания на грунт свай, в  $m^2$ ;

$\alpha$  - периметр поперечного сечения свай, в м;

$f_i^n$  - нормативное сопротивление  $i$ -го слоя грунта основания на боковой поверхности свай, в  $T/m^2$ , определяемое по указаниям п.п. 5.4 и 5.5 главы СНиП П-Б.5-67<sup>ж</sup>, а для глинистых грунтов консистенции  $B > 0,7$  и рыхлых песков по формуле (14);

$l_i$  - толщина  $i$ -го слоя грунта, в м, соприкасающегося с боковой поверхностью и расположенного между уровнем нейтральной точки и горизонтальной плоскостью, проходящей через концы свай.

3.7. Нормативные силы сопротивления грунта основания свай с уширенным нижним концом, в Т, прорезающей толщу водонасыщенных оплывающих грунтов (либо при засыпке пазух с

уплотнением его до средней плотности ) и работающей на осевую сжимающую нагрузку, определяется по формуле

$$P_{cc}^H = R^H F + U_y h_y f_y^H + U \sum f_i^H l_i, \quad (12)$$

где  $R^H, F, f_i^H$  - обозначения и их величины те же, что и в формуле (11);

$U_y$  - периметр уширения в м;

$h_y$  - высота уширения в м;

$f_y^H$  - нормативное сопротивление грунта на боковой поверхности уширения в  $T/m^2$ , определяемое по указаниям п.п. 5.4 и 5.5 главы СНиП П-Б.5-67\*;

$l_i$  - толщина  $i$ -го слоя грунта в м, соприкасающегося с боковой поверхностью и расположенного между уровнем нейтральной точки и горизонтальной плоскостью, проходящей выше уширения на расстоянии равно стороне сечения уширения.

3.8. Нормативные силы отрицательного трения, действующие на боковой поверхности одиночной сваи определяются по формуле

$$P_{отр}^H = m_0 U \sum K_{p,j} f_{o,j}^H l_j, \quad (13)$$

где  $m_0$  - коэффициент условия работы сваи в оседающем грунте, учитывающий уплотнение околосвайного грунта при забивке свай, принимаемый для песчаных грунтов  $m_0 = 1,1$ , а для глинистых  $m_0 = 1,0$ ;

$U$  - периметр поперечного сечения сваи, в м;



$K_{pj}$  - коэффициент реализации, учитывающий уменьшение сил отрицательного трения с уменьшением разности осадок  $j$ -го слоя околосвайного грунта и сваи, принимаемый: для висячих свай

$$K_{pj} = 1, \text{ а для свай-стоек } K_{pj} = 1 \text{ при } S_{гр,j} \geq S_0 \text{ и } K_{pj} = \frac{S_{гр,j}}{S_0} \text{ при } S_{гр,j} < S_0$$

$S_{гр,j}$  - осадка  $j$ -го слоя грунта в см после забивки сваи;

$S_0$  - осадка грунта относительно сваи, при которой полностью реализуются силы отрицательного трения, принимаемая  $S_0 = 5,0$  см;

$f_{0j}^n$  - нормативное сопротивление  $j$ -го слоя оседающего грунта на боковой поверхности сваи в  $T/m^2$ , определяемое по формуле (14);

$l_j$  - толщина  $j$ -го слоя грунта, в м, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи и расположенного в пределах части длины сваи от уровня планировки до уровня нейтральной точки.

3.9. Нормативное сопротивление грунта на боковой поверхности свай в  $T/m^2$  для глинистых грунтов консистенции  $B > 0,7$  и рыхлых песков, а также для оседающих грунтов определяется по формуле

$$f_{0j}^n = m_{\pm} \left( c^n + \frac{\mu}{1-\mu} \gamma H \operatorname{tg} \varphi^n \right), \quad (14)$$

где  $c^n$  - нормативное удельное сцепление грунта в  $T/m^2$ , определяемое испытаниями образцов грунта на сдвиг или принимаемое для предварительных рас-

