ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ УССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА (ГОССТРОЙ УССР)

ВРЕМЕННЫЕ УКАЗАНИЯ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И УСТРОЙСТВУ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ ПИРАМИДАЛЬНЫХ СВАЙ

1971

gost.e-ecolog.ru

«Временные указания по проектированию и строительству фундаментов из пирамидальных свай» разработаны на основании экспериментальных исследований и строительства зданий и сооружений.

«Временные указания» разработаны кафедрой оснований и фундаментов Одесского инженерно-строительного института (доктор технических наук, профессор **В. Н. Голубков**, кандидат технических наук, доцент **А. И. Догадайло**, кандидат технических наук, доцент **Ю. Ф. Тугаенко**). Под общей редакцией **В. Н. Голубкова**.

Государственный Комитет Совета Министров УССР по делам строительства (Госстрой УССР)	Республиканские строительные нормы Временные указания по проектированию и устройству фундаментов из пирамидальных свай	РСН224-71

I. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1. Настоящие указания распространяются на свайные фундаменты из забивных, коротких, висячих пирамидальных свай, устраиваемых в основаниях зданий и сооружений сложенных грунтами: песчаными, песчано-илистыми, песчаными мощностью не менее 3 м, подстилаемыми слоем ила, ленточными глинами, лессовыми I типа по просадочности, лессовыми насыщенными водой, глинами, суглинками, супесями разного генезиса, насыпными грунтами возрастом не менее 10 лет.

ПРИМЕЧАНИЕ. Настоящие указания не распространяются на основания сложенные вечномерзлыми грунтами, просадочными грунтами II типа, если тип грунта определен опытным замачиванием в полевых условиях при средней скорости развития просадки большей 1 см. в неделю за весь период замачивания, продолжающийся не менее 8 недель, а также на основания расположенные на неустойчивых, оползневых участках.

2. Расчет и проектирование свайных фундаментов из забивных коротких висячих пирамидальных свай следует выполнять по второму предельному состоянию — по деформациям, на действие вертикальных нагрузок, горизонтальных сил и выдергивания.

3. При проектировании свайных фундаментов из пирамидальных забивных свай следует руководствоваться: в части расчета и проектирования по деформациям — общими требованиями СН и П II-Б 5-67, техническими правилами по эконом-

Внесены Одесским инженерно-строительным институтом, кафедрой оснований и фундаментов	Утверждены Государственным Комитетом Совета Министров УССР по делам строительства 16 марта 1971 года, приказ № 55	Срок введения 30 апреля 1971 г.

ному расходованию основных строительных материалов ТП 101-70 и необходимостью максимальной индустриализации работ.

4. Проектирование свайных фундаментов следует вести на основе данных инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий и исследований строительной площадки, выполненных в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и СН и П II-Б 5-67.

5. Свайные фундаменты из забивных коротких, висячих пирамидальных свай применяются для жилых, гражданских, промышленных и сельскохозяйственных зданий и сооружений (рис. 1—5).

6. Применение пирамидальных свай производится по результатам технико-экономических расчетов и сравнения с другими вариантами, с учетом инженерно-геологических условий строительных площадок.

7. Размеры и глубина погружения пирамидальных свай определяются на основе предварительных расчетов, выполненных с учетом инженерно-геологических и гидрогеологических условий строительной площадки и действующих нагрузок на фундаменты (см. приложения, примеры №№ 1 и 2).

8. Оптимальными размерами пирамидальных свай являются:

а) глубина погружения $l = 1{,}5 \div 3{,}5$ м.

б) размер сваи в голове $D = 0{,}5 \div 0{,}8$ м.

в) размер сваи в подошве $d = 0{,}05 \div 0{,}1$ м.

В некоторых грунтовых условиях допускается применять сваи других размеров (см. таблицу № 1).

9. Пирамидальные сваи проектируются полнотелыми, железобетонными с ненапрягаемой арматурой. Марку бетона свай в проекте следует принимать не менее «200» (рис. 6).

10. Армирование пирамидальных свай — конструктивное, исходя из условий их транспортировки и погружения в грунт (рис. 7).

11. Пирамидальная форма свай обуславливает их работу, при погружении и под нагрузкой—враспор, подобно объемному клину. Это позволяет в процессе погружения сваи создавать вокруг ее боковых граней большой объем уплотненного грунта, а в процессе работы под нагрузкой передавать нор-

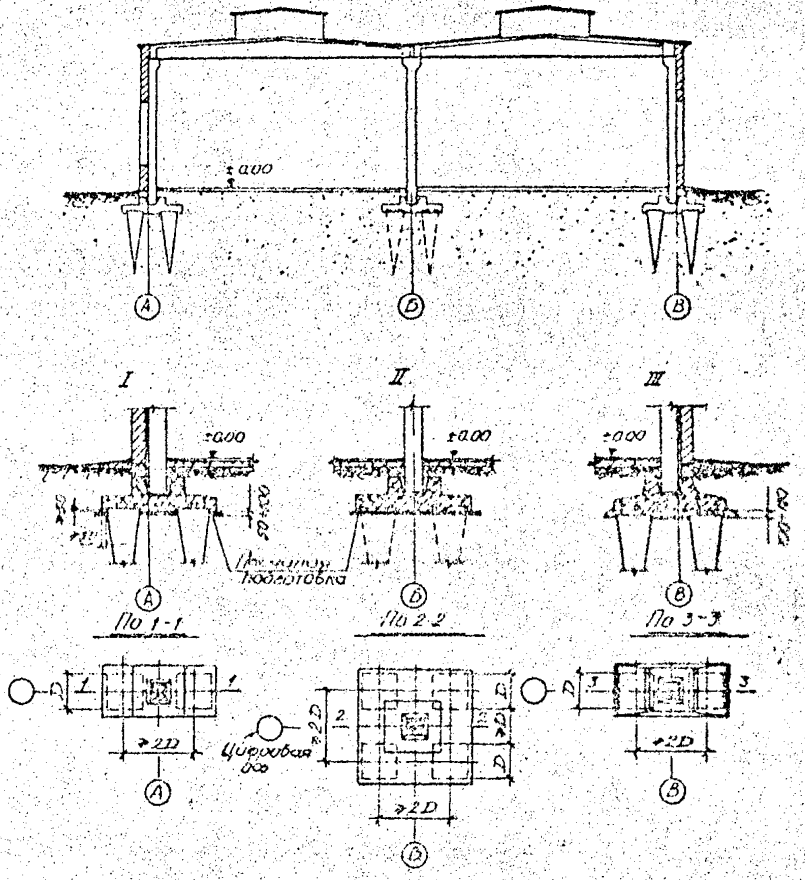


Рис. I. Применение пирамидальных свай в основании промышленного здания. I, II—монолитные железобетонные ростверки; III—сборный ростверк.

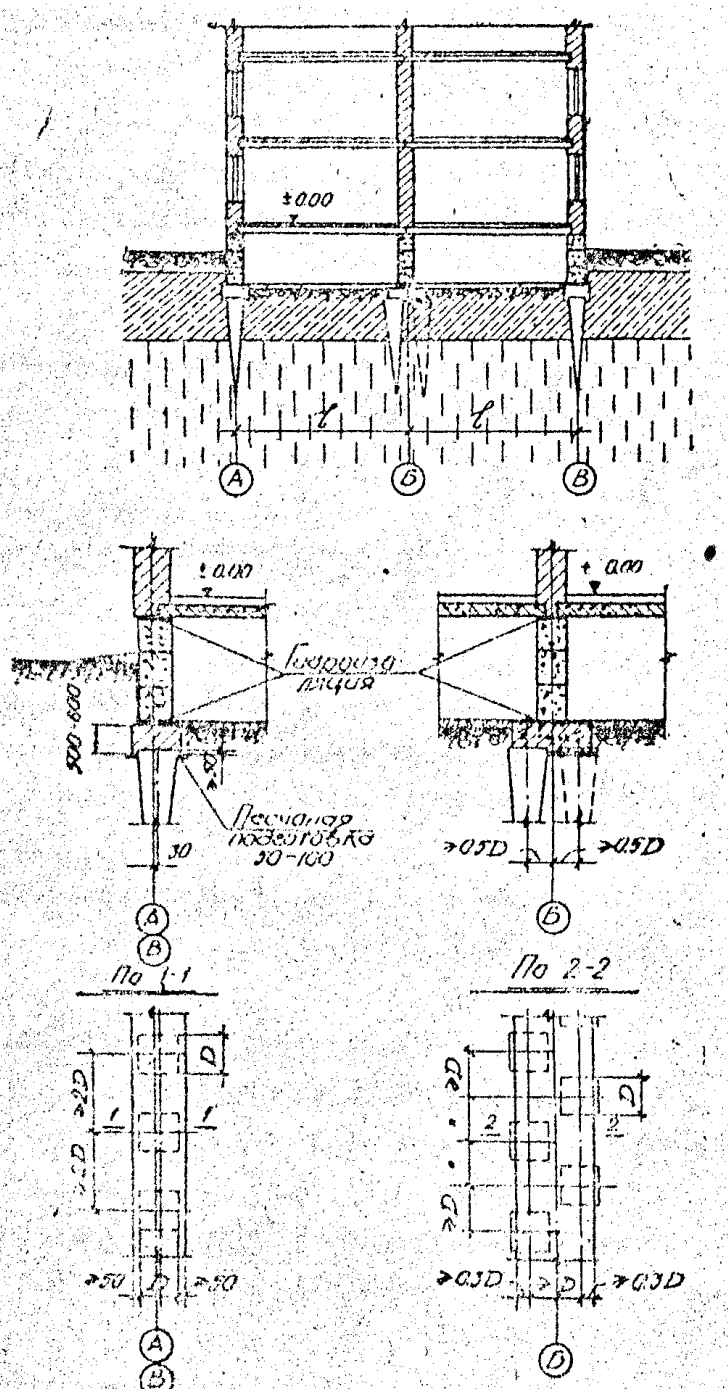


Рис. 2. Применение пирамидальных свай в основании жилых и гражданских зданий.

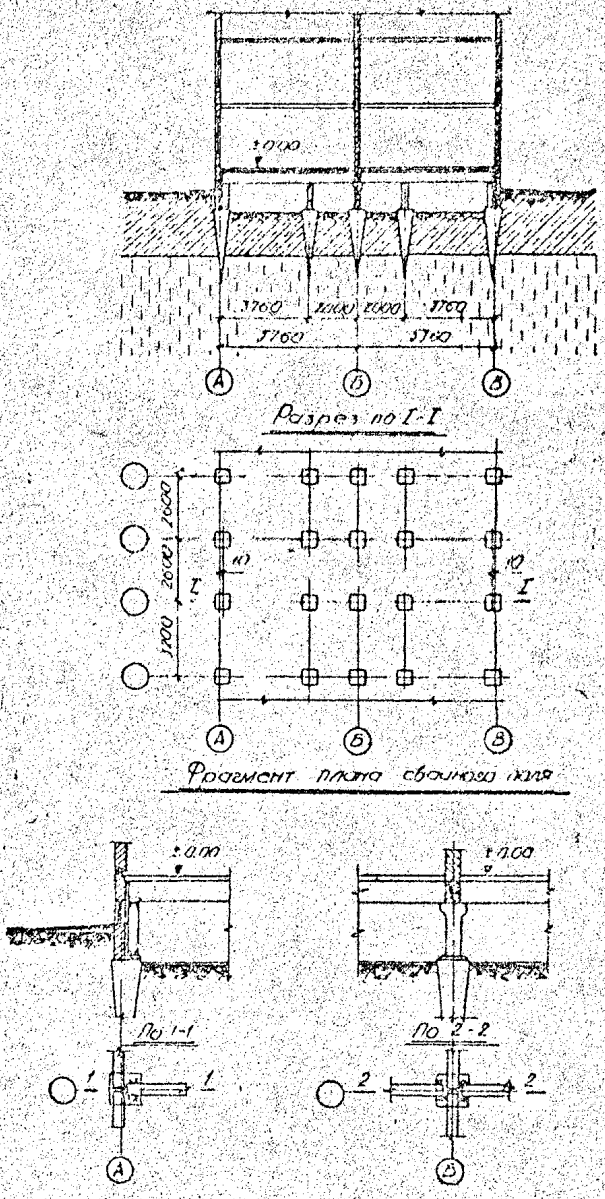


Рис. 3. Применение пирамидальных свай в основании крупнопанельных зданий.

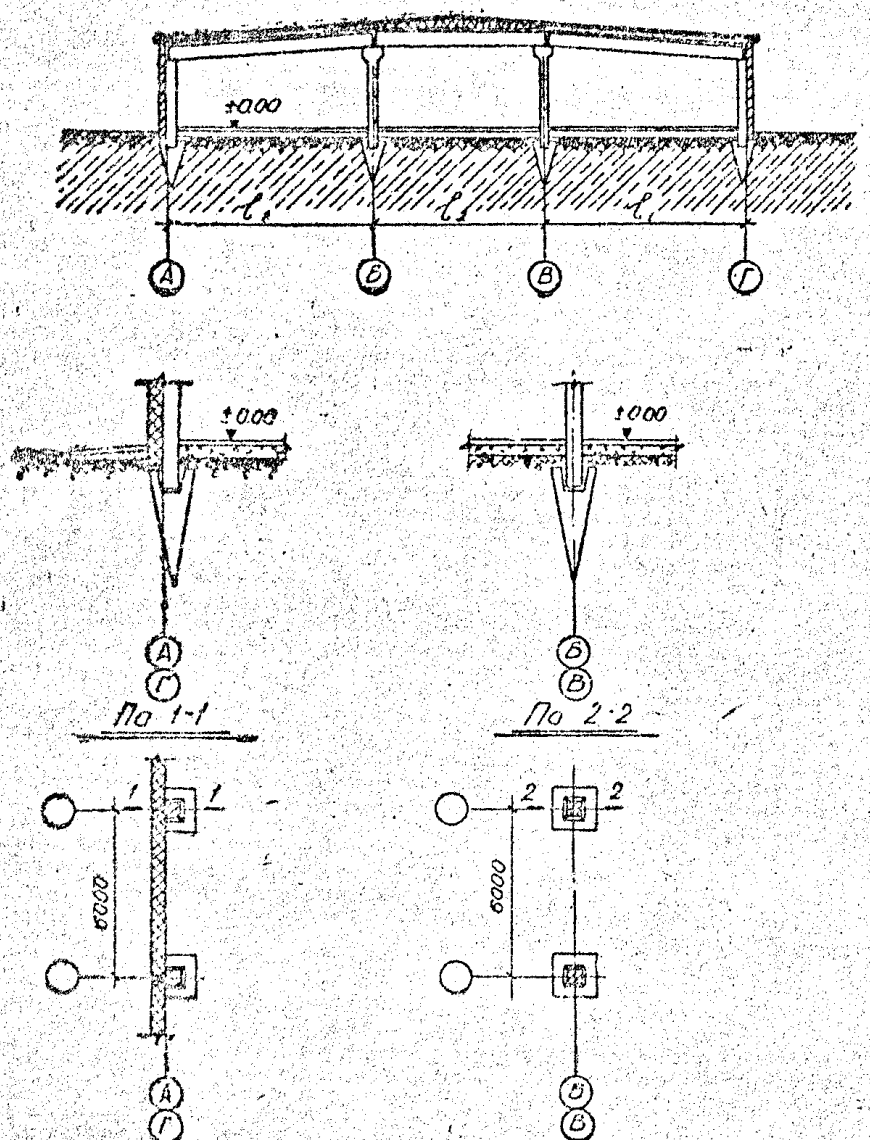


Рис. 4. Применение пирамидальных свай в основании сельскохозяйственных зданий.

