

**НИИСК ГОССТРОЯ СССР  
УКРАГРОСТРОЙ**

**У К А З А Н И Я**  
**ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ СВАЙ**  
**ИЗ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ,**  
**ОБЪЕДИНЕННЫХ ДИАФРАГМАМИ (СВД)**

**К И Е В 1989**

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГОССТРОЯ СССР  
(НИИСК)  
УКРАГРОСТРОЙ

У К А З А Н И Я  
ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ СВАЙ  
ИЗ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ,  
ОБЪЕДИНЕННЫХ ДИАФРАГМАМИ (СВД)

Одобрены секцией № 2 Научно-технического совета  
НИИСК Госстроя СССР  
Протокол № 7 от 18 мая 1989 г.

КИЕВ 1989

Указания содержат общие положения и основные требования по расчету свай на вертикальную нагрузку, совместное действие вертикальной и горизонтальной нагрузок, примеры расчетов с учетом особенностей проектирования в просадочных грунтах, номенклатуру свай и выбор их типов.

Предназначены для инженерно-технических работников проектных и строительных организаций, научных сотрудников и студентов вузов.

Разработаны НИИСК Госстроя СССР (кандидаты техн. наук Н.С.Метелюк и Г.Ф.Шишко) при участии треста "Киеворггострой" Укргостроя (инж. Б.З.Кашка), УкрНИИГраждансельстроя (канд. техн. наук Н.В.Трофимович и инж. О.Н.Метелюк) и Полтавского инженерно-строительного института (канд. техн. наук В.И.Хазин и инженеры А.В.Янин, В.М.Ребрий).

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие указания распространяются на строительство в обычных грунтовых условиях и на просадочных грунтах I типа при полной и частичной прорезке сваями просадочной толщи.

**П р и м е ч а н и е .** При частичной прорезке просадочной толщи оставляемая под нижними концами часть слоя должна находиться в пределах уплотненного при забивке свай грунтового массива.

1.2. Сваи СВД предназначены для применения в качестве фундаментов сельскохозяйственных, производственных, жилых и общественных зданий.

**П р и м е ч а н и е .** Применение свай в условиях воздействия сильноагрессивных грунтовых вод не допускается. В слабо- и среднеагрессивных грунтовых водах бетон свай должен быть повышенной плотности по СНиП 2.03.11-85 "Защита строительных конструкций от коррозии".

1.3. Применение свай СВД в набухающих грунтах аргументируется разд. 4 СНиП 2.02.03-85/2/.

1.4. В районах с сейсмичностью не более 8 баллов допускается применять сваи при условии подбора их длин согласно дополнительным расчетам на особое сочетание нагрузок и с учетом решения узлов крепления по СНиП II-7-81 "Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования".

1.5. В соответствии с грунтовыми условиями сваи СВД независимо от уровня подземных вод рекомендуется применять в грунтах: глинистых с плотностью в сухом состоянии  $\rho_d = 1,3 \text{ т/м}^3$ ; лессовых I типа по просадочности; пылеватых песках; насыпных с плотностью  $\rho_d = 1,4 \text{ т/м}^3$  при заглублении свай в коренные породы не менее чем на 0,5 м.

1.6. Несущая способность свай СВД определяется с учетом требований настоящих указаний, "Рекомендаций по применению свай типа СВД в сельском строительстве" (шифр 19-83-21/4), ТУ 10.20 УССР 3-87 "Сваи из вертикальных элементов, объединенных диафрагмами", СНиП 2.02.03-85 /2/.

## 2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ

2.1. Выбор типа свайного фундамента, а также узла опирания на сваю в каждом конкретном случае осуществляется в зависимости от типа здания, грунтовых условий и величины нагрузок (рис.1,2).