- четов по табл. 13 главы СНиП П-Б.1-62\*;
- μ - коэффициент Пуассона, значения которого допускается принимать по табл. 9 главы СНиП П-Б.1-62\*;
- γ - объемный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды, в  $T/m^3$ ;
- H - глубина расположения слоя грунта, в м, определяемая расстоянием до середины слоя от отметки планировки - при срезке грунта и от уровня природного рельефа - при подсыпке грунта;
- φ<sup>n</sup> - нормативное значение угла внутреннего трения грунта, определяемое по данным лабораторных испытаний или для предварительных расчетов принимаемое по табл. 13 главы СНиП П-Б.1-62\*;
- M<sub>t</sub> - коэффициент условий работы, учитывающий снижение прочности грунта во времени, принимаемый

M<sub>t</sub> = 0,9 - для песков

M<sub>t</sub> = 0,8 - для супесей

M<sub>t</sub> = 0,7 - для суглинков

M<sub>t</sub> = 0,65 - для глин.

3.10. Расчет свайного фундамента из кустов висячих свай по второму предельному состоянию ( по деформациям ) производится как для условного фундамента на естественном основании в соответствии с требованиями главы СНиП П-Б.1-62\*. Границы условного фундамента ( Рис. 2 ) определяются следующим образом

сверху - поверхностью планировки грунта;

снизу - плоскостью, проходящей через концы свай;

с боков - вертикальными плоскостями, отстоящими от наружных граней свай крайних рядов на расстоянии  $l_n \operatorname{tg} \frac{\varphi_{\text{ср}}^n}{4}$  ;

где  $l_n$  - расстояние от истинной нейтральной точки, положение которой определяется в соответствии с указаниями п. 2.2, до нижних концов свай;

$\varphi_{\text{ср}}^n$  - средневзвешенное значение нормативного угла внутреннего трения грунта, определяемое по формуле

$$\varphi_{\text{ср}}^n = \frac{\varphi_1^n l_1 + \varphi_2^n l_2 + \varphi_3^n l_3 \dots + \varphi_n^n l_n}{l_n} \quad (15)$$

$\varphi_1^n, \varphi_2^n, \dots, \varphi_n^n$  - нормативное значение углов внутреннего трения для отдельных слоев грунта  $l_1, l_2, \dots, l_n$  ( в пределах участка длины свай  $l_n$  ).

В собственный вес условного фундамента при определении его осадки включается вес свай и ростверка, а также вес грунта в объеме условного фундамента.

3.11. При расчете свайных фундаментах по деформациям в число нормативных нагрузок на условный фундамент здания или сооружения включается нормативная величина сил отрицательного трения  $P_{\text{к.отр}}^n$ , действующих на куст свай и определяемых в соответствии с указаниями п. 3.12.

3.12. Нормативное значение сил отрицательного трения  $P_{\text{к.отр}}^n$  в Т, действующих на куст свай определяется по формуле

$$P_{\text{к.отр}}^n = U \sum K_{\text{отр}j} l_j f_j^n, \quad (16)$$

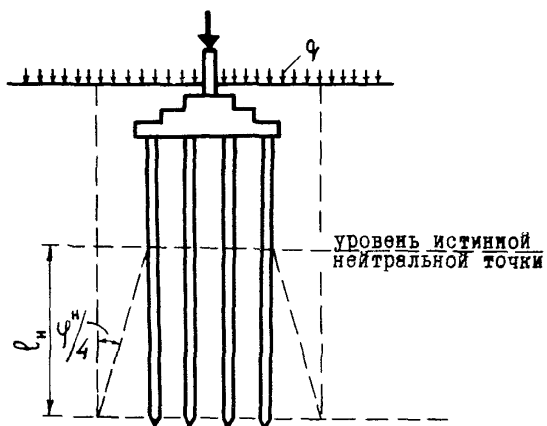


Рис. 2. Схема определения границ условного фундамента при расчете осадок свайных фундаментов.

где  $U$  - периметр куста, в м, по наружным граням свай, расположенных в крайних рядах;

$K_{\alpha j}, l_j, f_{\alpha j}^n$  - обозначения те же, что и в формуле ( 13 ).

4. РАСЧЕТ СВАЙ И СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПРИ  
ДЕЙСТВИИ СИЛ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ТРЕНИЯ ПО  
ПЕРВОМУ ПРЕДЕЛЬНОМУ СОСТОЯНИЮ.