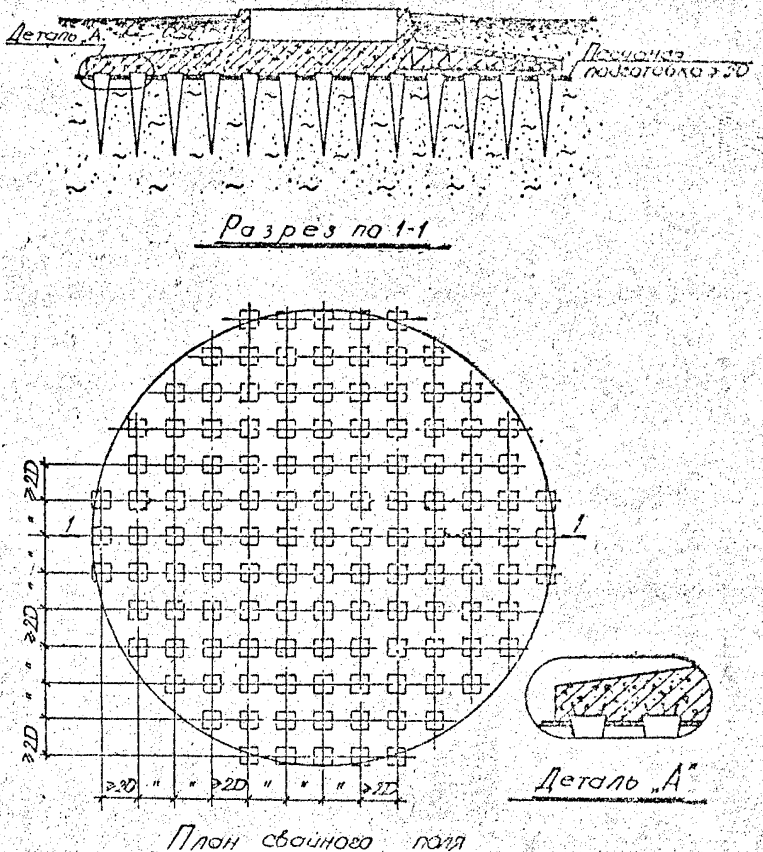


Рис. 5. Применение пирамидальных свай в основании сплошных железобетонных плит.

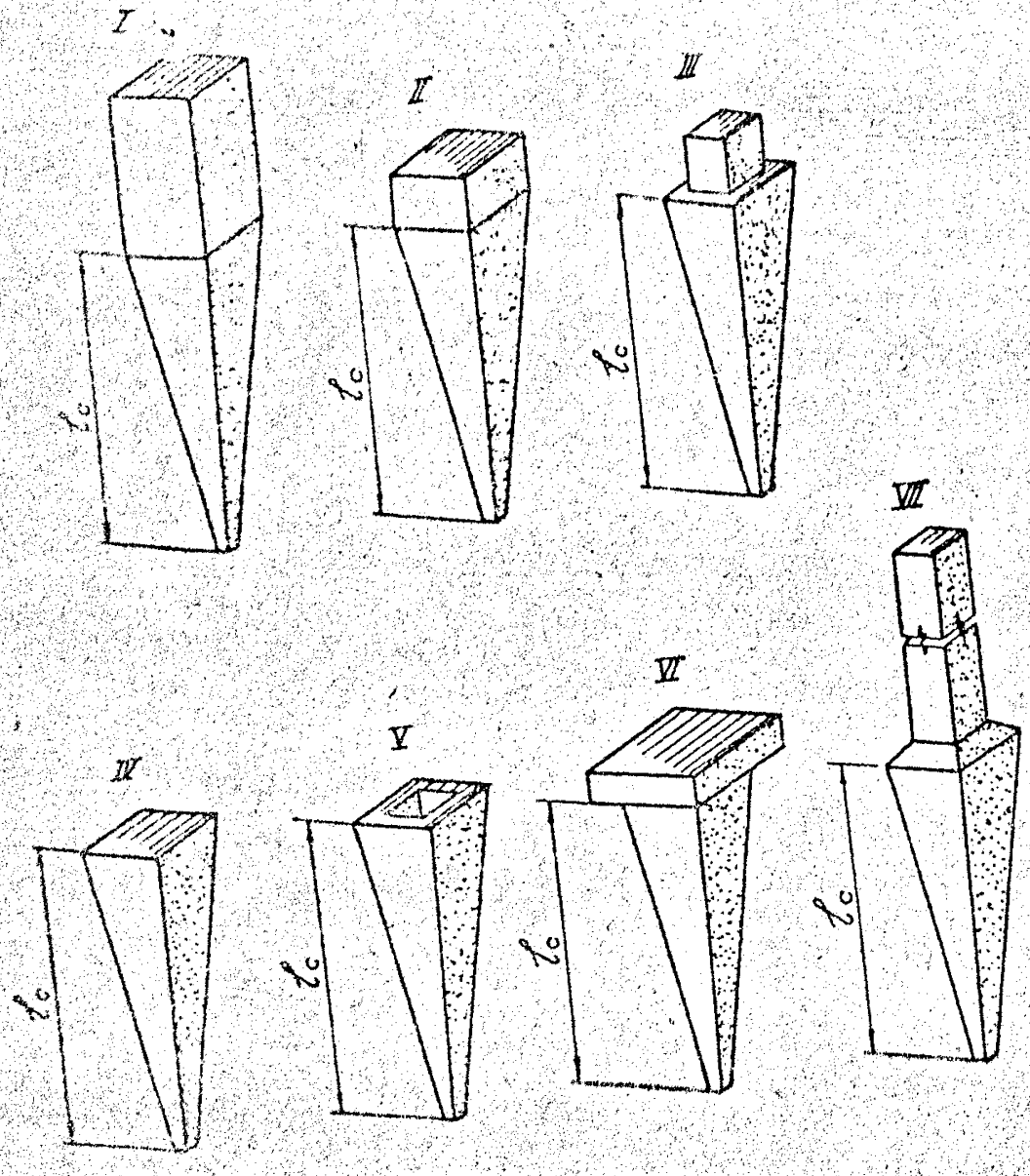


Рис. 6. Рекомендуемые виды пирамидальных свай. I, VII—сваи колонны; II, III—при погружении с помощью надеваемого наголовника; IV—при механическом погружении; V—свая со стаканом; VI—свая с ростверком.

мальные давления на уплотненный грунт боковой поверхностью сваи (рис. 8 и 9).

Таблица 1.

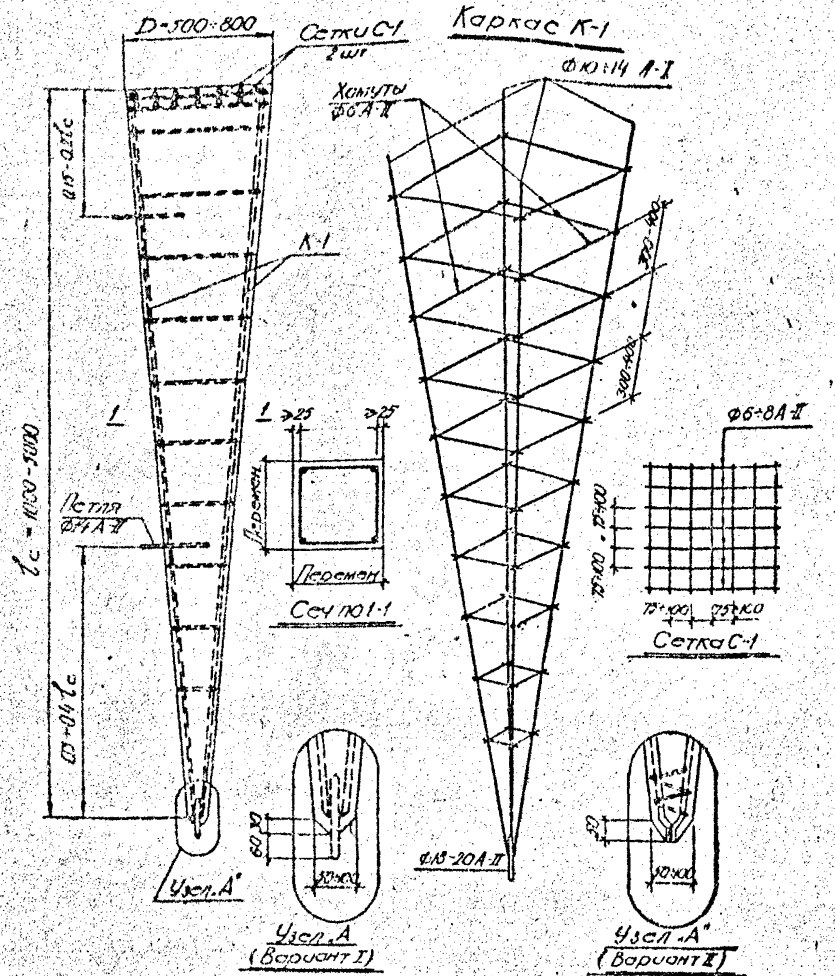
Рекомендуемые размеры пирамидальных свай

Длина свай l, м	Размеры свай в подошве d, м	Объем свай V_c м³ / Боковая поверхность свай $F_{бп}$ м²	Размеры свай в голове D, м			
			0,5×0,5	0,6×0,6	0,7×0,7	0,8×0,8
1,0	0,05×0,05	V_c	0,091	0,128	0,171	0,220
		$F_{бп}$	1,10	1,30	1,50	1,70
1,5	0,05×0,05	V_c	0,138	0,193	0,258	0,334
		$F_{бп}$	1,65	1,95	2,25	2,55
2,0	0,1×0,1	V_c	0,207	0,286	0,380	0,485
		$F_{бс}$	2,40	2,80	3,20	3,60
2,5	0,1×0,1	V_c	0,258	0,358	0,475	0,609
		$F_{бп}$	3,00	3,50	4,00	4,50
3,0	0,1×0,1	V_c	0,310	0,430	0,570	0,730
		$F_{бп}$	3,60	4,20	4,80	5,40
3,5	0,1×0,1	V_c	0,349	0,487	0,661	0,847
		$F_{бп}$	4,20	4,90	5,60	6,30
4,0	0,1×0,1	V_c	0,413	0,572	0,760	0,972
		$F_{бп}$	4,80	5,60	6,40	7,20
4,5	0,1×0,1	V_c	0,465	0,645	0,855	1,090
		$F_{бп}$	5,40	6,30	7,20	8,10
5,0	0,1×0,1	V_c	0,516	0,716	0,950	1,220
		$F_{бп}$	6,00	7,00	8,00	9,00

ПРИМЕЧАНИЕ: Объем сваи $V_c = \frac{l}{3}(D^2+d^2+D\cdot d)$.

Боковая поверхность сваи — $F_{бп}=2l(D+d)$.

12. Совместная работа пирамидальной сваи с грунтом основания под нагрузкой характеризуется тем, что давление от сваи на грунт передается по нормали к ее боковой поверхности, а осадка сваи развивается в грунте по вертикали, в пре-



Примечания:

1. Сборку каркасов и сборку пространственных каркасов производить контактной сваркой.
2. Толщина защитного слоя бетона должна быть не менее 25 мм
3. Допуск на непараллельность верхней поверхности к оси сваи ± 0,5 градуса.
4. Марка бетона ≥ 200.
5. Все размеры в мм.

Рис. 7. Конструкция пирамидальной сваи.

делах горизонтальной проекции площади головы сваи и ее рабочей длины (рис. 9).

II. РАСЧЕТ ПИРАМИДАЛЬНЫХ СВАЙ ПО ДЕФОРМАЦИЯМ

13. Расчет пирамидальных свай производится с учетом следующих основных требований:

а) средний объемный вес скелета «$\gamma_{ск\ ср}$» уплотненного грунта в пределах зоны уплотнения после погружения пирамидальной сваи должен иметь значения 1,6 ÷ 1,75 т/м³;

б) величина нормативной осадки пирамидальной сваи принимается в расчете равной предельно-допустимой осадке 8 см, предусмотренной в СН и П II-Б. 1-62. (таблица 11), для крупнопанельных и крупноблочных бескаркасных зданий;

в) объем зоны деформации не должен превышать объема зоны уплотнения (рис. 8).

14. Средний объемный вес скелета уплотненного грунта после забивки пирамидальной сваи определяется по формуле:

$$\gamma_{ск\ ср} = \frac{\gamma_{ск} \cdot V_c}{V_y} + \gamma_{ск} \qquad (1)$$

ПРИМЕЧАНИЕ: Расшифровка всех буквенных значений, входящих в формулы настоящих указаний, приведены в «Условных обозначениях» на стр. 38.

15. Объем зоны уплотненного грунта, создаваемый в процессе погружения свай, определяется по формуле:

$$V_y = k \cdot V_c \qquad (2)$$

Коэффициент «k» определяется по графику $k = f(\gamma_{ск})$ (рис. 10).

16. Расчет пирамидальной сваи, работающей без низкого ростверка, производится по формуле:

$$P_c = \frac{E_{гр.ср} \cdot V_{sc}}{\beta \cdot V_{ac}} \cdot F_э \qquad (3)$$

Объем зоны деформаций «V_{ac}» пирамидальной сваи определяется по графику $V_{ac} = f(V_{sc})$ (рис. 11).

Объемная осадка сваи «V_{sc}» определяется по формуле:

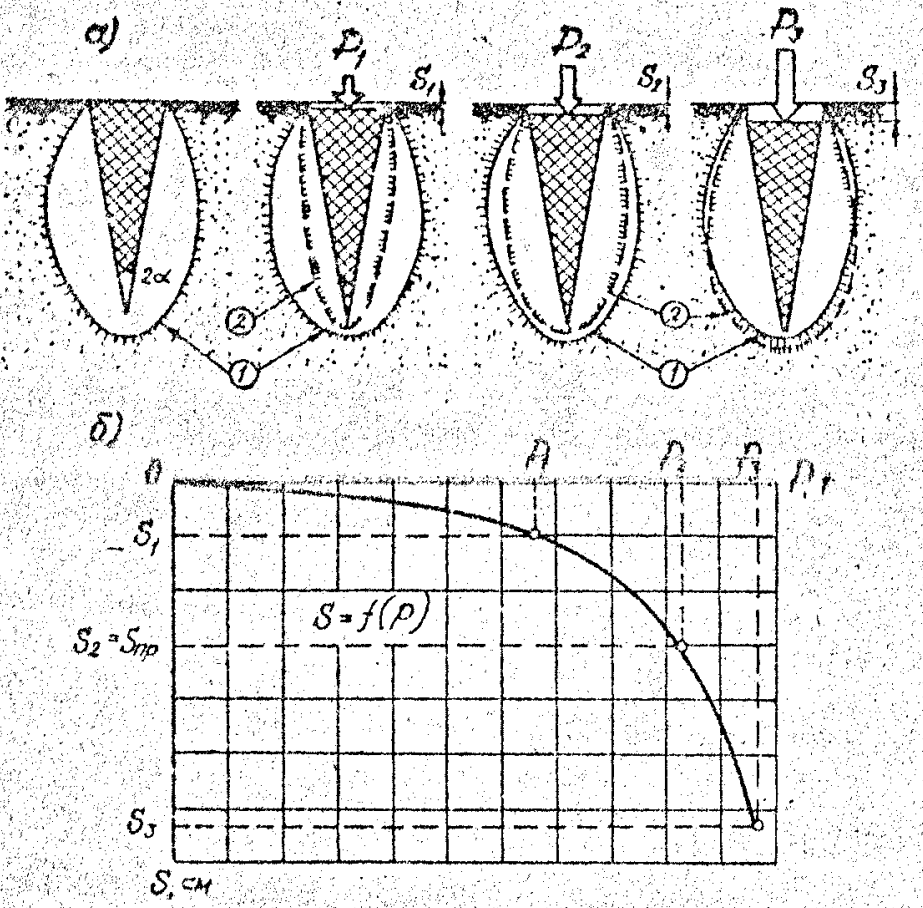


Рис. 8. Совместная работа пирамидальной сваи и грунта основания. а—схема формирования зоны уплотнения (1) и зоны деформаций (2). б—качественный график зависимости осадки от нагрузки.

