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

gost.e-ecolog.ru

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

"УТВЕРЖДАЮ"
Зам. директора Института
доктор техн. наук, профессор
/ ПОРХАЕВ Г.В. /

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

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 ПромстройНИИпроекта (в части расчета свай с уширенным нижним концом).

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

С О 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 I0

4. Расчет свай и свайных фундаментов при действии сил отрицательного трения по первому предельному состоянию I9

5. Определение сил отрицательного трения по результатам полевых испытаний 23

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие Рекомендации составлены в развитие главы СНиП II-Б.5-67* "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, проведенных в последние годы лабораторией свайных фундаментов НИИ оснований и подземных сооружений в полевых и лабораторных условиях, а также с тензометрической сваей 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 натурных 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 "Стройме ханизация" 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.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. 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: I. 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 сваи при осадке околосвайного грунта и направленные вертикально вниз.

I.2. Осадка околосвайного 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.

I.3. Осадка полностью водонасыщенных малоуплотненных мелких песков и супесей, илов, заторфованных грунтов и торфов, происходящих под действием сплошной равномерно распространенной нагрузки территории $S_{гр}$ (в см) определяется на основе теории фильтрационной консолидации по формуле

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

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

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 фильтрирующими слоями, в см;

a_0 - коэффициент относительной сжимаемости, в $см^2/кГ$;

q - интенсивность внешней равномерно распределенной нагрузки, в $кГ/см^2$;

C_v - коэффициент консолидации, в $см^2/сек$;

t - время, в сек.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ СИЛ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ТРЕНИЯ

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

$$V_{гр.} > V_{ф.} \qquad (3)$$

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

$$V_{гр.} = a_0 q \frac{2 C_v}{h} \cdot e^{-N} \left(1 - \cos \frac{\pi z}{2h}\right) . \qquad (4)$$

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

$$V_{гр.} = V_{ф.} \qquad (5)$$

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

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

где $S_{гр.}$ - стабилизированная осадка слоя грунта, определяемая по указаниям главы СНиП П-Б.I-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

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

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

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

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

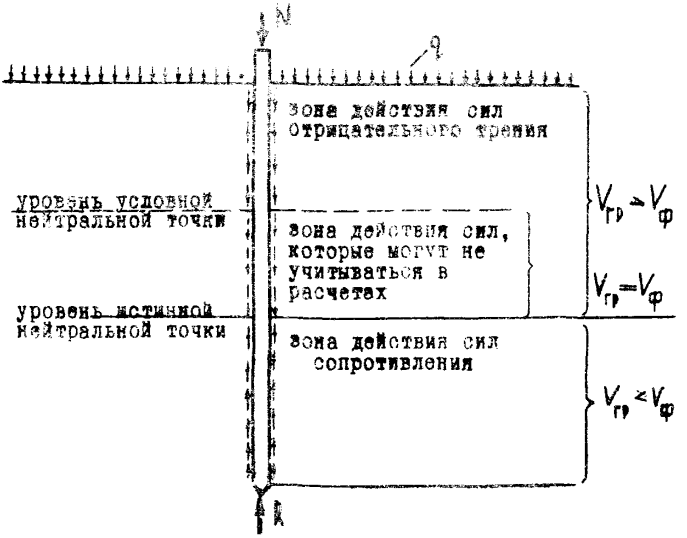

Рис. I. Расчетная схема сил, действующих на сваю в оседающем грунте.

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.I. 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

$$S \leq S_{пр.}, \qquad (9)$$

где S - величина деформации (осадки или перемещения) сваи 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:

$$V_{гр.} \leq V_{ф.} \; ; \qquad (5')$$

$$S_{гр.} - S_{гр.1} < S_{пр.} \; ; \qquad (6')$$

$$S_{гр.} - S_{гр.2} \leq S_{пр.} - S_{ф.стр.} \; ; \qquad (7')$$

$$V_{гр.} \leq 2 \text{ мм/год} \; , \qquad (8')$$

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

$$N^{н} < m_1 P^{н}_{сс.} - P^{н}_{отр.} \; , \qquad (10)$$

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

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

$P^{н}_{сс.}$ - нормативные силы сопротивления в Т грунта основания сваи, 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);

$P^{н}_{стр}$ - нормативное значение сил отрицательного трения, действующих на боковой поверхности свай, в Т, определяемое по формуле (I3) или по ре-

зультатам полевых исследований в соответствии с разделом 5 Рекомендаций.