4.1. Несущая способность  $R$  ( в Т ) забивной висячей сваи, работающей на осевую сжимающую нагрузку, при расчете по условию сопротивления грунта основания определяется по указаниям главы СНиП П-Б.5-67\* без учета сил отрицательного трения.

Примечание: Под несущей способностью сваи понимается величина сил сопротивления сваи, при которой вертикальная осадка сваи либо начинает возрастать практически без существенного увеличения нагрузки ( наблюдается пластическое течение ), либо не затухает в течение длительного времени ( проявляется ползучесть грунта основания ).

4.2. Несущая способность  $R$  ( в Т ) забивной висячей сваи и сваи-стойки, работающей на осевую сжимающую нагрузку, определяемая по условию сопротивления материала сваи в соответствии с п. 5.16 главы СНиП П-Б.5-67\*, должна удовлетворять условию

$$R \geq N + K' P_{\text{отр}}^n, \quad ( 17 )$$

- где  $N$  - расчетная нагрузка в Т на I сваю, определяемая при проектировании здания или сооружения;
- $K'$  - коэффициент однородности слоя грунта, в пределах которого действуют силы отрицательного трения, принимаемый  $K' = 1,3$ ;
- $P_{отр.}^H$  - нормативные силы отрицательного трения, в Т, величины которых для одиночных свай определяется по формуле ( 13 ), или по результатам полевых исследований в соответствии с разделом 5 Рекомендаций, а для свай в кусте по формуле ( 18 ).

4.3. Нормативное значение сил отрицательного трения на боковой поверхности свай в кусте  $P_{отр.}^H$ , в Т

$$P_{отр.}^H = M_1 \sum K_{pj} \gamma_j l_j + m_0 M_2 \sum K_{pj} f_{0j}^H l_j, \quad (18)$$

Где  $m_0, K_{pj}, f_{0j}^H, l_j$  - обозначения и их величины те же, что и в формуле ( 13 );

$\gamma_j$  - объемный вес  $j$ -го слоя грунта в Т/м<sup>3</sup>;

$M_1, M_2$  - модули грузовых площадей соответственно в м<sup>2</sup> и м, определяемые - для свай расположенных внутри куста по формулам

$$M_1 = \frac{(L_1 - a)(L_2 - b)}{A - A_n} - B; \quad (19)$$

$$M_2 = 0 \quad (20)$$

- для свай, расположенных по периметру куста

по формулам

$$M_1 = \frac{F_k - (L_1 - a)(L_2 - b)}{A_n} - F ; \quad (21)$$

$$M_2 = \frac{2(L_1 + L_2 + 2d)}{A_n} \quad (22)$$

В формулах ( 19 ) - ( 22 ) приняты обозначения

$L_1$  - расстояние между осями крайних свай куста в продольном направлении, в м;

$L_2$  - расстояние между осями крайних свай куста в поперечном направлении, в м;

$a$  - шаг свай в продольном направлении, в м;

$b$  - шаг свай в поперечном направлении, в м;

$A$  - количество свай в кусте;

$A_n$  - количество свай по периметру куста;

$F$  - площадь поперечного сечения сваи, в  $m^2$ ;

$F_k$  - площадь куста свай в  $m^2$ , границы которого определяются по наружным границам крайних рядов свай;

$d$  - сторона поперечного сечения сваи в м.

Для свай, расположенных в кусте по квадратной сетке, модули грузовых площадей  $M_1$  и  $M_2$  определяются по табл. I.

Таблица I.

Модули :	Расположения свай в кусте		
	внутренняя	ококовая	угловая
$M_1$ :	$a^2 - a^2$	$0,5a(a+d) - a^2$	$0,25(a+d)^2 - a^2$
$M_2$ :	0	a	a + d

4.4. Свая, участок длины которой находится в слое слабого грунта (  $E \leq 10 \text{ кг/см}^2$  ), должна быть проверена на прочность в соответствии с указаниями п. 7.10 главы СНиП П-В.1-62\* "Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования".

При этом расчетная длина участка сваи принимается равной

$$l_0 = 0,7(h + 10d), \quad (23)$$

где  $h$  - толщина слоя слабого грунта, в м;  
 $d$  - диаметр круглого или сторона квадратного сечения сваи, в м.