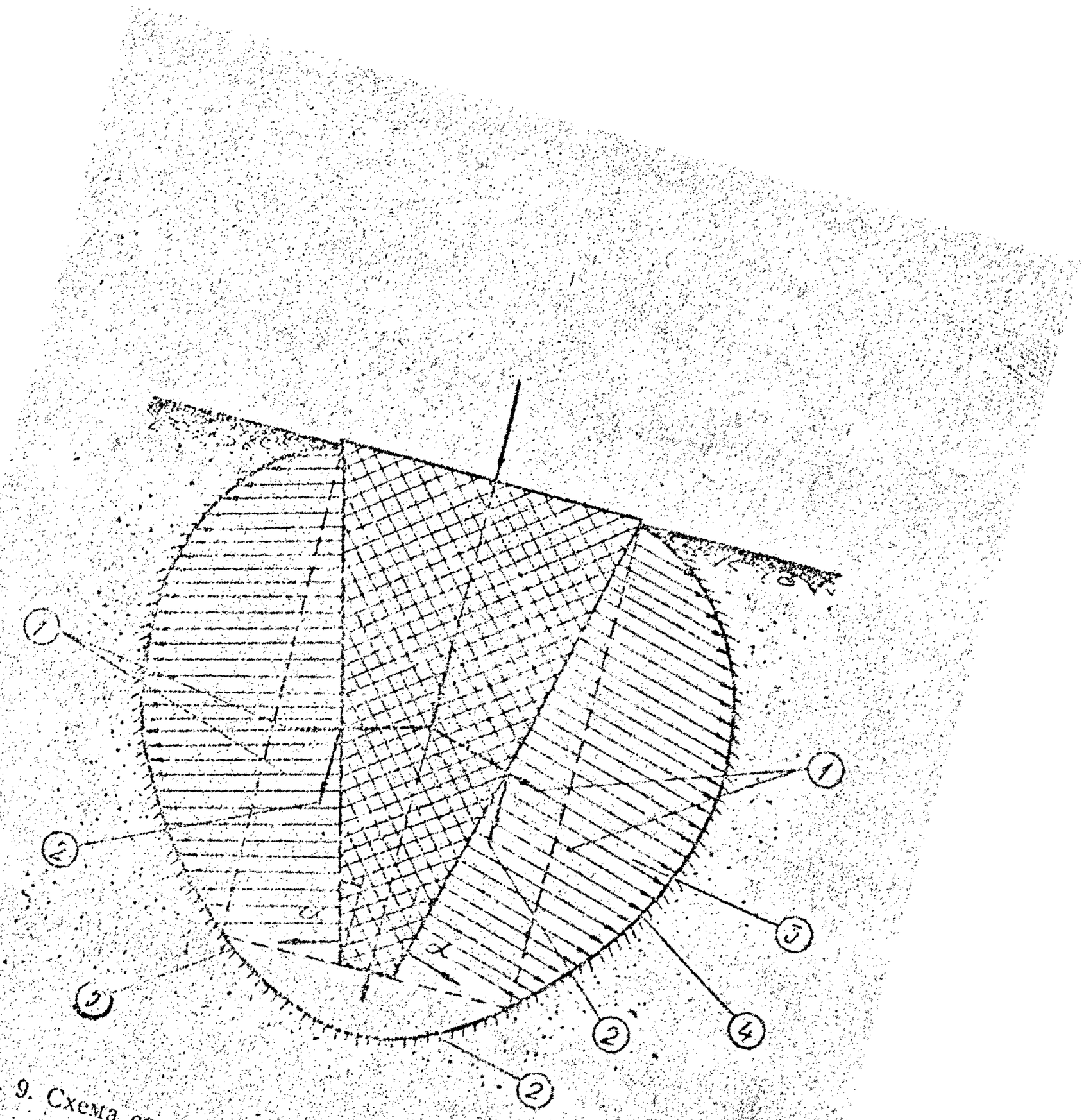


Рис. 9. Схема совместной работы короткой висячей, забивной пирамидальной свай и грунта основания.
1—нормальное давление; 2—направление осадки сваи; 3—объем зоны деформаций; 4—граница объема зоны деформаций; 5—проекция площади головы сваи.

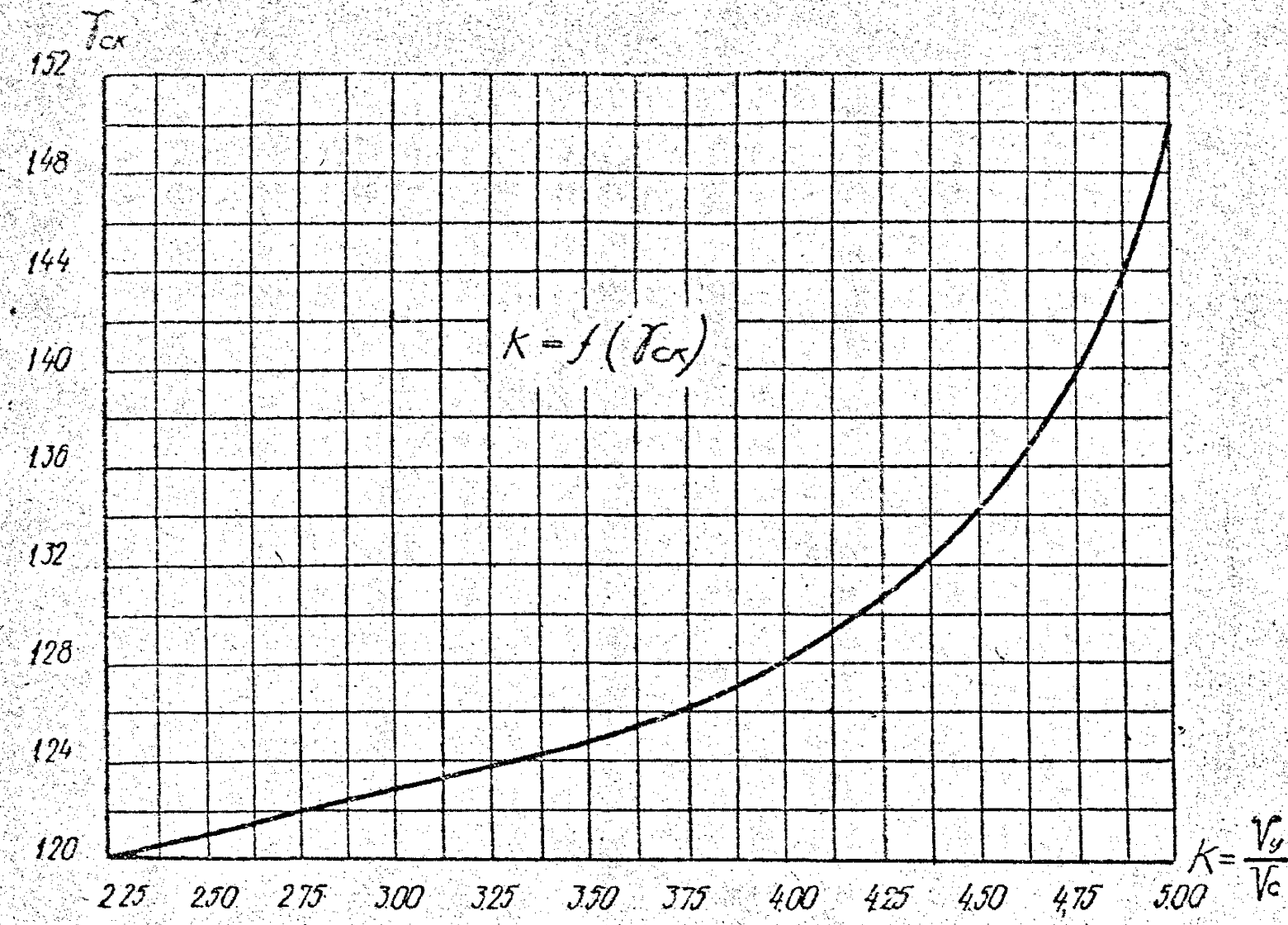


Рис. 10. График зависимости k=f(γск)

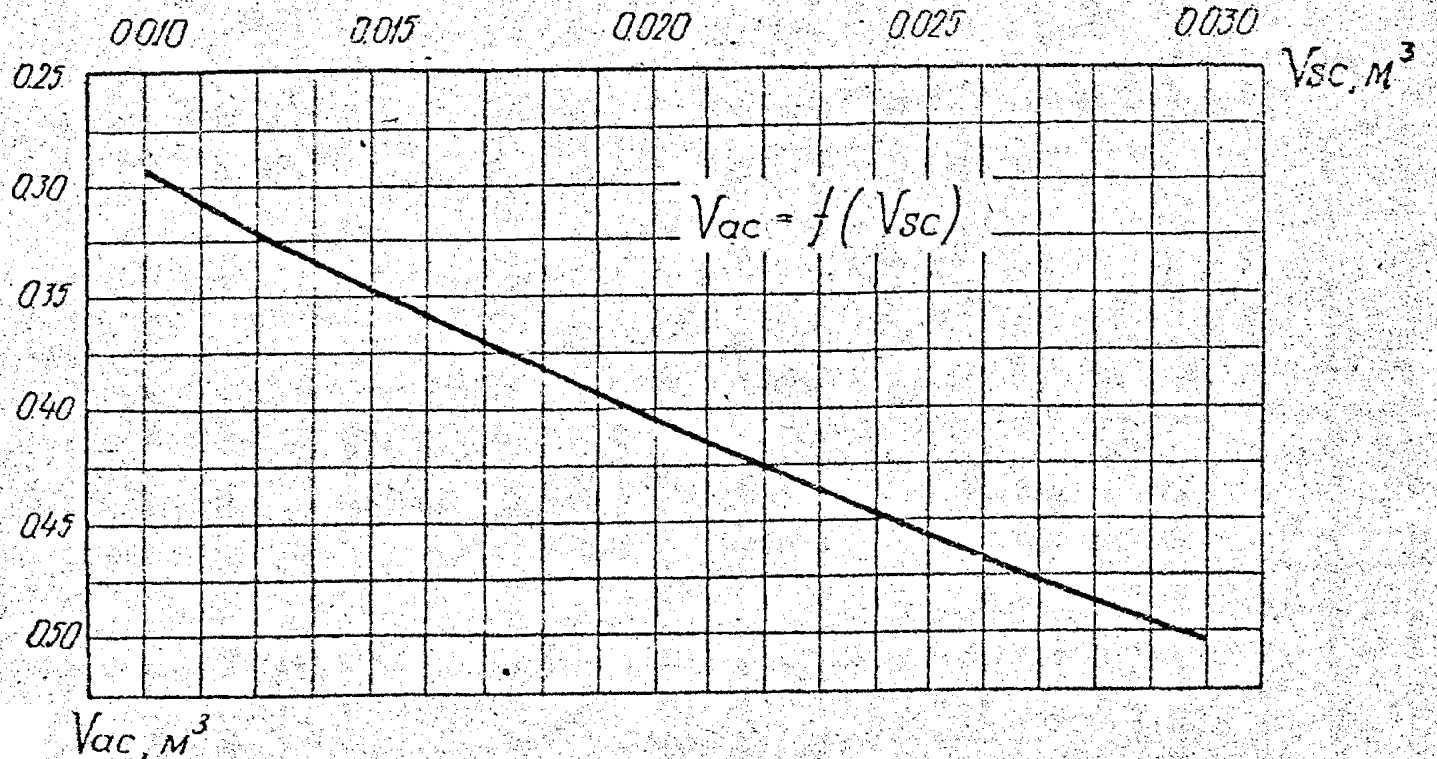


Рис. 11. График зависимости $V_{ac}=f(V_{sc})$

$$V_{sc}=S_{np}\cdot F_{э}=S_{np}\frac{V_c}{l} \qquad (4)$$

Средний модуль объемной деформации уплотненного грунта в пределах объема зоны деформаций определяется по графику $E_{гр\,ср}=f(\gamma_{ск})$ (рис. 12).

17. При работе пирамидальной сваи совместно с низким ростверком, опирающимся на грунт, определение сопротивления такой сваи нагрузке должно выполняться с учетом равной осадки сваи и ростверка и одновременной передаче нагрузки на грунт от сваи и ростверка.

В проекте указывается требование по подготовке уплотненного основания под ростверк (см. п. 29).

Схема совместной работы одиночной сваи и свайного фундамента с низким ростверком, опирающимся на грунт, приведена на рис. 13.

18. Сопротивление сваи, жестко связанной с низким ростверком, опирающимся на специально подготовленный для этой цели грунт, равно суммарной нагрузке на ростверк и сваю

$$P_{ср}=P_p+P_c \qquad (5)$$

19. Нагрузка, воспринимаемая грунтом под ростверком одной сваи, определяются по формуле:

$$P_p=\frac{E_{гр\,ср\,р}\cdot V_{sp}}{\beta\cdot V_{ap}}\cdot F_p, \qquad (6)$$

где: $F_p=(2D)^2-F$

в зависимости от условий работы сваи в свайном фундаменте, но не менее

$$\frac{V_y+V_c}{l}-F \qquad (8)$$

$$V_{sp}=S_{np}\cdot F_p \qquad (9)$$

V_{ap} — определяется по графику (рис. 14).

$E_{гр\,ср\,р}$ — определяется по материалам инженерно-геологических изысканий с учетом природного значения «$\gamma_{ск}$» и зависимости $E_{гр\,ср\,р}=E_{гр\,ср}=f(\gamma_{ск})$ (рис. 12).

Нагрузка, воспринимаемая одной сваей при предельно-допустимой осадке 8 см, определяется по формуле (3).