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

3.6. Нормативные силы сопротивления грунта основания призматической сваи, при действии сил отрицательного трения $P^{н}_{сс.}$ в Т определяются по формуле

$$P^{н}_{сс.} = R^{н} F + u \sum f_i^{н} l_i \,, \qquad (11)$$

где $R^{н}$ - нормативное сопротивление грунта под нижним концом сваи, в $Т/м^2$, определяемое по указаниям п.п. 5.4 и 5.5 главы СНиП П-Б.5-67*;

F - площадь опирания на грунт сваи, в $м^2$;

u - периметр поперечного сечения сваи, в м;

$f_i^{н}$ - нормативное сопротивление i -го слоя грунта основания на боковой поверхности свай, в $Т/м^2$, определяемое по указаниям п.п. 5.4 и 5.5 главы СНиП П-Б.5-67*, а для глинистых грунтов консистенции $B > 0{,}7$ и рыхлых песков по формуле (I4);

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 сваи.

3.7. Нормативные силы сопротивления грунта основания сваи 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

$$P^{н}_{сс.} = R^{н} F + U_y h_y f^{н}_y + U \sum f^{н}_i l_i \,, \qquad (I2)$$

где $R^{н}, F, f^{н}_i$ - обозначения и их величины те же, что и в формуле (II);

U_y - периметр уширения в м;

h_y - высота уширения в м;

$f^{н}_y$ - нормативное сопротивление грунта на боковой поверхности уширения в $Т/м^2$, 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 равном стороне сечения уширения.

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

$$P^{н}_{отр.} = m_o U \sum K_{p.j} f^{н}_{oj} l_j \,, \qquad (I3)$$

где m_o - коэффициент условия работы сваи в оседающем грунте, учитывающий уплотнение околосвайного грунта при забивке свай, принимаемый для песчаных грунтов m_o = I,I, а для глинистых m_o = I,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 $K_{Pj} = I$, а для свай-стоек $K_{Pj} = I$ при $S_{TP.j} \geqslant S_0$ и $K_{Pj} = \frac{S_{TP.j}}{S_0}$ при $S_{TP.j} < S_0$

$S_{TP.j}$ - 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}^{H} - нормативное сопротивление j -го слоя оседающего грунта на боковой поверхности сваи в $Т/м^2$, определяемое по формуле (I4);

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 сваи в $Т/м^2$ для глинистых грунтов консистенции $B > 0{,}7$ и рыхлых песков, а также для оседающих грунтов определяется по формуле

$$f_i^{H} = m_t \left(c^{H} + \frac{\mu}{1-\mu} \gamma H \operatorname{tg} \varphi^{H} \right), \qquad (I4)$$

где c^{H} - нормативное удельное сцепление грунта в $Т/м^2$, определяемое испытаниями образцов грунта на сдвиг или принимаемое для предварительных рас-

четов по табл. I3 главы СНиП П-Б.I-62*;

μ - коэффициент Пуассона, значения которого допускается принимать по табл. 9 главы СНиП П-Б.I-62*;

γ - объемный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды, в $Т/м^3$;

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;

$\varphi^н$ - нормативное значение угла внутреннего трения грунта, определяемое по данным лабораторных испытаний или для предварительных расчетов принимаемое по табл. I3 главы СНиП П-Б.I-62*;

m_t - коэффициент условий работы, учитывающий снижение прочности грунта во времени, принимаемый

$m_t = 0{,}9$ - для песков

$m_t = 0.8$ - для супесей

$m_t = 0.7$ - для суглинков

$m_t = 0.65$ - для глин.

3.I0. 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.I-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 $l_н \operatorname{tg} \frac{\varphi^н_{ср.}}{4}$;

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

$\varphi^н_{ср.}$ - средневзвешенное значение нормативного угла внутреннего трения грунта, определяемое по формуле

$$\varphi^н_{ср.} = \frac{\varphi^н_1 l_1 + \varphi^н_2 l_2 + \varphi^н_3 l_3 + \ldots \varphi^н_n l_n}{l_н} \qquad (15)$$

$\varphi^н_1, \varphi^н_2, \ldots \varphi^н_n$ - нормативное значение углов внутреннего трения для отдельных слоев грунта $l_1, l_2, \ldots l_n$ (в пределах участка длины сваи $l_н$).

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 фундаментов по деформациям в число нормативных нагрузок на условный фундамент здания или сооружения включается нормативная величина сил отрицательного трения $P^н_{к.отр.}$, действующих на куст свай и определяемых в соответствии с указаниями п. 3.12.