Для свай с уширенным нижним концом, погруженной в плотный грунт не менее чем на  $2 d_y$  ( $d_y$  - сторона квадратного или бо́льшая сторона прямоугольного сечения уширения), выше которого залегают слабые грунты, расчетная длина участка сваи принимается равной

$$l_0 = 0,7(h + 5d), \quad (24)$$

где  $h, d$  - обозначения и их величины те же, что и в формуле (23)

Примечание. При проверке прочности ствола сваи к расчетным нагрузкам от здания или сооружения следует добавлять расчетную величину сил отрицательного трения.



## 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ТРЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

5.1. Статические испытания, предусмотренные настоящей методикой, имеют целью определение несущей способности свай при действии сил отрицательного трения с учетом изменения их во времени при использовании графоаналитического метода, изложенного в настоящем разделе Рекомендаций.

5.2. Испытания должны проводиться группами, по три сваи в каждой, в соответствии с указаниями п. 5.4. Количество таких групп определяется программой испытаний, но не менее двух для каждого здания или сооружения. Места расположения групп свай определяются по данным инженерно-геологических изысканий, в участках площадки, где предполагается максимальное развитие сил отрицательного трения.

5.3. Погружение свай, предусмотренных программой испытаний, может производиться как до, так и после полной пригрузки территории. Сваи одной группы располагаются вблизи друг от друга, но на расстоянии не менее  $6d$  ( $d$  - диаметр круглого или сторона квадратного сечения сваи).

5.4. Сваи каждой группы должны погружаться и испытываться следующим образом:

- а) свая № I - погружается до проектной отметки и испытывается ступенчато-возрастающими осевыми вдавливающими нагрузками в соответствии с требованиями ГОСТ 5686-69 "Сваи и свай-оболочки. Методы полевых испытаний".

- б) свая № 2 - погружается до уровня истинной нейтральной точки, положение которой определяется по п. 2.2, и испытывается ступенчато-возрастающими выдерживающими нагрузками в соответствии с требованиями ГОСТ 5686-69 "Сваи и сваи-оболочки. Методы полевых испытаний".
- в) свая № 3 - погружается до проектной отметки и подвергается периодическому геодезическому наблюдению в целях выявления её осадок под действием сил отрицательного трения в соответствии с указаниями п. 5.5.

Схема полевых исследований на рис. 3.

Примечание. Испытания по п.п. 5.4а и 5.4б допускается проводить на одной свае. В этом случае свая испытывается сначала по указаниям п. 5.4б, а затем, после добивки до проектной отметки и "отдыха", по п. 5.4а.

5.5. Наблюдения за осадкой сваи под действием сил отрицательного трения по п. 5.4в следует проводить после полного пригруза территории путем нивелирования III-го класса точности в течение не менее двух месяцев. Интервал между циклами наблюдений должен составлять в первый месяц - не более 5 суток, в последующем - не более 7 суток.

5.6. Вблизи испытываемых свай рекомендуется установить поверхностные и глубинные марки, погружаемые в каждый характерный пласт.

5.7. Наблюдения за осадками глубинных и поверхностных марок следует проводить в соответствии с указаниями п.

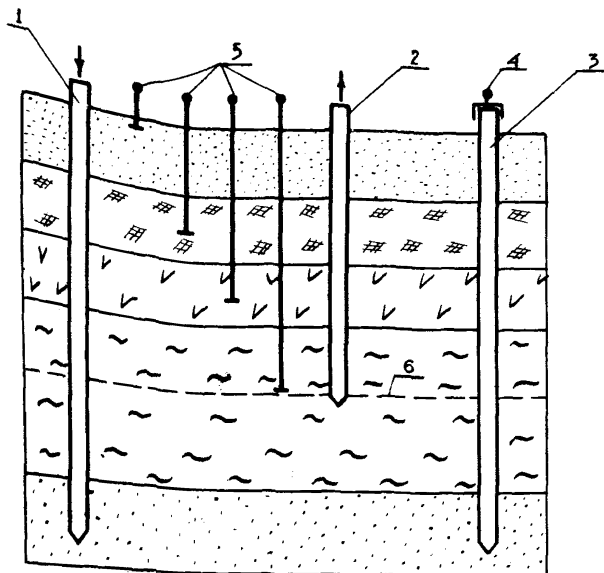


Рис. 3. Принципиальная схема полевых исследований:

1. свая, испытываемая вдавливающими нагрузками;
2. свая, испытываемая выдергивающими нагрузками;
3. контрольная свая;
4. марка, устанавливаемая на голову свай;
5. поверхностные и глубинные марки;
6. уровень нейтральной точки.