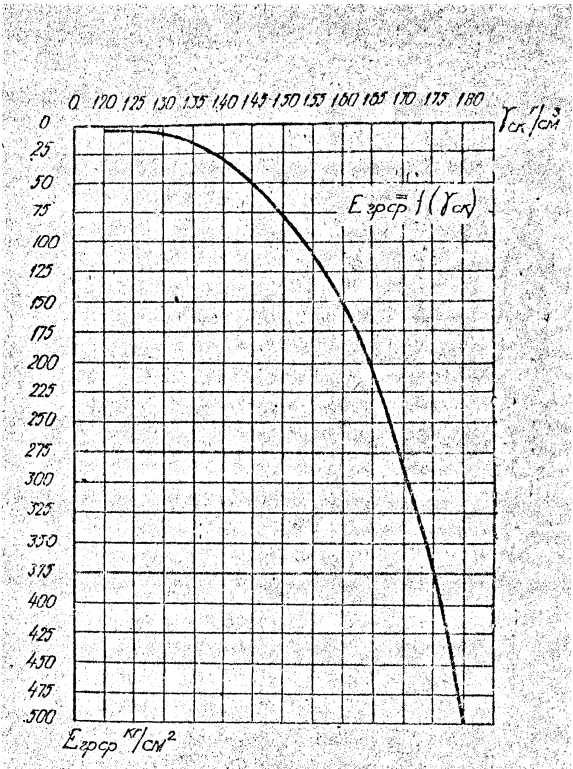


Рис. 12. График зависимости $E_{гр.ср} = f(\gamma_{ск})$

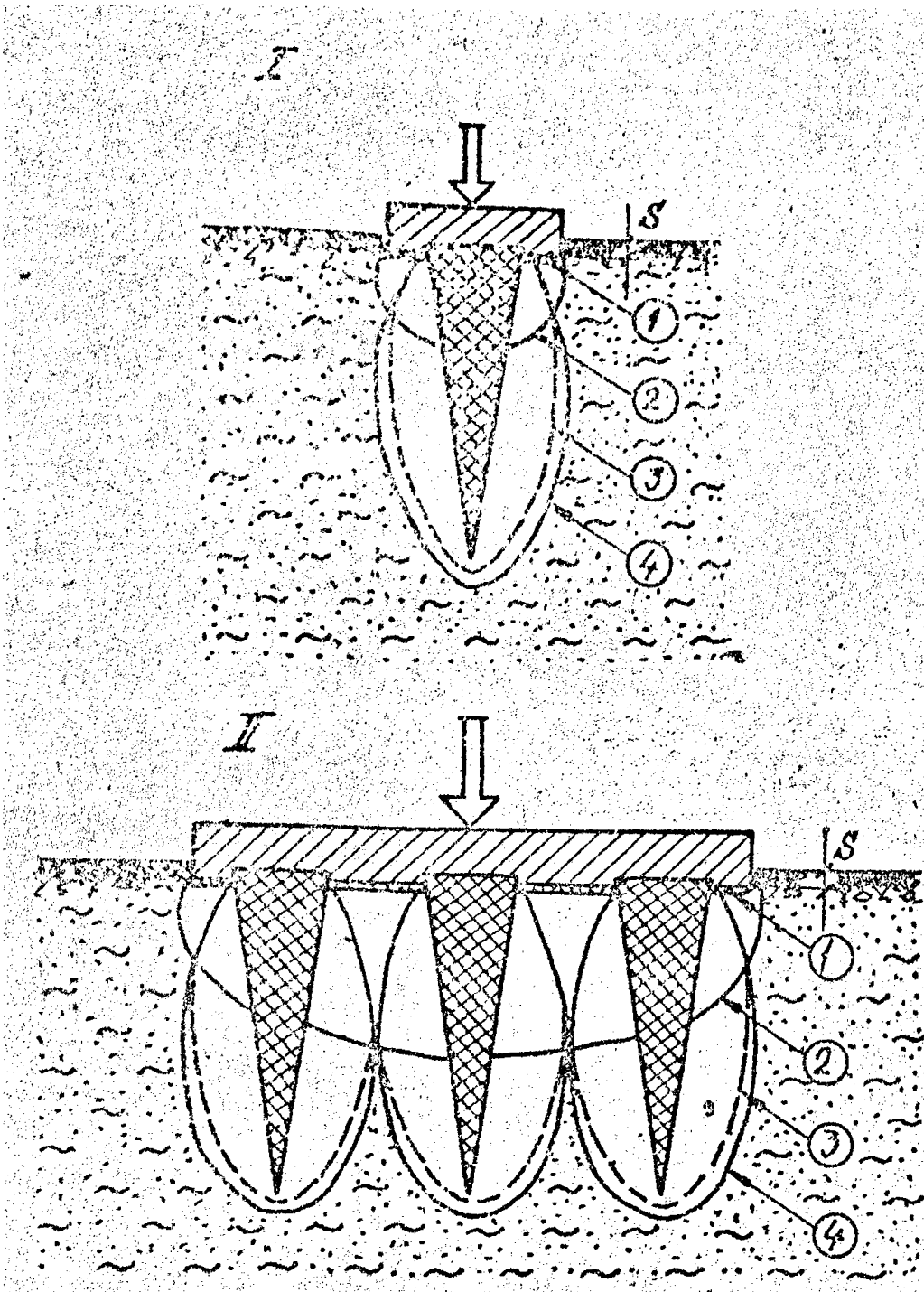


Рис. 13. Схема совместной работы пирамидальных свай с низким ростверком и грунта основания.

I—одиночная свая; II—свайный фундамент. 1—песчаная подготовка, 2—зона деформаций от ростверка; 3—зона деформаций от сваи; 4—зона уплотнения, сформированная после погружения пирамидальной сваи.

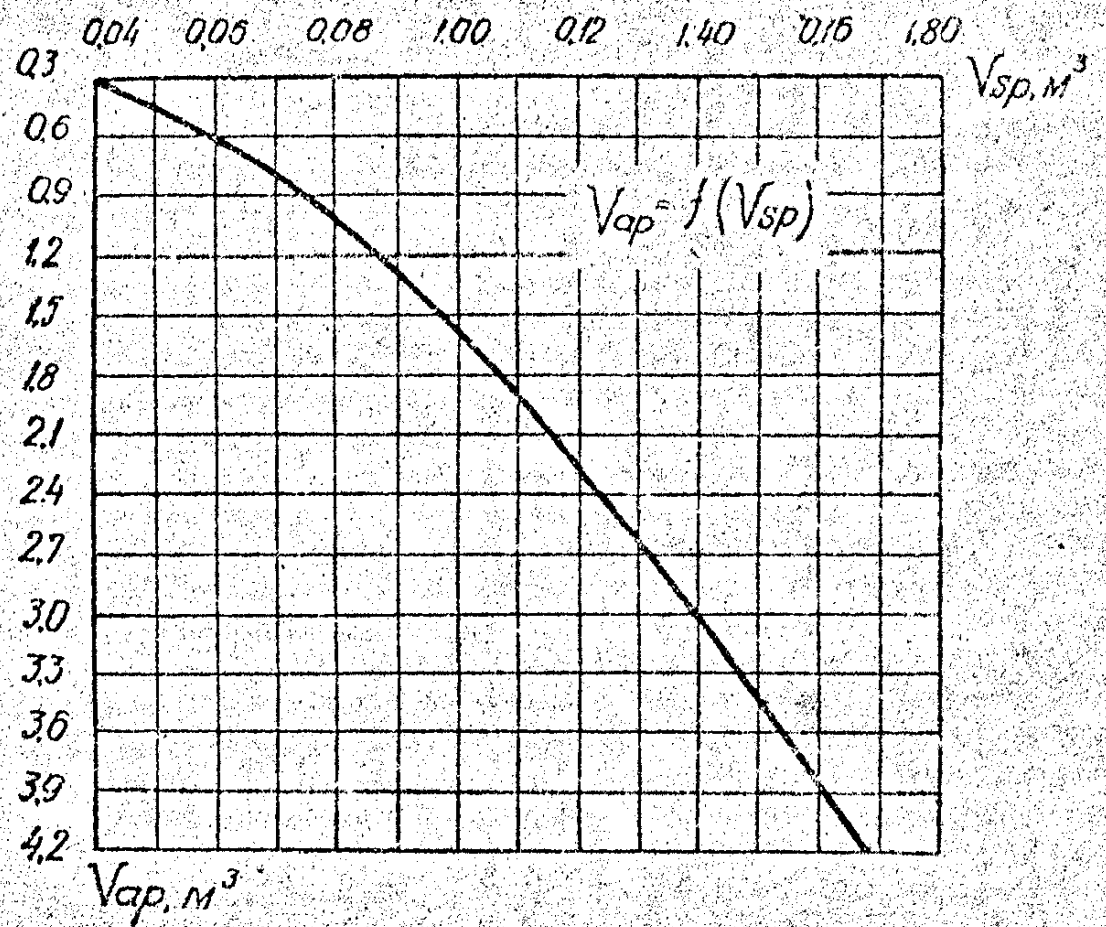


Рис. 14. График зависимости $V_{ap}=f(V_{sp})$

Расчет одиночной сваи, работающей совместно с низким ростверком, опирающимся на специально подготовленный для этой цели грунт выполняется по формуле (10).

$$P_{ср} = \frac{E_{гр\ ср\ р} \cdot V_{sp}}{\beta \cdot V_{ар}} \cdot F_р + \frac{E_{гр\ ср} \cdot V_{sc}}{\beta \cdot V_{ас}} F_э \qquad (10)$$

20. Определенное расчетом сопротивление пирамидальной сваи нагрузке, как с ростверком, так и без него, должно быть проверено путем контрольного испытания статической нагрузкой пробных свай, забитых на данной строительной площадке. При наличии низкого ростверка свая испытывается с низким ростверком. Нагрузка на сваю доводится до предельно-допустимой, стабилизированной осадки, равной 8 см. Контрольному статическому испытанию подвергается от одной до трех свай, в зависимости от степени неоднородности грунтовых условий строительной площадки (рис. 15).

III. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

21. Количество свай в свайном фундаменте определяется по формуле:

$$n = \frac{P^{п}_{сф}}{P_с}, \qquad (11)$$

22. Сваи в свайном фундаменте размещаются в рядовом или шахматном порядке (рис. 2).

В случае наличия эксцентриситета, для его уменьшения, необходимо в проекте ось свайного фундамента соответственно смещать, максимально приближая ее к точке приложения равнодействующей.

23. Расстояние между осями свай «е» рекомендуется принимать 2D, но не менее:

$$e = \sqrt{\frac{V_с + V_у}{l}}, \qquad (12)$$

24. Средняя конечная осадка свайного фундамента из пирамидальных свай без низкого ростверка определяется по формуле ОИСИ:

$$S_{сф} = \frac{\beta \cdot p_{сф} \cdot V_{асф}}{E_{гр\ ср} \cdot F_{сф}} \qquad (13)$$

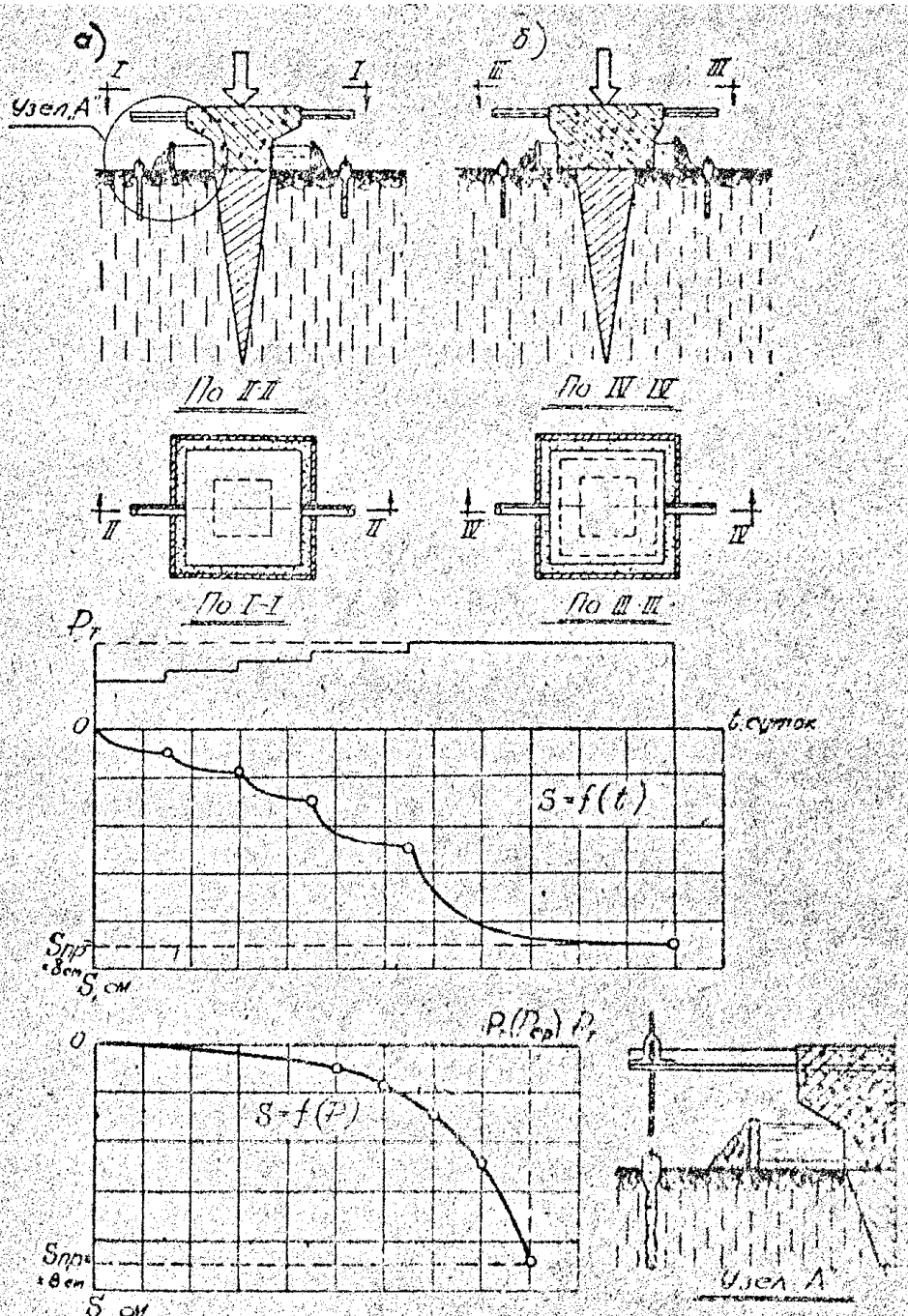


Рис. 15. Методика проведения статических испытаний пирамидальных свай:
а) с высоким ростверком; б) с низким ростверком.

$$p_{сф} = \frac{P_{сф}}{F_{сф}} = \frac{P_{сф}}{n \cdot \frac{V_{ас}}{l}} \qquad (14)$$

$V_{асф}$ — объем зоны деформаций свайного фундамента равен сумме объемов зон деформаций отдельных свай в м³.

25. Глубина заложения подошвы ростверка должна назначаться в зависимости от конструктивных решений нулевого цикла, наличия подвала, планировки участка, а также высоты ростверка.

При строительстве на пучинистых грунтах необходимо предусмотреть меры, предотвращающие влияние пучения грунта на ростверк.

26. Приведенный размер стороны свайного фундамента без низкого ростверка, любой формы в плане принимается равным «$\sqrt{F_{сф}}$», с ростверком «$\sqrt{F_{сфр}}$».

В случае ленточной формы свайного фундамента или ростверка при определении его площади, длина свайного фундамента или ростверка, по данным полевых исследований принимается равной пяти его ширинам.

27. Средняя конечная осадка свайного фундамента с низким ростверком, опирающимся на грунт, определяется по формуле:

$$S = \frac{\beta \cdot p_{сфр} \cdot V_{асфр}}{E_{гр\,сф} \cdot F_{сфр}}, \qquad (15)$$

где:

$$F_{сфр} = n \cdot F_р + n \frac{V_{ас}}{l} \qquad (16)$$

$$p_{сфр} = \frac{P_{сф}}{F_{сфр}} \qquad (17)$$

$$V_{а\,сфр} = n \cdot V_{ар} + n \cdot V_{ас} \qquad (18)$$

$V_{ар}$ находится по графику рис. 14.

$V_{ас}$ — по графику рис. 11.

$$E_{гр\,сф} = \frac{E_{гр\,ср\,р} \cdot n \cdot V_{ар} + E_{гр\,ср} \cdot n \cdot V_{ас}}{n \cdot V_{ар} + n \cdot V_{ас}}$$

28. Осадка свайного фундамента за период эксплуатации, принимаемая равной половине предельной величины полной осадки, для глинистых грунтов пластичной консистенции, не

должна превышать предельно-допустимой величины для данного конструктивного типа здания или сооружения. В противном случае, необходимо изменить размеры свай и ростверка и произвести повторный расчет (СН и П II-Б. 1-62* п. 5, 24 и таблица 11).

29. Низкий ростверк должен обеспечить жесткую связь свай в одно конструктивное целое, обеспечивающее совместное включение в работу свай ростверка и грунта основания. Для полного восприятия нагрузки от ростверка, грунт залегающий под ростверком должен специально подготавливаться: разрыхленная часть грунта удаляется и заменяется уплотненной песчаной подготовкой, мощность которой определяется высотой слоя удаляемого грунта, но не должна быть менее 12 см.

30. Железобетонные ростверки проектируются сборными, монолитными и сборно-монолитными; низкими—с опиранием на грунт и высокими — без опирания на грунт (рис. 1—5).

31. Марка бетона ростверков должна быть не ниже «200».

32. Стыковку сборных ростверков следует осуществлять в пределах головы сваи, а сборно-монолитных в пролете между сваями.

33. Ростверки шириной до 50 см следует применять в сборном или сборно-монолитном варианте.

IV. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПИРАМИДАЛЬНЫХ СВАЙ НА ДЕЙСТВИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И ВЫДЕРГИВАЮЩИХ НАГРУЗОК

34. При работе свайных фундаментов на действие горизонтальных сил и выдергивание между головой сваи и ростверком должна осуществляться жесткая связь путем замоноличивания выпусков арматуры голов свай, сваренных с арматурой ростверка. Голова сваи должна входить в тело ростверка не менее 30 см (рис. 16).