3.12. Нормативное значение сил отрицательного трения $P^н_{к.отр.}$ в Т, действующих на куст свай определяется по формуле

$$P^н_{к.отр.} = U \sum K_{pj} l_j f^н_{oj} , \qquad (16)$$

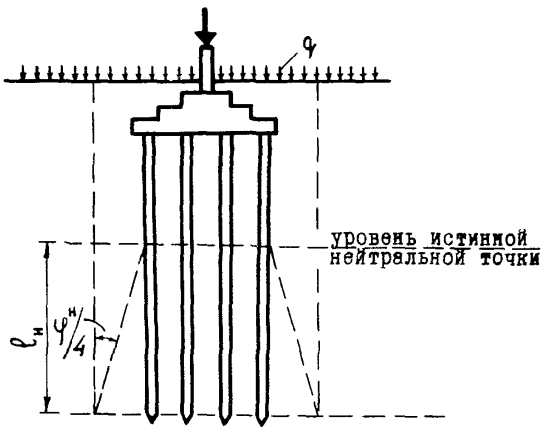

Рис. 2. Схема определения границ условного фундамента при расчете осадок свайных фундаментов.

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

$K_{\rho j}, l_j, f_{oj}^{H}$ - обозначения те же, что и в формуле (I3).

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

4.I. Несущая способность P (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 P (в Т) забивной висячей сваи и сваи-стойки, работающей на осевую сжимающую нагрузку, определяемая по условию сопротивления материала сваи в соответствии с п. 5.I6 главы СНиП П-Б.5-67*, должна удовлетворять условию

$$P \geq N + K' P_{отр}^{H}, \qquad (I7)$$

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 $K' = 1{,}3$;

$P^{н}_{отр.}$ - нормативные силы отрицательного трения, в Т, величина которых для одиночных свай определяется по формуле (I3), или по результатам полевых исследований в соответствии с разделом 5 Рекомендаций, а для свай в кусте по формуле (I8).

4.3. Нормативное значение сил отрицательного трения на боковой поверхности сваи в кусте $P^{н}_{отр}$, в Т

$$P^{н}_{отр} = M_1 \sum K_{pj} \gamma_j \ell_j + m_0 M_2 \sum K_{pj} f^{н}_{oj} \ell_j , \quad (I8)$$

Где $m_0, K_{pj}, f^{н}_{oj}, \ell_j$ - обозначения и их величины те же, что и в формуле (I3);

γ_j - объемный вес j -го слоя грунта в $Т/м^3$;

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

$$M_1 = \frac{(L_1 - a)(L_2 - b)}{A - A_n} - F \quad ; \qquad (I9)$$

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

- для свай, расположенных по периметру куста

по формулам

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

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

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;

$A_п$ - количество свай по периметру куста;

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

$F_к$ - площадь куста свай в $м^2$, границы которого определяются по наружным граням 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	Расположение свай в кусте		
	внутренняя	боковая	угловая
M_1	$a^2 - d^2$	$0{,}5a(a+d) - d^2$	$0{,}25(a+d)^2 - d^2$
M_2	0	a	$a+d$

4.4. Свая, участок длины которой находится в слое слабого грунта ($E \leq 10$ 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

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

где h - толщина слоя слабого грунта, в м;

d - диаметр круглого или сторона квадратного сечения сваи, в м.

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

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

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 расчетну величину сил отрицательного трения.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ТРЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

5.I. 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 6 d (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 сваи-оболочки. Методы полевых испытаний".

б) свая № 2 - погружается до уровня истинной нейтральной точки, положение которой определяется по п. 2.2, и испытывается ступенчато-возрастающими выдергивающими 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 5.4.б 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 Ш-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 испытуемых 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.

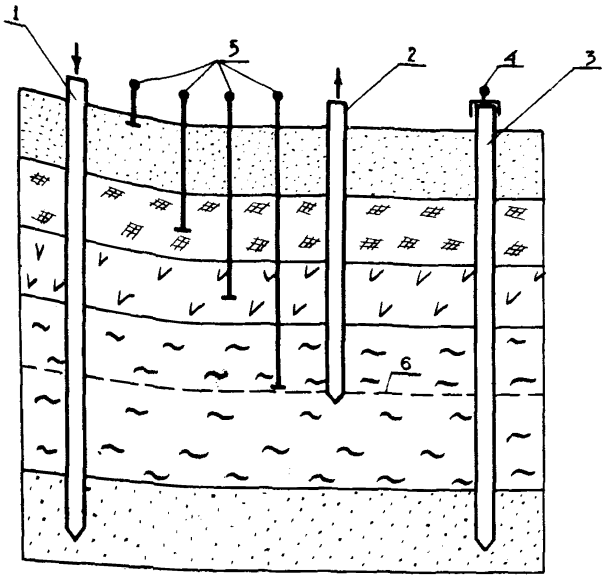

Рис. 3. Принципиальная схема полевых исследований:

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 $P^{н}_{отр.и}$ (в Т), по данным статических испытаний (п.п. 5.4а и 5.4б), предшествующих полной пригрузке территории определяется по формуле

$$P^{н}_{отр.и} = m' \cdot m_{о.в.} \cdot P^{н}_{выд.} + P^{н}_{отр.} , \qquad (25)$$

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 $m_{о.в.} = 0,8$

$P^{н}_{выд.}$ - нормативное сопротивление сваи № 2 по п. 5.4б (в Т) вертикальной выдергивающей нагрузке, определяемое в соответствии с указаниями п. 6.7* главы СНиП П-Б.5-67*;

$P^{н}_{отр.}$ - величина нормативных сил отрицательного трения, определяемая по формуле (I3), причем нормативные сопротивления грунтов на боковой поверхности свай $f^{н}_{j}$ определяются только в пределах участка длины сваи 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 $P^{н}_{отр.и}$ (в Т) по данным статических испытаний (п.п. 5.4а и 5.4б), проведенных при полной пригрузке территории определяется по формуле

$$P^{н}_{отр.и} = m' \cdot m_{о.в} \cdot P^{н}_{выд.} , \qquad (26)$$

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 сваи в заданный момент времени предусматривает построение номограммы, объединяющий 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

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

где a - параметр осадки , в см;

θ - 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 $S_{св.0.} = f(P_{вд.} - P_{выд.})$, построение которого производят используя результаты статических испытаний свай по п.п. 5.4а и 5.4б, как показано на рис. 5.

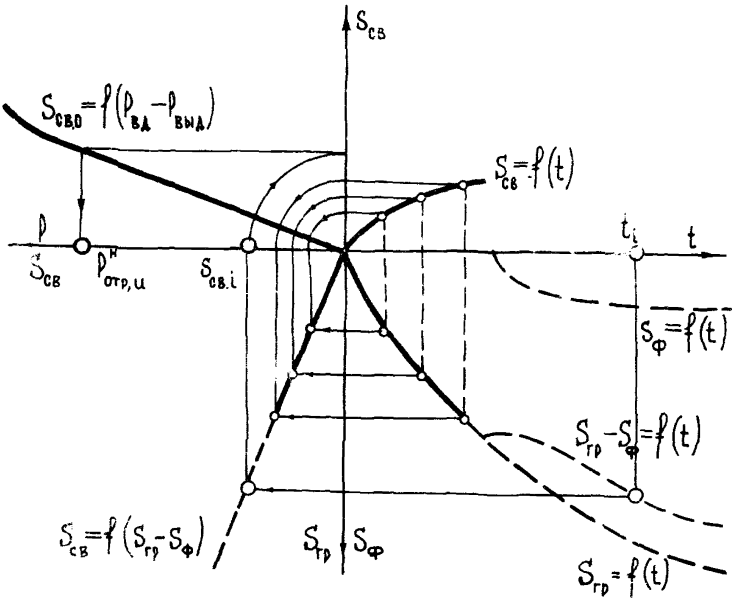

Рис. 4. Номограмма для определения сил отрицательного трения по результатам полевых исследований.

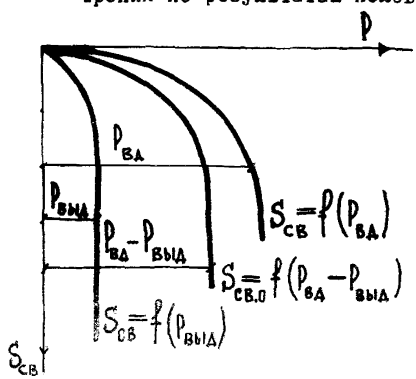

Рис. 5. Графики зависимости осадок сваи от вдавливающих и выдергивающих нагрузок при статических испытаниях.

5.II. 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 превышени ю осадку сваи $S_{св.i}$, а затем по графику $S_{св.о} = f(P_{вд.} - P_{выд.})$ находят искомую величину $P^{н}_{отр.и.}$

5.I2. Нормативные силы сопротивления грунта основания $P^{н}_{сс.}$ (в Т), расположенного ниже нейтральной точки определяются по графику $S_{св.о.} = f(P_{вд.} - P_{выд.})$

За нормативное сопротивление $P^{н}_{сс.}$ 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 I мм при общей осадке не менее I0 мм и не более 25 мм.

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

Отпечатано в Производственных экспериментальных мастерских
ЦИНИСа Госстроя СССР

gost.e-ecolog.ru