5.5.

5.8. Нормативная величина сил отрицательного трения  $R_{отр.и}^H$  ( в Т ), по данным статических испытаний ( п.п. 5.4а и 5.4б ), предшествующих полной пригрузке территории определяется по формуле

$$R_{отр.и}^H = m' \cdot m_{о.в.} \cdot R_{выд.}^H + R_{отр.}^H, \quad ( 25 )$$

где  $m'$  - коэффициент условий работы, принимаемый

$$m' = 0,8;$$

$m_{о.в.}$  - коэффициент, учитывающий соотношение сил сопротивления грунта по боковой поверхности свай при их выдергивании и сил отрицательного трения

при осадках околосвайного грунта; принимаемый  $m_{о.в.} = 0,8$

$R_{выд.}^H$  - нормативное сопротивление свай № 2 по п. 5.4б ( в Т ) вертикальной выдергивающей нагрузке, определяемое в соответствии с указаниями п. 6.7\* главы СНиП II-Б.5-67\*;

$R_{отр.}^H$  - величина нормативных сил отрицательного трения, определяемая по формуле ( 13 ), причем нормативные сопротивления грунтов на боковой поверхности свай  $f_j^H$  определяются только в пределах участка длины свай между проектной отметкой поверхности грунта и отметкой поверхности грунта в момент испытания свай, т.е. в пределах слоя грунта, который будет отсыпан ( или намыт ) при планировке территории.

5.9. Нормативная величина сил отрицательного трения  $P_{отр.и}^M$  ( в Т ) по данным статических испытаний ( п.п. 5.4а и 5.4б ), проведенных при полной пригрузке территории определяется по формуле

$$P_{отр.и}^M = m' \cdot m_{o.в} \cdot P_{взг.}^M, \quad ( 26 )$$

где все обозначения и их величины те же, что и в формуле ( 25 ).

5.10. Графо-аналитический метод определения величины отрицательного трения на боковой поверхности свай в заданный момент времени предусматривает построение номограммы, объединяющей ряд графиков ( рис. 4 ).

Построение номограммы производится в следующей последовательности:

- а) график осадки поверхности грунта под действием пригруза во времени  $S_{гр} = f(t)$ . Осадки поверхности грунта  $S_{гр}$  принимаются по данным наблюдений за поверхностными марками, а при их отсутствии определяются расчетным путем.

Примечание. Если наблюдения за осадками поверхностных марок прекращены до наступления стабилизации грунта, то полученная кривая  $S = f(t)$  может быть дальше аппроксимирована выражением

$$S_{гр} = 1.2 \frac{at}{b+t}, \quad ( 27 )$$

где  $a$  - параметр осадки, в см;

$\delta$  - параметр времени в сутках;

$t$  - текущее время в сутках.

- б) график осадки сваи под действием сил отрицательного трения во времени  $S_{св.} = f(t)$ , который строится по данным наблюдений за осадкой одиночной сваи по п. 5.4в;
- в) график зависимости осадки сваи от превышения осадки околосвайного грунта над осадкой свайного фундамента  $S_{св.} = f(S_{гр.} - S_{ф.})$ . Этот график имеет линейный характер, причем его начальные точки строят, используя кривые зависимостей  $S_{св.} = f(t)$  ( п. 5.4б ) и  $S_{гр.} = f(t)$  ( п. 5.4а ), как показано на рис. 4;
- г) график осадки свайного фундамента во времени  $S_{ф.} = f(t)$ , данные для построения которого определяются расчетным путем;
- д) график превышения осадок поверхности грунта над осадкой свайного фундамента во времени  $S_{гр.} - S_{ф.} = f(t)$ , ординаты которого получают путем вычитания ординат кривой  $S_{ф.} = f(t)$  из ординат кривой  $S_{гр.} = f(t)$ ;
- е) график зависимости осадки сваи от нагрузки при действии сил сопротивления только ниже нейтральной точки  $S_{св.н.} = f(P_{вг.} - P_{всв.})$ , построение которого производят используя результаты статических испытаний свай по п.п. 5.4а и 5.4б, как показано на рис. 5.