35. При действии горизонтальной нагрузки на свайный фундамент, объединенный жестким ростверком, опирающимся на грунт, глубину забивки свай необходимо принимать в пределах от 3,5 до 5,0 м.

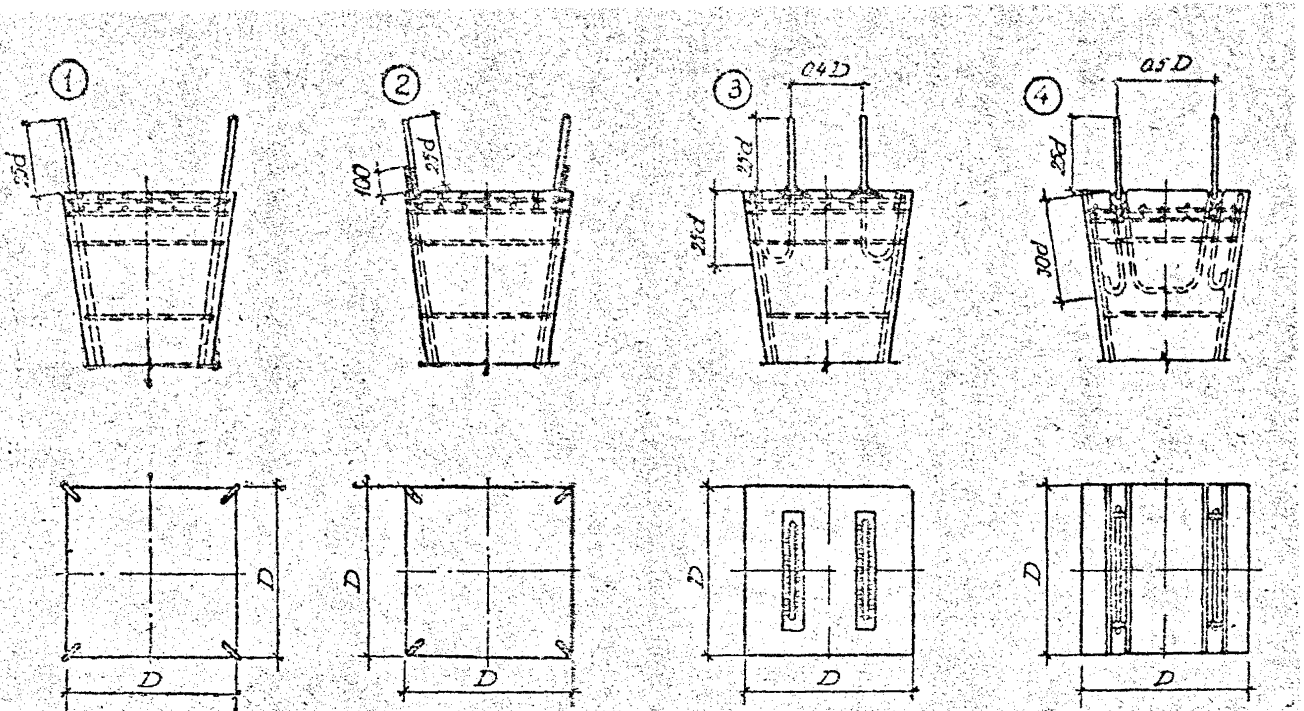


Рис. 16. Конструкции верхней части пирамидальных свай при восприятии горизонтальной нагрузки.
1, 2, 3—предложения ОИСИ; 4—предложение инженера С. И. Глазера —3-й проектный институт, г. Одесса.

36. Расчет сопротивления пирамидальной сваи горизонтальной нагрузке производится по формуле:

$$Q_c = \frac{12EIC}{\alpha_{гр} l_з^3} \text{ кг} \qquad (19)$$

$l_з$ — глубина заделки сваи в ростверк определяется по графику рис. 17.

E; I — приведены на рис. 17.

Таблица 2

Значения экспериментального коэффициента «$\alpha_{гр}$»

Характеристика грунта / Характеристика свай	Значения экспериментального коэффициента «$\alpha_{гр}$»					
	Из песчаных, слежавшийся $\gamma_{ск}=1{,}29$ г/см³	Песок мелкий, илистый $\gamma_{ск}=1{,}31$ г/см³	Лесс ниже уровня грунтовых вод $\gamma_{ск}=1{,}36$ г/см³	Суглинок, выше уровня грунтовых вод $\gamma_{ск}=1{,}40$ г/см³	Суглинок, выше уровня грунтовых вод $\gamma_{ск}=1{,}46$ г/см³	Песок средний ниже уровня грунтовых вод $\gamma_{ск}=1{,}50$
Железобетонные пирамидальные сваи с низким ростверком, опирающимся на грунт	12	11	10	9	8	6

37. Определение сопротивления пирамидальной сваи осевой выдергивающей нагрузке производится по формуле:

$$T_c = \tau_{гр\,ср} F_{бок} \qquad (20)$$

где: $\tau_{гр\,ср}$ определяется по графику $\tau_{гр\,ср} = f(\gamma_{ск\,ср})$ (рис. 18).

38. Для сооружений, где горизонтальные и выдергивающие нагрузки являются решающими, результаты расчетов пирамидальных свай на горизонтальную нагрузку и выдергивание должны проверяться путем контрольного статического испытания пробных свай. Горизонтальная нагрузка доводится до предельно-допустимого перемещения равного 2 см. Контрольному испытанию на горизонтальную нагрузку и выдергивание должны подвергаться по одной свае на каждые 100 свай свай-

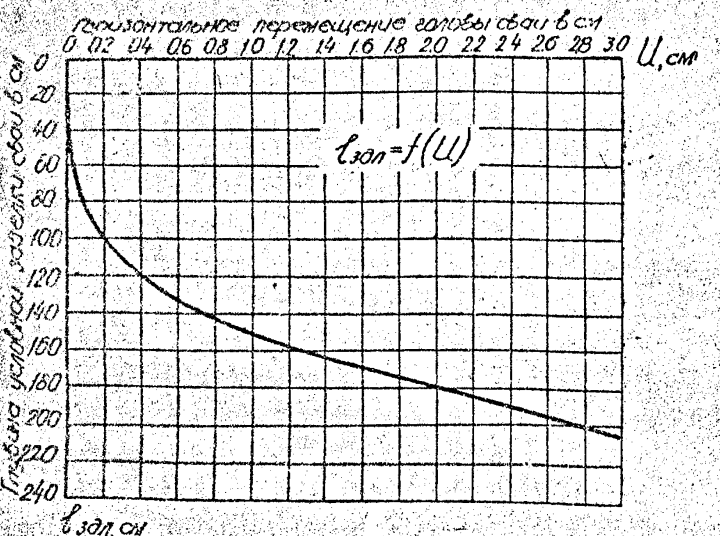


Рис. 17. График зависимости $l_{зад}=f(u)$

Примечание: сваи железобетонные пирамидальные с жестким низким ростверком, опирающимся на грунт ($D=60 \div 80$ см; $d=5 \div 10$ см; $E=210000$ кг/см^2; $I=160000$ см^4).

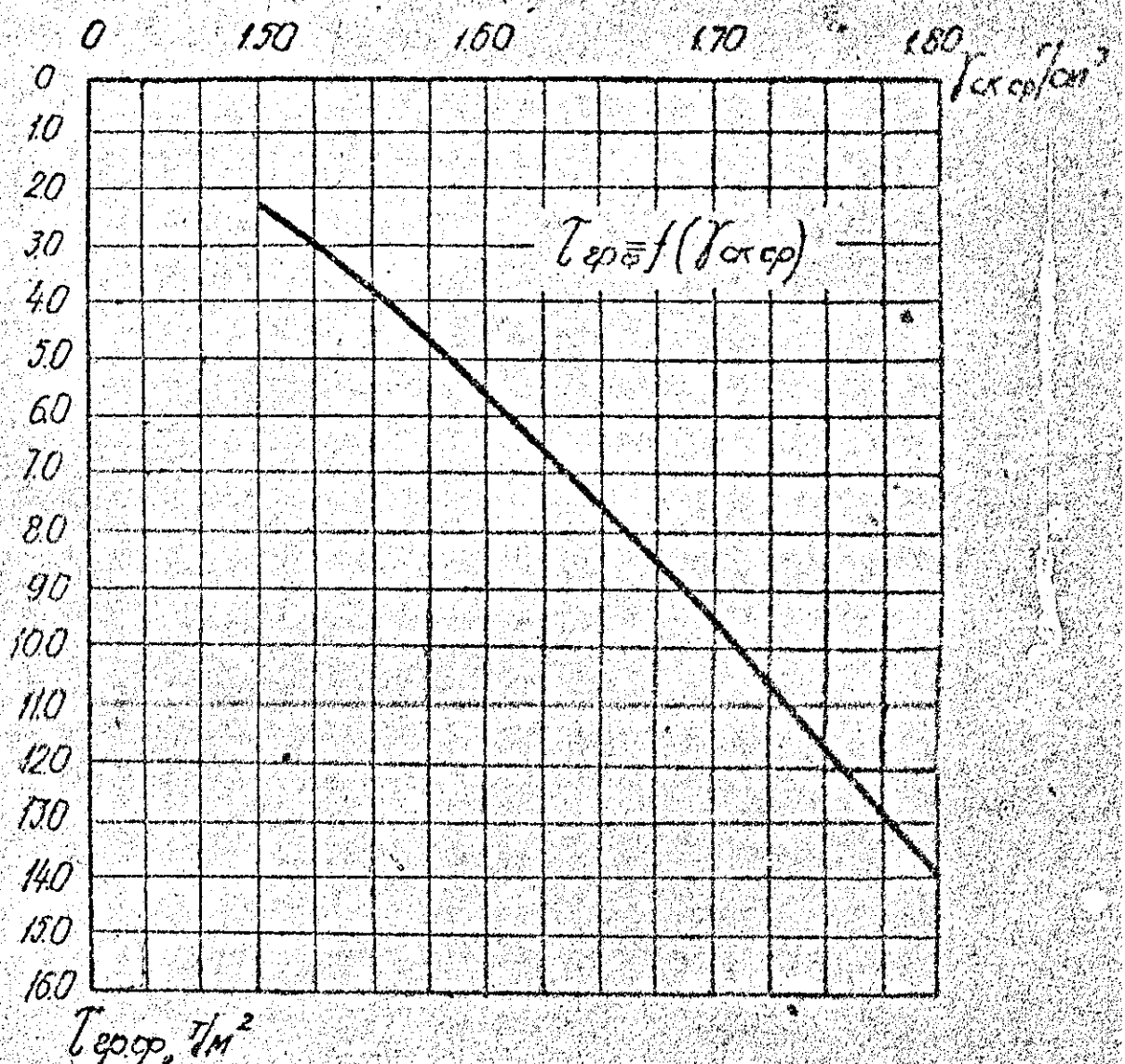


Рис. 18. График зависимости $\tau_{гр.ср} = f(\gamma_{ск.ср})$

ного фундамента, в наиболее слабых грунтовых условиях строительной площадки.

V. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СВАЙ И ПРОИЗВОДСТВО СВАЙНЫХ РАБОТ

39. Изготовление пирамидальных свай должно производиться на заводах железобетонных изделий в металлической, инвентарной опалубке методом, обеспечивающим массовый и поточный выпуск готовых к транспортировке изделий (рис. 19).

40. Прочность бетона в момент отгрузки свай с завода-изготовителя не должна быть ниже проектной, указанной на рабочих чертежах.

41. Доставленные на строительную площадку сваи должны соответствовать проекту и ГОСТ 10628-63, иметь паспорт и маркировочные знаки (индекс и дату изготовления), нанесенные несмываемой краской. Одна свая на каждые 20 штук подвергается контрольному обмеру.

42. Для производства свайных работ производится приемка выполненной разбивки расположения свай в свайных фундаментах зданий и сооружений. Результаты приемки фиксируются в акте.

43. Погружение пирамидальных свай можно производить: механическими молотами на копровой установке; паровоздушными молотами простого и двойного действия; дизель-молотами штанговыми, трубчатыми; вибровдавливающими агрегатами ВВПС-20 II или ВВПС-32/19; вибропогружателями разных типов (рис. 20).

На рис. 21 показана технология производства свайных работ.

44. Конструкция головы сваи может быть выполнена различной формы, в зависимости от способа ее погружения. Наголовники, применяемые для погружения, выбираются в соответствии с конструкцией сваебойного оборудования (рис. 22).

45. Для предохранения головы сваи от разрушения между сваей и наголовниками устанавливается деревянная прокладка.

46. В случае погружения пирамидальных свай с размерами в голове более 70 см ударная часть молотов заводского из-

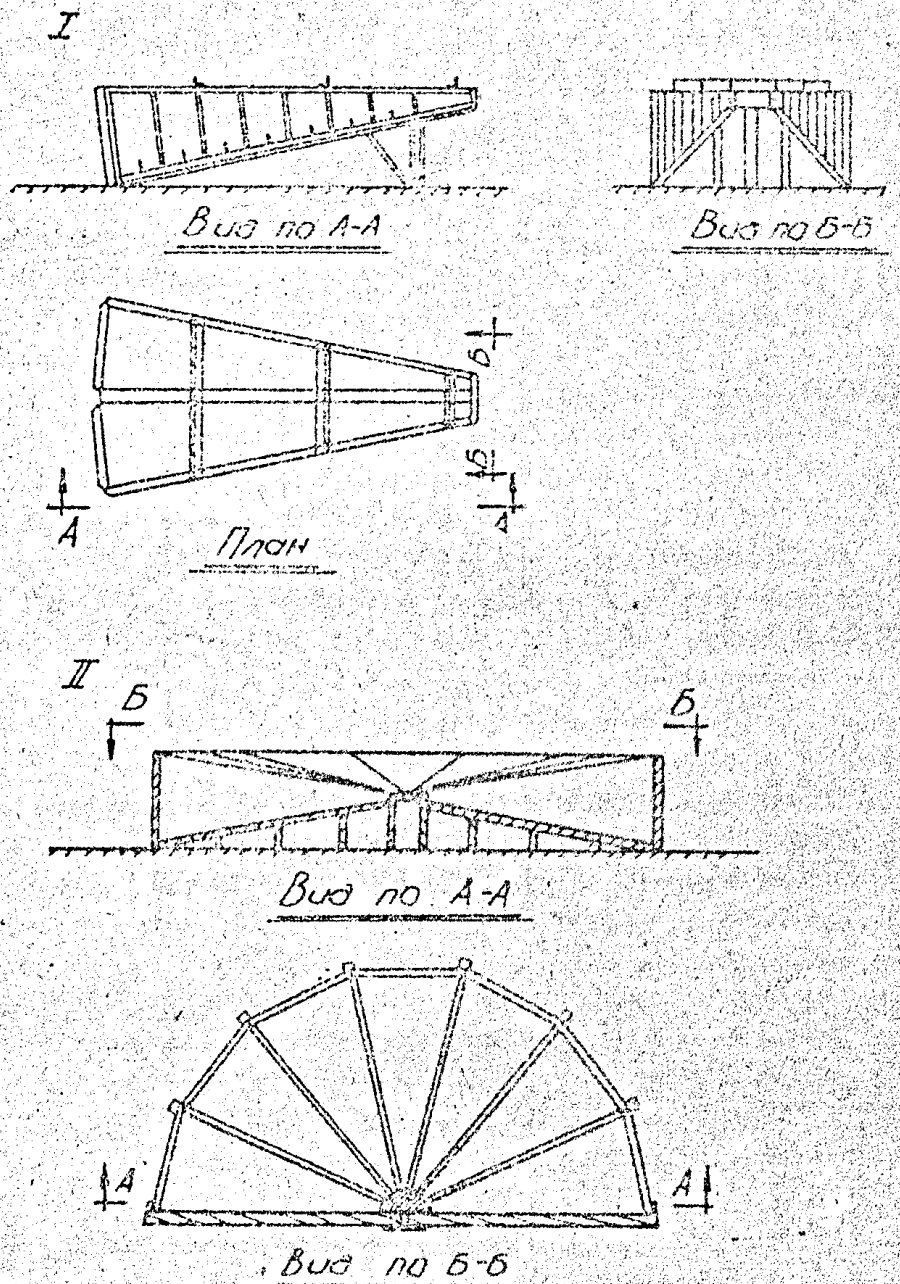


Рис. 19. Оснастка для изготовления пирамидальных свай:
I—металлическая опалубка для попарного изготовления свай;
II—веерная опалубка (предложение инж. В. И. Хазина—СУ-113 треста «Южтрансстрой», г. Полтава).