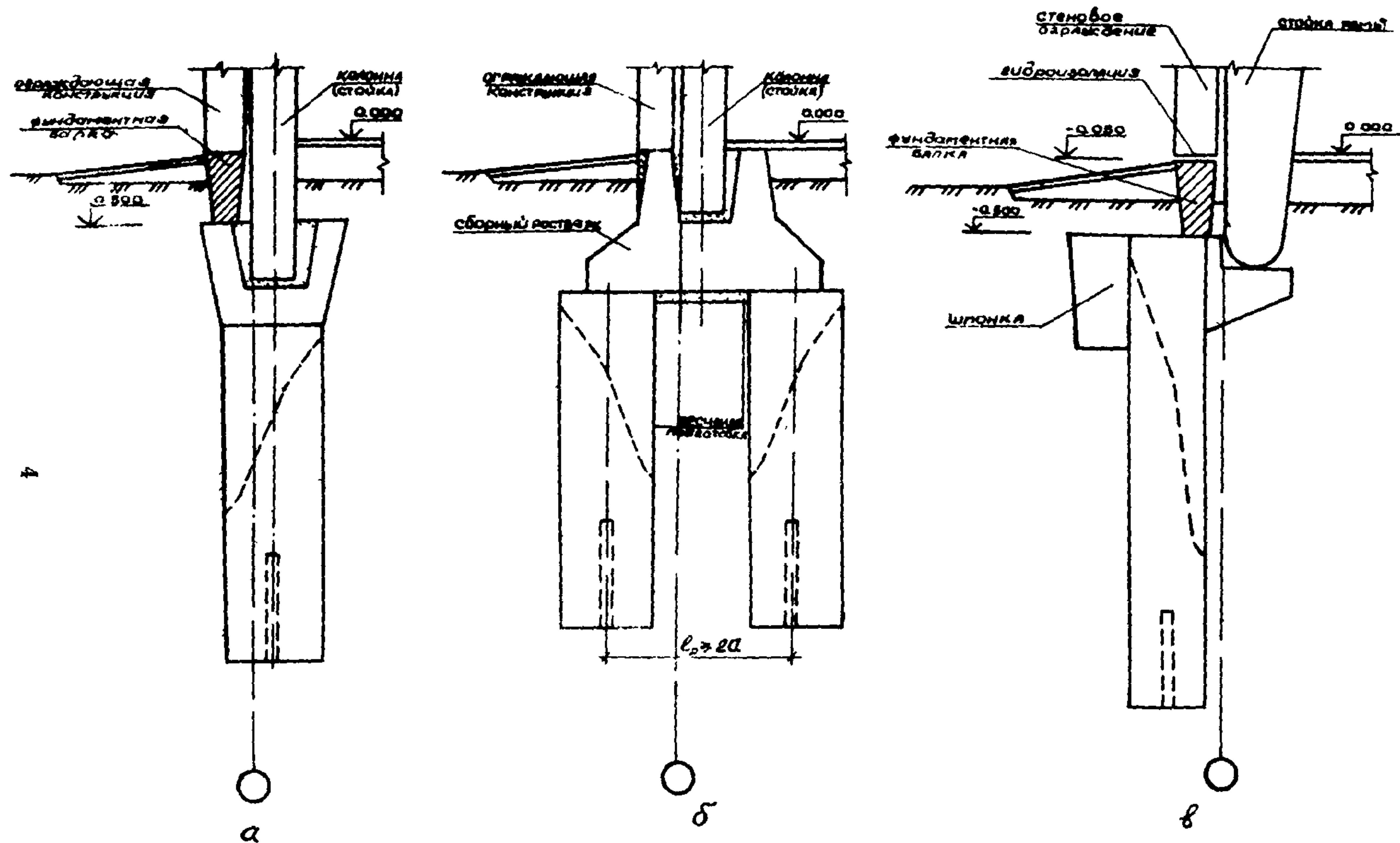


Рис. I. Узлы опирания на свайные фундаменты  
а - опирание колонн на одну сваю; б - опирание колонны на ростверк по двум сваям; в - опирание стойки рамы на консоль сваи