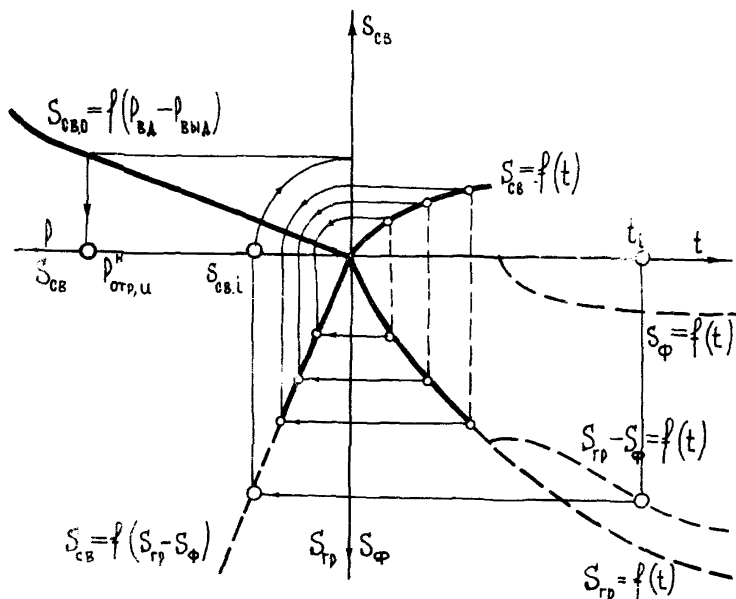


Рис. 4. Номограмма для определения сил отрицательного трения по результатам полевых исследований.

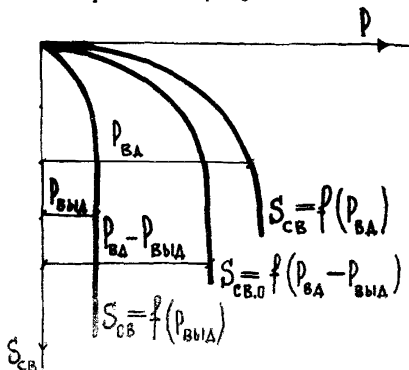


Рис. 5. Графики зависимости осадок свай от вдавливающих и выдергивающих нагрузок при статических испытаниях.

5.11. Определение нормативных сил отрицательного трения производят по номограмме как показано на рис. 4 следующим образом:

для момента времени  $t_i$  по графику  $S_{гр.} - S_{ф.} = f(t)$  определяют превышение осадки грунта над осадкой фундамента, далее по графику  $S_{св.} = f(S_{гр.} - S_{ф.})$  - соответствующую этому превышению осадку сваи  $S_{св.i}$ , а затем по графику  $S_{св.0} = f(\rho_{вз.} - \rho_{выг.})$  находят искомую величину  $\rho_{отр.}$  и.

5.12. Нормативные силы сопротивления грунта основания  $\rho_{св.}^n$  ( в Т ), расположенного ниже нейтральной точки определяются по графику  $S_{св.0} = f(\rho_{вз.} - \rho_{выг.})$   
За нормативное сопротивление  $\rho_{св.}^n$  по указанному графику принимается такая величина сопротивления в Т, по достижении которой осадка сваи увеличивается без существенного приращения нагрузки, практически когда при возрастании нагрузки на 2 Т увеличение осадки начинает превышать 1 мм при общей осадке не менее 10 мм и не более 25 мм.



---

Л - 91316     подп.к печ.10-х-72г.Заказ № 1106     Тираж 500 экз.  
      дата 08 коп.

---

Отпечатано в Производственных экспериментальных мастерских  
ЦИНИСа Госстроя СССР