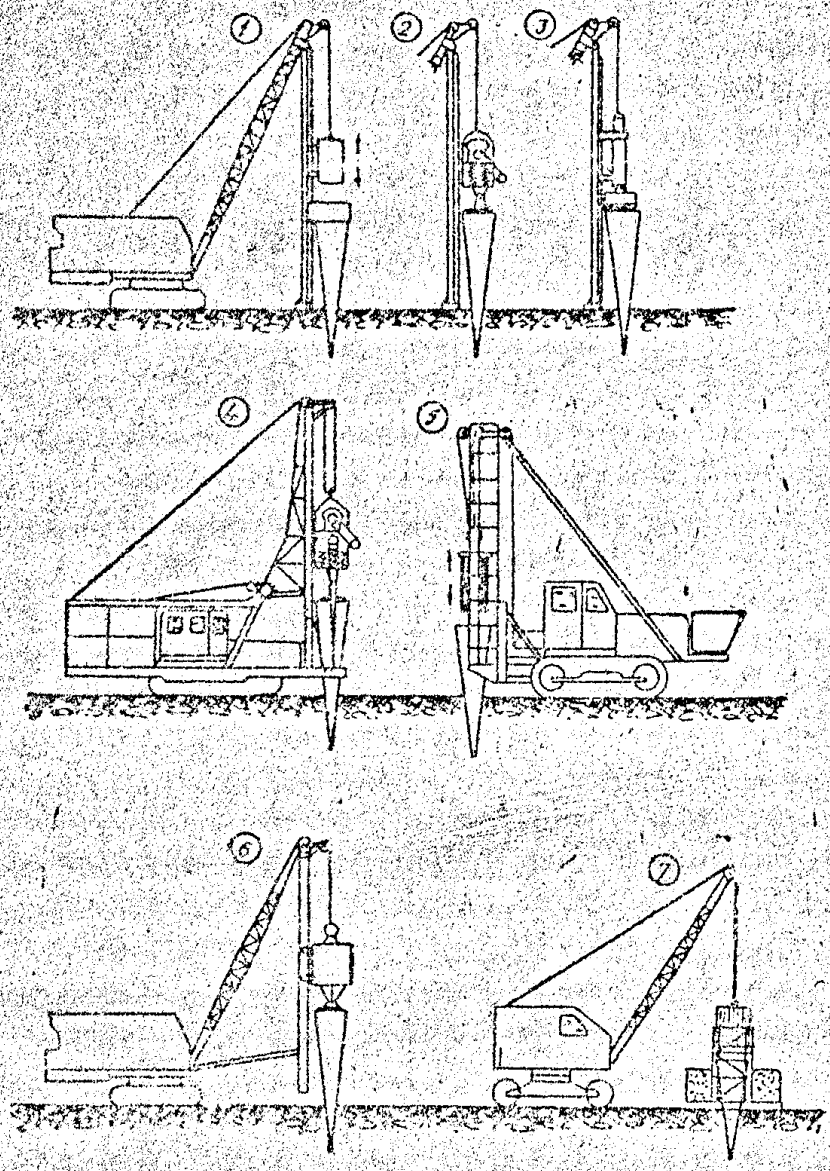


Рис. 29. Оборудование для погружения пирамидальных свай:
1, 5, 7—механическим молотом; 2, 4, 6—вибропогружателями;
3—дизель-молотом или паровоздушным молотом

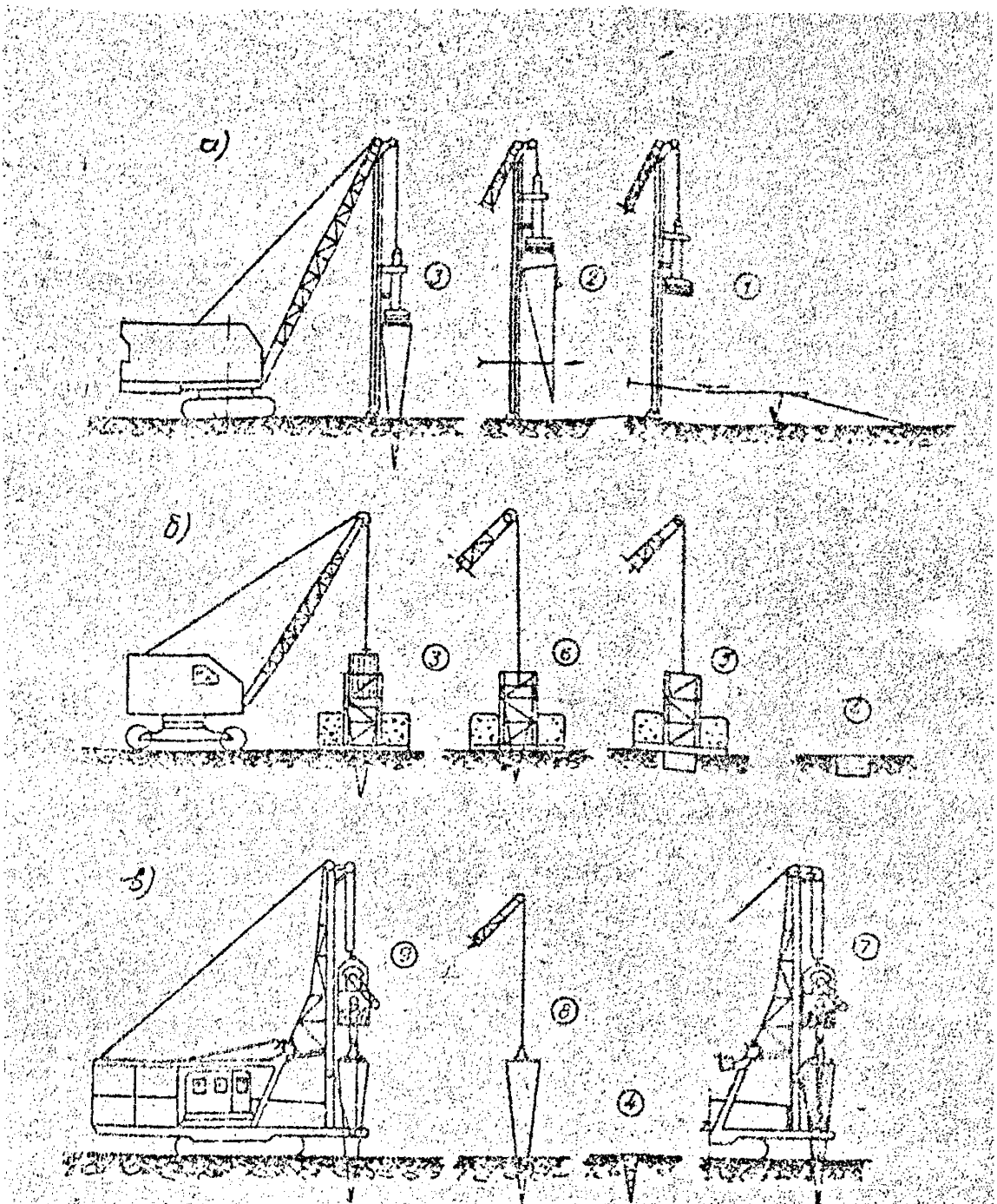


Рис. 21. Технология производства работ при погружении пирамидальных свай: а) дизель-молотом; б) механическим молотом; в) вибровдавливающим агрегатом.

1—подтягивание сваи; 2—подъем сваи на копер; 3—забивка сваи; 4—подача воды в траншею или лидерную скважину; 5—установка кондуктора; 6—установка сваи в кондуктор; 7—устройство лидерной скважины; 8—установка сваи в лидерную скважину; 9—вибровдавливание сваи.

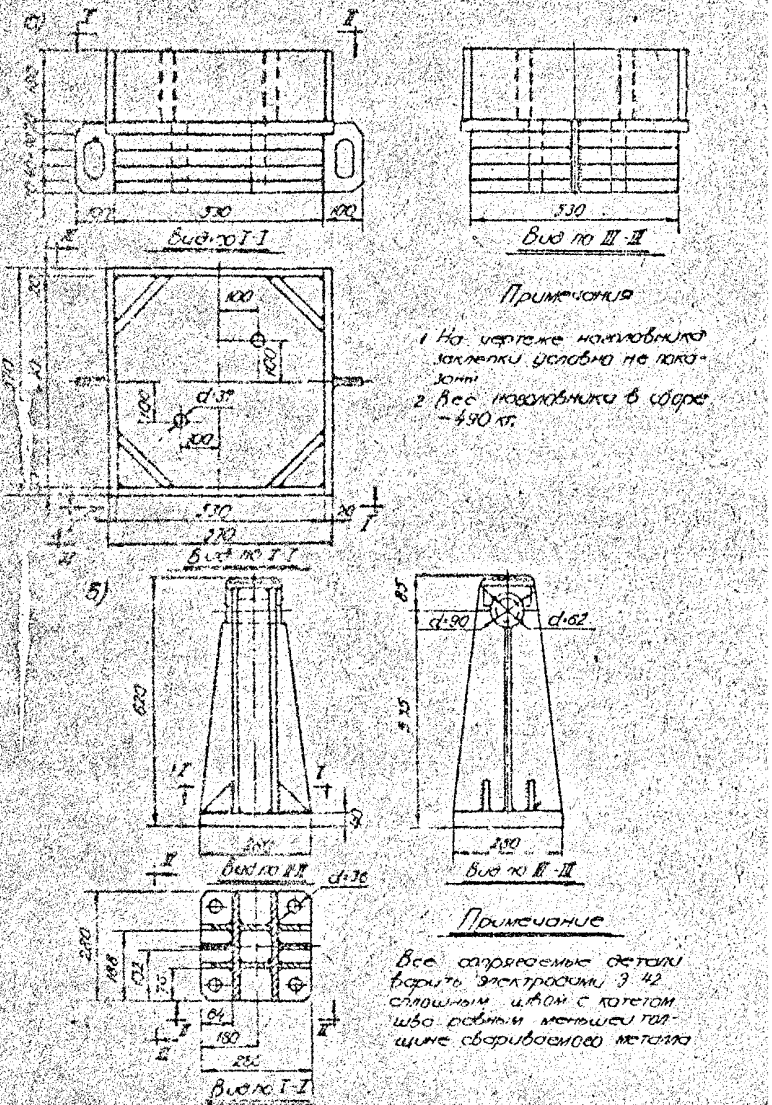


Рис. 22 Наголовки для погружения пирамидальных свай.
а) дизель-молотом; б) вибровдавливающим агрегатом.

готовления должна быть отодвинута от направляющей на соответствующее расстояние.

47. Вес молота должен превышать вес сваи в 1,5 раза при ее погружении в грунты с низкими показателями модуля деформации, при $E_{гр} \leq 50$ кг/см² и в 2 раза, при $E_{гр} > 50$ кг/см². В вес сваи включается и вес наголовника.

48. В лессовых просадочных грунтах I типа при их влажности меньшей влажности на пределе раскатывания производится дополнительное увлажнение грунта. С этой целью буровым инструментом проходятся скважины диаметром 0,25 ÷ 0,3D, глубиной 0,3—0,4l по центру свай. В каждую скважину за сутки до погружения свай несколькими порциями подается вода из расчета $0{,}2—0{,}3V_с$. Вода подливается по мере фильтрации ее в грунт.

49. В случае расположения пирамидальных свай на разных отметках, с целью исключения отколов грунта от стенок котлована, в первую очередь необходимо производить погружение свай, находящихся выше, а затем, докапывая котлован до проектной отметки, погружать нижерасположенные сваи.

50. При производстве работ по устройству свайных фундаментов из пирамидальных свай на косогоре могут быть применены различные способы: с помощью свай — колонн одинаковой или разной длины, ростверков или подсыпки песчаным грунтом (рис. 23).

51. Отклонения свай от проектного положения в плане и по вертикали не должны превышать значений, приведенных в таблице 3 и 4. При этом число свай, имеющих предельно-допустимые отклонения от проектного положения, не должно превышать 10% от их общего количества.

Таблица 3

Допускаемые отклонения свай в плане

№№ п.-п.	Конструкция свай и их расположение в фундаменте	Предельно допускаемые отклонения свай в плане
1	2	3
1.	Пирамидальные сваи с размером в голове до 60 см	0,1 D

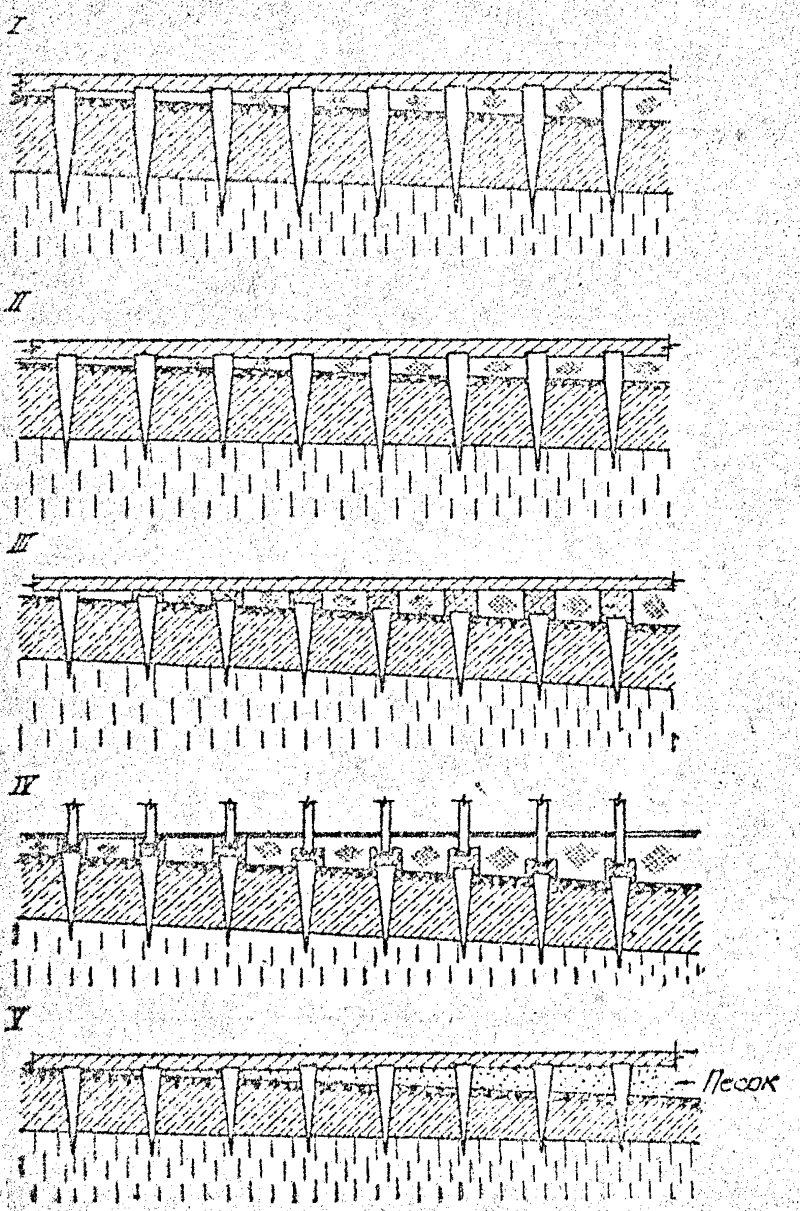


Рис. 23. Способы устройства свайных фундаментов из пирамидальных свай на косогоре.

I, II—применение свай колонн; III, IV—применение ростверков; V—применение подсыпки.

1	2	3
2.	Пирамидальные сваи с размером в голове 60—80 см: а) при однорядном расположении свай; б) в свайных фундаментах при расположении свай в 2 и 3 ряда; в) в свайных фундаментах при количестве рядов более трех	0,1 D 0,125 D 0,15 D

Таблица 4

Допускаемые отклонения свай по высоте

№№ п.-п.	Конструкция ростверка	Предельно допускаемое отклонение свай по высоте
1.	Сборный ростверк	± 30 мм
2.	Сборно-монолитный ростверк	± 40 мм
3.	Монолитный ростверк	± 50 мм

52. После окончания работ по забивке свай должен быть составлен акт на скрытые работы по приемке свайного фундамента, подготовленного для устройства ростверка. К акту прикладывается исполнительный план и разрез свайного фундамента. В акте особо фиксируется выполненная работа по устройству песчаной подготовки под низкий ростверк. В акте указывается оценка качества всех работ по устройству свайного фундамента и дается разрешение на установку опалубки и арматуры, подготовку голов свай для устройства монолитного ростверка или монтажа сборного.

53. После установки опалубки и арматуры и подготовки голов свай для заделки их в низкий ростверк, составляется акт на данные скрытые работы и записывается разрешение на производство бетонирования монолитного ростверка.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

№ п/п	Обозначение	Единица измерения	Расшифровка
1	2	3	4
1	D	м; см	Размер свай в голове
2	d	м; см	То же в подошве
3	l	м; см	Глубина забивки свай
4	$l_з$	м; см	Глубина условной заделки пирамидальной сваи в грунте при воздействии горизонтальной нагрузки
5	F	$м^2$; $см^2$	Площадь головы пирамидальной сваи
6	f	$м^2$; $см^2$	То же подошвы пирамидальной сваи
7	$F_{бо}$	$м^2$	Площадь боковой поверхности пирамидальной сваи в грунте
8	$F_э$	$м^2$	Эффективная площадь поперечного сечения сваи, обуславливающая ее объемную осадку $\left(F_э = \frac{V_c}{l} \right)$
9	$F_р$	$м^2$	Площадь подошвы низкого ростверка одной сваи, опирающегося на грунт
10	$F_{сф}$	$м^2$	Площадь передачи давления от внешней нагрузки на грунт свайным фундаментом без ростверка
11	$F_{сфр}$	$м^2$	Суммарная площадь передачи единичного давления на грунт свайным фундаментом с низким ростверком
12	V_c	$м^3$	Объем пирамидальной сваи
13	$V_у$	$м^3$	Объем зоны уплотненного грунта
14	V_{sc}	$м^3$	Предельно-допустимая объемная осадка пирамидальной сваи, равная $S_{пр} \cdot F_э$
15	$V_{эс}$	$м^3$	Объем зоны деформаций пирамидальной сваи
16	V_{sp}	$м^3$	Предельно-допустимая объемная осадка ростверка равная $S_{пр} \cdot F_р$
17	$V_{эр}$	$м^3$	Объем зоны деформаций под ростверком

1	2	3	4
18	$V_{асф}$	м³	Объем зоны деформаций свайного фундамента без низкого ростверка
19	$V_{ас\,фр}$	м³	Суммарный объем зоны деформаций свайного фундамента с низким ростверком
20	$\gamma_{ск}$	г/см³; т/м³	Объемный вес скелета грунта в плотном состоянии
21	$\gamma_{ск\,ср}$	г/см³; т/м³	Среднее значение объемного веса скелета грунта в пределах зоны уплотнения
22	$E_{гр\,сд}$	кг/см²; т/м²	Среднее значение модуля объемной деформации грунта в пределах зоны деформаций
23	$E_{гр\,ср\,р}$	кг/см²; т/м²	То же под низким ростверком
24	$E_{гр\,ср\,сф}$	кг/см²; т/м²	То же в основании свайного фундамента с низким ростверком
25	E	кг/см²	Модуль упругости
26	I	см⁴	Момент инерции
27	$S_{пр}$	м; см	Предельно-допустимая осадка сваи, принимаемая равной 8 см=0,08 м
28	$S_р$	м; см	То же, низкого ростверка, принимаемая равной 8 см
29	$S_{сф}$	м; см	Осадка свайного фундамента с низким ростверком
30	$S_{сфр}$	м; см	То же с низким ростверком
31	U	м; см	Предельно-допустимое горизонтальное перемещение пирамидальной сваи, принимаемое равным 2 см=0,02 м
32	k	—	Коэффициент относительного объема зоны уплотнения, принимаемый равным $V_к = V_с$
33	β	—	Коэффициент уменьшения единичного давления от внешней нагрузки, в пределах зоны деформаций, принимаемый равным 0,5
34	$\alpha_{гр}$	—	Экспериментальный коэффициент, учитывающий характер работы сваи в грунтах различной плотности и генезиса, принимаемый по табл. 2
35	$P_с$	т	Сопротивление пирамидальной сваи нагрузке при предельно-допустимой осадке
36	$P_р$	т	Сопротивление низкого ростверка нагрузке при предельно-допустимой осадке
37	$P_{ср}$	т	Сопротивление пирамидальной сваи с низким ростверком нагрузке, при предельно-допустимой осадке

1	2	3	4
38	$P^{н}_{сф.}$	т	Нормативная нагрузка на свайный фундамент
39	$P_{сф}$	т/м²	Единичное давление в подошве свайного фундамента
40	$P_{сфр}$	т/м²	То же в подошве свайного фундамента с низким ростверком
41	n	шт.	Количество свай в свайном фундаменте
42	e	м, см	Расстояние между осями свай в свайном фундаменте
43	$\tau_{гр\,ср}$	т/м²	Сопротивление сдвигу уплотненного грунта в пределах зоны уплотнения вдоль боковой поверхности свай

ПРИМЕР 1.

Расчет нормативного сопротивления пирамидальной сваи нагрузке в основании фундамента крупнопанельного здания и работающей как одиночная без низкого ростверка.

ТРЕБУЕТСЯ:

а) выбрать размеры пирамидальных свай;

б) определить нормативное сопротивление пирамидальной сваи нагрузке, забитой в основание крупнопанельного здания.

РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ

I. Нагрузка на 1 п. м. фундамента здания 16 т.

II. Основание ниже головы сваи сложено под одной частью дома следующими грунтами:

1. Суглинок лессовидный, непросадочный. Мощность 4,2 м. Объемный вес скелета суглинка в природном состоянии $\gamma_{ск} = 1{,}38$ г/см³. Средний модуль объемной деформации суглинка в насыщенном водой состоянии $E_{гр\,ср} = 25$ кг/см², определен по экспериментальному графику $E_{гр\,ср} = f(\gamma_{ск})$ рис. 12. Уровень грунтовых вод стоит на отметке —4,0 м.

2. Лесс палевый ниже уровня грунтовых вод, непросадочный. Мощность 5,5 м. Объемный вес скелета лесса в природном состоянии $\gamma_{ск} = 1{,}31$ г/м³. Средний модуль объемной деформации лесса в насыщенном водой состоянии $E_{гр\,ср} = 10$ кг/см², определен по экспериментальному графику $E_{гр\,ср} = f(\gamma_{ск})$ (рис. 12).

3. Глина красно-бурая. Объемный вес скелета $\gamma_{ск} = 1{,}69$ г/см³. Средний модуль объемной деформации глины $E_{гр\,ср} = 275$ кг/см².

Под другой частью дома следующими грунтами:

1. Насыпным, возрастом более 12 лет, состоящим из строительного мусора, отвалов грунтов вынутых из котлованов и частично бытовыми отбросами. Мощность 6 м.

Уровень грунтовых вод стоит на 4 м ниже головы сваи. Средний объемный вес скелета насыпного грунта $\gamma_{ск} = 1{,}29$ г/см³. Средний модуль объемной деформации $E_{гр\,ср} = 8$ кг/см².

2. Лесс палевый ниже уровня грунтовых вод, непросадочный. Мощность 3,5 м. Объемный вес скелета лесса, в природном состоянии $\gamma_{ск} = 1{,}31$ г/см³. Средний модуль объемной деформации лесса в насыщенном водой состоянии $E_{гр\,ср} = 10$ кг/см².

3. Глина красно-бурая. Объемный вес скелета $\gamma_{ск} = 1{,}69$ г/см³. Средний модуль объемной деформации глины $E_{гр\,ср} = 275$ кг/см².

III. Предельно-допустимая нормативная осадка одной сваи $S_{пр} = 0{,}08$ м свайного фундамента крупнопанельного здания $S_{пр\,зд} = 9{,}08$ м.

щадки второй части здания $V_{sc_2}=S_{пр}\cdot F_{э_2}=0.08\times0,243=0.0194$ м³.

4. Объем зоны деформации, определенный по экспериментальному графику $V_{ac}=f(V_{sc})$ (рис. 11) для площадки первой части здания при $V_{sc_1}=0,0134$ м³, $V_{ac_1}=0,33$ м³, соответственно для площадки второй части здания при $V_{sc_2}=0,0194$ м³, $V_{ac_2}=0,40$ м³.

Средний модуль объемной деформации уплотненного грунта залегающего в основании пирамидальных свай на площадке первой части дома, определенный по экспериментальному графику $E_{гр\ ср}=f(\gamma_{ск})$, (рис. 12), при $\gamma_{ск_1}=1,68$ г/см³, $E_{гр\ ср_1}=2500$ т/м²; соответственно в основании пирамидальных свай на площадке второй части здания при $\gamma_{ск_2}=1,60$ г/см³ $E_{гр\ ср_2}=1500$ т/м².

6. Тогда нормативное сопротивление нагрузке одной пирамидальной сваи забитой в пределах основания первой части дома составит

$$P_{c_1}=\frac{E_{гр\ ср_1}\cdot V_{sc_1}}{\beta\cdot V_{ac_1}}\cdot F_{э_1}=\frac{2500\times0,0134}{0,5\times0,33}\cdot0,167=34\text{ т.}$$

по второй части дома

$$P_{c_2}=\frac{1500\times0,0194}{0,5\times0,4}\times0,243=35\text{ т.}$$

Принимаем нагрузку на сваю для каждой части дома 34 т.

Расстояние между осями свай в однорядном ленточном свайном фундаменте, работающими как одиночные составляет

$$e=\frac{P_c}{p_н}=\frac{34}{16}\cong2,10\text{ м.}$$

Конечная осадка свайного фундамента дома составляет 8 см. равной заданной осадке одиночных свай и его нормальная эксплуатация будет обеспечена.

ПРИМЕР 2.

Расчет пирамидальной сваи в основании колонны промышленного здания.

Требуется определить нормативное сопротивление пирамидальной сваи вертикальной нагрузке. Свая забита в основании колонны промышленного здания и работает совместно с нижним ростверком опирающимся на грунт.

РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ:

1. Нагрузка от колонны на свайный фундамент 480 т.

2. Ниже подошвы ростверка свайного фундамента залегают:

а) суглинок лессовидный желто-бурый непросадочный. Мощность суглинка 3 м. Объемный вес скелета суглинка в природном состоянии $\gamma_{ск}=1,40$ г/см³;

б) суглинок лессовидный, непросадочный подстилается лессом палевого цвета, просадочным. Мощность слоя лесса 4,5 м.

Природный объемный вес скелета $\gamma_{ск}=1,29$ г/см³.

РЕШЕНИЕ

1. Две части дома основываются на грунтах с разными сопротивлениями уплотнению. Несмотря на это, нормативное сопротивление нагрузке пирамидальных свай, забитых в основание обеих частей здания должно быть примерно равным. Это необходимо для того, чтобы расстояния между сваями в основании всего крупнопанельного здания были бы одинаковыми.

Принимаем размеры пирамидальных свай в обеих частях здания, исходя из примерно равных объемных весов скелета грунта после его уплотнения забивкой свай. Учитывая, что до забивки свай природный объемный вес скелета грунта в первой части здания $\gamma_{ск_1} = 1{,}38$ г/см³, а во второй части здания $\gamma_{ск_2} = 1{,}29$ г/см³ после забивки свай и создания вокруг свай зоны уплотнения должен быть доведен до близких значений, принимаем:

а) для площадки первой части здания, где объемный вес скелета $\gamma_{ск_1} = 1{,}38$ г/см³ — размеры пирамидальной сваи в голове 65×65 см, в подошве 10×10 см и длину 3,0 м. Объем этой сваи $V_{c_1} = 0{,}50$ м³;

б) для площадки второй части здания, где объемный вес скелета $\gamma_{ск_2} = 1{,}38$ г/см³ — размеры пирамидальной сваи в голове 65×65 см, в 10×10 см и длина 4,50 м. Объем этой сваи $V_{c_2} = 1{,}09$ м³.

Тогда имеем, что на площадке первой части здания объемный вес скелета после забивки свай примет значение

$$\gamma_{ск\,ср_1} = \frac{\gamma_{ск_1} + V_{c_1}}{V_{y_1}} + \gamma_{ск_1}$$

По графику $k = f(\gamma_{ск})$ (рис. 10). Определяем $V_{y_1} = k \cdot V_{c_1}$. При $\gamma_{ск_1} = 1{,}38$ г/см³ и $V_{c_1} = 0{,}50$ м³, $k_1 = 4{,}68$, а $V_{y_1} = 4{,}68 \times 0{,}5 = 2{,}34$ м³, откуда

$$\gamma_{ск\,ср_1} = \frac{1{,}38 \times 0{,}50}{2{,}34} + 1{,}38 = 1{,}68 \text{ г/см}^3;$$

На площадке второй части здания по графику $k = f(\gamma_{ск})$ (рис. 10) определяем $V_{y_2} = k_2 \cdot V_{c_2}$. При $\gamma_{ск_2} = 1{,}29$ г/см³ и $V_{c_2} = 1{,}09$ м³, $k_2 = 4{,}11$, $V_{y_2} = 4{,}11 \times 1{,}09 = 4{,}48$ м³ и объемный вес скелета уплотненного грунта получит значение

$$\gamma_{ск\,ср_2} = \frac{1{,}29 \times 1{,}09}{4{,}48} + 1{,}29 = 1{,}60 \text{ г/см}^3$$

2. Средняя эффективная площадь поперечного сечения свай в пределах площадки первой части здания составит

$$F_{э_1} = \frac{V_{c_1}}{l_1} = \frac{0{,}50}{3{,}0} = 0{,}167 \text{ м}^2.$$

Соответственно, в пределах площадки второй части здания составит

$$F_{э_2} = \frac{V_{c_2}}{l_2} = \frac{1{,}09}{4{,}5} = 0{,}243 \text{ м}^2.$$

3. Объемная осадка пирамидальной сваи в пределах первой части здания составит

$V_{sc_1} = S_{пр} \cdot F_{э_1} = 0{,}08 \times 0{,}167 = 0{,}0134$ м³, соответственно в пределах пло-

в) лессовые грунты (суглинок и лесс) подстилаются глиной красно-бурой, плотной, непросадочной. Природный объемный вес скелета глины $\gamma_{ск}=1{,}66$ г/см³.

3. Предельно-допустимая нормативная осадка одной сваи $S_{пр}=0{,}08$ м; свайного фундамента колонны промышленного здания $S_{пр}=0{,}12$ м.

РЕШЕНИЕ

1. Учитывая, что объем зоны деформации формируется только вокруг боковых граней пирамидальных свай и практически не заглубляется в грунт ниже их подошв выбираем длину сваи на 0,5 м меньше мощности верхнего непросадочного лессовидного суглинка, которая равна 3 м.

Следовательно глубина забивки сваи должна быть $l=2{,}5$ м, при этом подстилающий слой слабого лесса в работу не вовлекается.

2. Размер сваи в голове принимаем равным 70×70 см, в подошве 10×10 см.

3. Объем части сваи в грунте определяется по таблице 1. $V_c=0{,}475$ м³.

4. Средняя эффективная площадь поперечного сечения сваи

$$F_э=\frac{V_c}{l}=\frac{0{,}4/5}{2{,}5}=0{,}19 \text{ м}^2.$$

5. Объемная осадка сваи $V_{sc}=S_{пр}\cdot F_э=0{,}08\times 0{,}19=0{,}0152$ м³.

6. Объем зоны деформаций, определенный по экспериментальному графику $V_{ac}=f(V_{sc})$ (рис. 11), при $V_{sc}=0{,}0152$ м³, $V_{ac}=0{,}35$ м³.

7. Объем зоны уплотнения «V_y» определенный по формуле $V_y=k\cdot V_c$ с помощью графика $k=f(\gamma_{ск})$ (рис. 10). $V_y=2{,}26$ м³, что больше объема зоны деформаций.

8. Средний объемный вес скелета уплотненного суглинка лессовидного желто-бурого забивкой пирамидальной сваи, определен по формуле (1)

$$\gamma_{ск\,ср}=\frac{\gamma_{ск}\cdot V_c}{V_y}+\gamma_{ск}=\frac{1{,}40\times 0{,}475}{2{,}26}+1{,}40=0{,}29+1{,}40=1{,}69 \text{ г/см}^3.$$

9. Средний модуль объемной деформации уплотненного суглинка лессовидного желто-бурого, определен по экспериментальному графику (рис. 12), $E_{гр\,ср}=2650$ т/м².

10. Средний модуль объемной деформации суглинка лессовидного желто-бурого в природном состоянии, в пределах объема зоны деформации под ростверком определен по графику (рис. 12), при $\gamma_{ск}=1{,}40$ г/см³ $E_{гр\,ср\,y}=300$ т/м².

11. Площадь ростверка приходящаяся на одну сваю определяется по формуле:

$$F_p=(2D)^2-F=(2\times 0{,}7)^2-0{,}49=1{,}96-0{,}49=1{,}47 \text{ м}^2.$$

12. Объемная осадка низкого ростверка

$$V_{sp}=S_{пр}\cdot F_p=0{,}08\times 1{,}47=0{,}117 \text{ м}^3$$

13. Объем зоны деформаций под ростверком, определенный по экспериментальному графику $V_{ap}=f(V_{sp})$ (рис. 14), $V_{ap}=2{,}2$ м³.

14. Тогда нормативное сопротивление нагрузке одной пирамидальной сваи, работающей с низким ростверком составит:

$$P_{ср} = \frac{E_{гр\,ср\,р} \cdot V_{вр}}{\beta \cdot V_{ар}} \cdot F_р + \frac{E_{гр\,ср} \cdot V_{вс}}{\beta \cdot V_{ас}} \cdot F_э =$$

$$= \frac{300 \times 0{,}117}{0{,}5 \times 2{,}2} \cdot 1{,}47 + \frac{2650 \times 0{,}0152}{0{,}5 \times 0{,}35} \cdot 0{,}19 = 47 + 43 = 90 \text{ т}.$$

ПРИМЕР 3.

Расчет осадки свайного фундамента с низким ростверком основания промышленного здания (см. пример 2).

Требуется определить среднюю величину конечной осадки свайного фундамента с низким ростверком из пирамидальных свай ($l = 2{,}5$, $D = 70$ см, $d = 10$ см) колонны одноэтажного промышленного здания с пролетом 12 м.

Известно, что: (см. пример 2).

1. Внешняя нормативная нагрузка на свайный фундамент от колонны 480 т;

2. Средний объемный вес скелета суглинка лессовидного, желто-бурого, уплотненного при забивке пирамидальных свай и слагающего их объемы зон деформации $\gamma_{ск\,ср} = 1{,}69$ т/см³.

3. Средний модуль объемной деформации уплотненного грунта $E_{гр\,ср} = 2650$ т/м².

4. Средний объемный вес скелета суглинка лессовидного, желто-бурого, в природном состоянии $\gamma_{ск} = 1{,}40$ г/см³, слагающего основание ростверка.

5. Средний модуль объемной деформации этого грунта в природном состоянии под ростверком $E_{гр\,ср\,р} = 300$ т/м².

6. Нормативное сопротивление одной пирамидальной сваи с низким ростверком нагрузке $P_с = 90$ т.

РЕШЕНИЕ

1. Число свай в свайном фундаменте

$$n = \frac{P_{сф}}{P_{ср}} = \frac{480}{90} = 5{,}33 \text{ сваи},$$

принимается 6 свай.

2. Суммарная площадь передачи единичного давления на грунт от свайного фундамента под колонну с низким ростверком

$$F_{сфр} = n \cdot F_р + n \frac{V_{ас}}{l} = 6 \times 1{,}47 + 6 \times \frac{0{,}35}{2{,}50} = 8{,}82 + 0{,}84 = 9{,}66 \text{ м}^2.$$

3. Единичное давление на грунт от свайного фундамента с низким ростверком

$$p_{сфр} = \frac{P_{сф}}{F_{сфр}} = \frac{480}{9{,}66} = 49{,}69 \text{ т/м}^2$$

4. Суммарный объем зоны деформации свайного фундамента с низким ростверком

$$V_{ac\,фр} = n \cdot V_{ap} + n' \cdot V_{ac} = 6 \times 2{,}2 + 6 \times 0{,}35 = 13{,}2 + 2{,}10 = 15{,}3 \text{ м}^3.$$

5. Средний модуль объемной деформации грунта слагающего объемы зон деформаций в основании свайного фундамента с низким ростверком

$$E_{гр\,ср} = \frac{E_{гр\,ср\,р} \cdot n \cdot V_{ap} + E_{гр\,ср} \cdot n \cdot V_{ac}}{n \cdot V_{ap} + n \cdot V_{ac}} = \frac{300 \times 6 \times 2{,}2 + 2650 \times 6 \times 0{,}35}{6 \times 22 + 6 \times 0{,}35} =$$

$$= \frac{300 \times 13{,}2 + 2650 \times 2{,}10}{13{,}2 + 2{,}10} = \frac{3960 + 5565}{15{,}3} = \frac{9525}{15{,}3} = 623 \text{ т/м}^2.$$

6. Тогда средняя конечная осадка свайного фундамента с низким ростверком колонны промышленного здания составит

$$S_{сфр} = \frac{\beta \cdot P_{сфр} \cdot V_{ac\,фр}}{E_{гр\,ср} \cdot F_{сфр}} = \frac{0{,}5 \times 49{,}69 \times 15{,}3}{623 \times 9{,}66} = \frac{380{,}07}{6018{,}18} =$$

$$= 0{,}063 \text{ м} = 6{,}3 \text{ см}$$

Конечная осадка свайного фундамента колонны промышленного здания составит 6,3 см, что меньше предельно-допустимой нормативной осадки для данного конструктивного типа здания.

За период эксплуатации осадка достигнет 3 см остальные 50% осадки, т.е. 3 см, закончатся в период строительства.

ПРИМЕР 4.

Расчет свайного фундамента дымовой трубы с учетом влияния низкого ростверка квадратной формы в плане.

ТРЕБУЕТСЯ:

а) выбрать размеры пирамидальной сваи;

б) определить сопротивление пирамидальной сваи нагрузке забитой в основание фундамента и работающей совместно с низким ростверком, опирающимся на грунт;

в) определить число свай;

г) сделать размещение свай в плане под низким ростверком;

д) определить конечную осадку свайного фундамента, работающего с низким ростверком.

ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

1. Нагрузка от дымовой трубы на свайный фундамент 4960 т.

2. Основание фундамента трубы ниже подошвы ростверка сложено следующими грунтами:

а) песок мелкий пылеватый с ракушкой.

Объемный вес скелета в природном состоянии $\gamma_{ск} = 1{,}39$ г/см^3. Средний модуль объемной деформации $E_{гр\,ср} = 26$ кг/см^2. Мощность слоя песка 3,3 м;

б) ил пластичный, с запахом сероводорода, с небольшим содержанием ракушки с тонкими прослойками песка мелкого. Объемный вес скелета в природном состоянии $\gamma_{ск} = 1{,}21$ г/см^3. Средний модуль объемной деформации ила $E_{гр\,ср} = 5$ кг/см^2. Мощность слоя 15,0 м;

в) третичная глина. Объемный вес скелета в природном состоянии на 1 м ниже кровли $\gamma_{ск} = 1{,}67$ г/см³. Средний модуль объемной деформации $E_{гр\,ср} = 212$ кг/см².

3. Предельно-допустимая нормативная осадка одной сваи $S_{пр} = 0{,}08$ м.

4. Предельно-допустимая нормативная осадка фундамента дымовой трубы $S_{пр} = 0{,}30$ м.

РЕШЕНИЕ

1. Учитывая, что пирамидальная свая забитая в грунт работает под внешней нагрузкой вдавливая и передавая давление на грунт боковыми гранями вызывает развитие деформаций только вокруг ствола сваи, в пределах которых уравновешивается вся внешняя нагрузка от трубы за счет внутреннего сопротивления уплотненного грунта. Принимаем в проекте длину пирамидальных свай на 1,3 м меньше мощности песка. Таким образом длина пирамидальной сваи составит $l = 2{,}0$ м.

2. Учитывая большую величину внешней нагрузки от трубы и необходимость иметь высокое сопротивление сваи нагрузке, принимаем максимальный размер сваи в голове 80×80 см. Размер сваи в острие 10×10 см.

3. Объем сваи длиной 2,0 м и размерами 80×80 и 10×10 см составляет (таблица 1) $V_c = 0{,}485$ м³.

4. Средняя эффективная площадь поперечного сечения сваи

$$F_э = \frac{V_c}{l} = \frac{0{,}485}{2{,}0} = 0{,}242 \text{ м}^2.$$

5. Предельно-допустимая объемная осадка сваи

$$V_{sc} = S_{пр} \cdot F_э = 0{,}08 \times 0{,}242 = 0{,}0194 \text{ м}^3.$$

6. Объем зоны деформации определяется по экспериментальному графику $V_{ac} = f(V_{sc})$ (рис. 11) при $V_{sc} = 0{,}0194$ м³, $V_{ac} = 0{,}40$ м³.

7. Объем зоны уплотнения «V_y» определенный по формуле $V_y = k \cdot V_c$ с помощью графика $k = f(\gamma_{ск})$ (рис. 10); $V_y = 4{,}8 \cdot 0{,}485 = 2{,}27$, что больше объема зоны деформаций.

8. Средний объемный вес скелета уплотненного слоя песка пылеватого забивкой пирамидальной сваи, определен по формуле

$$\gamma_{ск\,ср} = \frac{\gamma_{ск} \cdot V_c}{V_y} + \gamma_{ск} = \frac{1{,}39 \times 0{,}485}{2{,}27} + 1{,}39 = 0{,}297 + 1{,}39 = 1{,}68 \text{ г/см}^3.$$

9. Средний модуль объемной деформации уплотненного песка пылеватого, определен по экспериментальному графику (рис. 12) $E_{гр\,ср} = f(\gamma_{ск})$ при $\gamma_{ск\,ср} = 1{,}68$ г/см³ $E_{гр\,ср} = 2500$ т/м².

10. Площадь ростверка приходящаяся на одну сваю определяется по формуле

$$F_р = (2D)^2 - F = (2 \times 0{,}8)^2 - 0{,}64 = 2{,}56 - 0{,}64 = 1{,}92 \text{ м}^2.$$

11. Объемная осадка низкого ростверка

$$V_{вр} = S_{пр} \cdot F_р = 0{,}08 \times 1{,}92 = 0{,}1536 \text{ м}^3.$$

12. Объем зоны деформации под ростверком, определен по экспериментальному графику $V_{ap}=f(V_{sp})$ (рис. 14), $V_{ap}=3{,}7$ м³.

13. Тогда нормативное сопротивление нагрузке одной пирамидальной сваи, работающей с низким ростверком составит

$$P_{cp}=\frac{E_{rp\,cp\,p}\cdot V_{sp}}{\beta\cdot V_{ap}}\cdot F_p+\frac{E_{rp\,ck}\cdot V_{sc}}{\beta\cdot V_{ac}}\cdot F_3=$$

$$=\frac{260\times 0{,}1536}{0{,}5\times 3{,}7}\cdot 1{,}92+\frac{2500\times 0{,}0194}{0{,}5\times 0{,}4}\,0{,}242=41{,}5+58{,}6=100\text{ т.}$$

14. Число свай в свайном фундаменте

$$n=\frac{P_{c\phi}}{P_{cp}}=\frac{4960}{100}=49\text{ свай.}$$

15. Сваи в основании фундамента размещаются равномерно с расстояниями между осями свай 2D или 1,60 м по 7 свай в ряду при 6 промежутках.

Между гранью крайней сваи и краем ростверка принимается расстояние равное a=20 см.

Тогда площадь ростверка под фундамент трубы будет равна

$$F_p=\left[2\left(a+\frac{D}{2}\right)+(n-1)\cdot 2\cdot D\right]^2=$$

$$=[2.(0{,}2+0{,}4)+(6\times 1{,}6)]^2=10{,}8^2=116{,}64\text{ м}^2.$$

16. Суммарная площадь передачи единичного давления на грунт от свайного фундамента трубы с низким ростверком

$$F_{c\phi p}=n\cdot F_p+n\cdot\frac{V_{ac}}{l}=49\times 1{,}92+49\cdot\frac{0{,}40}{2{,}0}=94{,}08+9{,}8=103{,}88\text{ м}^2$$

17. Единичное давление на грунт от свайного фундамента трубы с низким ростверком

$$p_{c\phi p}=\frac{P_{c\phi}}{F_{c\phi p}}=\frac{4960}{103{,}88}=47{,}74\text{ т/м}^2$$

18. Суммарный объем зоны деформации свайного фундамента трубы с низким ростверком

$$V_{ac\,\phi p}=n\,V_{ap}+n\cdot V_{ac}=49\times 3{,}7+49\times 0{,}40=181{,}3+19{,}6=200{,}9\text{ м}^3.$$

19. Средний модуль объемной деформации грунта слагающего объем зоны деформации в основании свайного фундамента трубы с низким ростверком в пределах объема зоны деформации под ростверком и объема зоны деформации вокруг свай

$$E_{rp\,cp}=\frac{E_{rp\,cp\,p}\cdot n\cdot V_{ap}+E_{rp\,cp}\cdot n\cdot V_{ac}}{n\cdot V_{ap}+n\cdot V_{ac}}=$$

$$\frac{260\times49\times3{,}7+2500\times49\times0{,}40}{49\times3{,}7+49\times0{,}40}=\frac{47138+49000}{181{,}3+19{,}6}=\frac{96138}{200{,}9}=478{,}53\ \text{т/м}^2.$$

20. Тогда средняя конечная осадка свайного фундамента трубы с низким ростверком составит:

$$S_{\text{тфр}}=\frac{\beta\cdot p_{\text{сфр}}\ V_{\text{ас фр}}}{E_{\text{гр ср}}\cdot F_{\text{сфр}}}=\frac{0{,}5\times47{,}74\times200{,}9}{478{,}53\times103{,}88}=\frac{4795{,}48}{49709{,}69}=0{,}096\ \text{м}=9{,}6\ \text{см}.$$

Конечная осадка свайного фундамента трубы составит 10 см, что меньше предельно-допустимой по СН и П II-Б,1-62 для сооружений типа дымовых труб и равной 30 см.

В процессе строительства более 50% осадки свайного фундамента закончится и нормальная эксплуатация трубы будет безусловно обеспечена.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
I. Общая часть	3
II. Расчет пирамидальных свай по деформациям	13
III. Проектирование свайных фундаментов	22
IV. Расчет и проектирование пирамидальных свай на действие горизонтальных и выдергивающих нагрузок	25
V. Изготовление свай и производство свайных работ	30
Условные обозначения	38
Приложения	41

Формат бумаги 60x84/16. Печ. листов—3,25. Учетно-издат. 1,67
Заказ № 8178. Тираж—800.

Типография г. Белгорода-Днестровского, ул. Дзержинского, 45.

gost.e-ecolog.ru