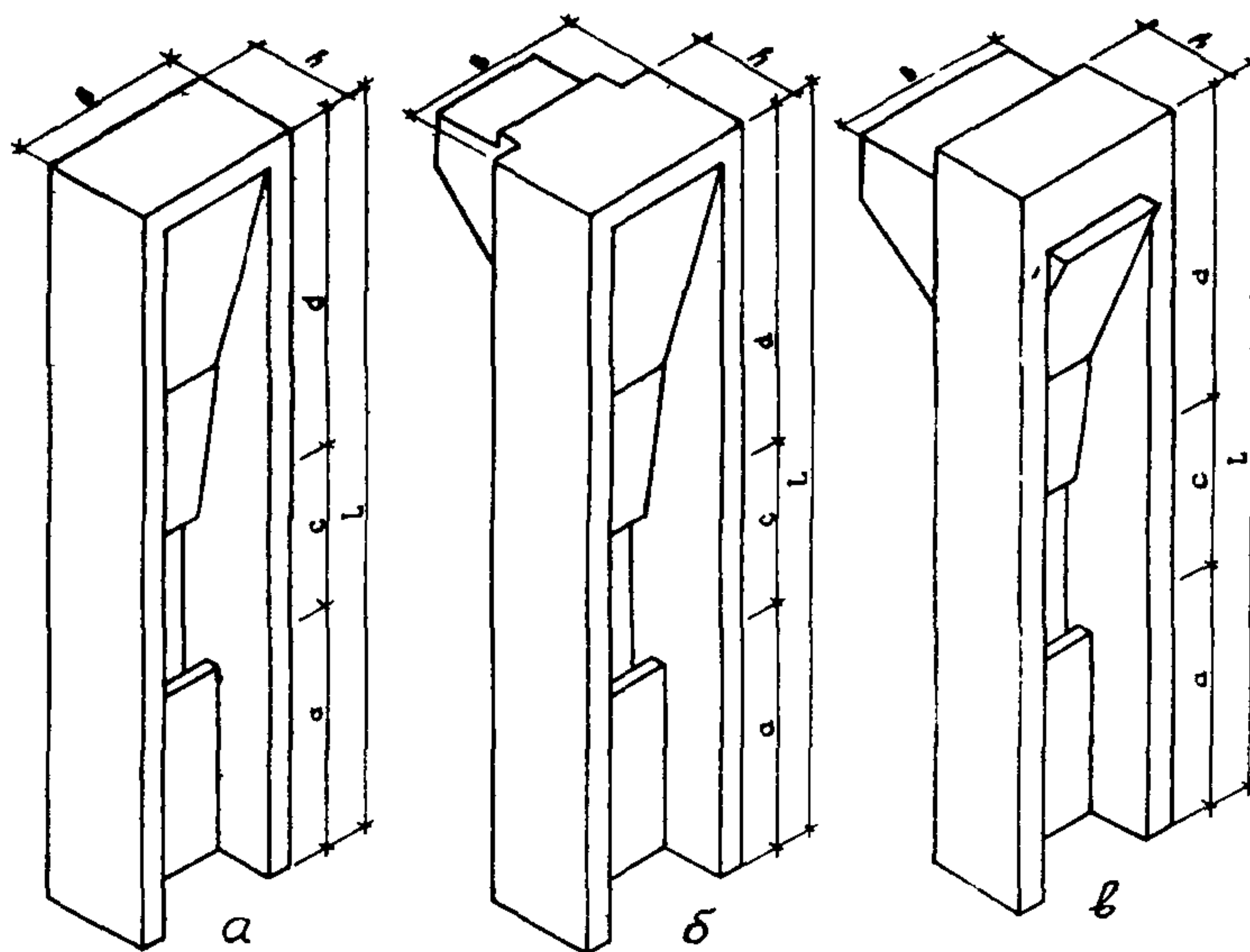


Рис. 2. Типы свай СВД  
а — без консоли; б, в — с консолями

2.2. В средне- и сильнопучинистых грунтах под консолью свай устраивается подсыпка из непучинистого грунта толщиной не менее 300 мм.

2.3. В глинистых грунтах с показателем текучести  $J_L \geq 0,65$  несущую способность свай следует определять по результатам статических испытаний или на основании опыта применения данного типа свай в таких грунтах.

2.4. В грунтовых условиях I типа по просадочности допускается заглубление нижних концов свай не менее чем на 1 м в олоидный грунт с относительной просадочностью  $\epsilon_{st} \leq 0,02$  при условии обеспечения их несущей способности. Суммарная величина возможных просадок и осадок основания при этом не должна превышать предельно допустимой.

2.5. Нижние концы свай в грунтовых условиях I типа по просадочности (при толщине слоя до 8 м) допускается заглублять в

слой грунта с относительной просадочностью  $\epsilon_{st} \geq 0,02$  под давлением 30 МПа для фундаментов малоэтажных зданий. При этом следует выполнить расчет свай по несущей способности и оснований по деформациям.

2.6. В случае, если по условиям эксплуатации зданий и сооружений и гидрогеологическим данным местное замачивание просадочных грунтов основания свай или подъем уровня грунтовых вод невозможны, расчетное сопротивление грунтов под нижним концом свай  $R$  и по их боковой поверхности  $f_i$  следует определять как для непросадочных грунтов, а коэффициент пропорциональности  $K$  — в соответствии с действительной величиной показателя текучести грунта в природном состоянии. При этом влажность должна приниматься равной  $W_p$  или  $W$ , если  $W > W_p$ .

### 3. НОМЕНКЛАТУРА СВАЙ СВД

3.1. Настоящие указания распространяются на сваи СВД, изготовляемые из бетона проектного класса по прочности на сжатие В20 (табл. I, рис. 2).

3.2. При маркировке в соответствии с ГОСТ 23009-78 сваи обозначаются марками, состоящими из букв и цифр. Например, СВД 5.75.50 — свая из вертикальных элементов, объединенных диафрагмами, длиной 5 м, размер верхнего обреза сваи 75x50 см.

3.3. Выбор конструкций свай следует производить в зависимости от типа здания, грунтовых условий, величин нагрузок.

3.4. Сваи СВД должны соответствовать требованиям ТУ 10.20 УССР 3-87 и рабочим чертежам (шифр I9-83-21/3; Т-82-1/2; Т-82-1/3), разработанным трестом "Киеворгстроитрест".

3.5. Допускаемые отклонения от проектных размеров свай, положения арматуры, толщины защитного слоя бетона не должны превышать следующих величин, мм, по:

|                                                                                                       |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Толщине защитного слоя бетона .....                                                                   | $\pm 5$  |
| Длине .....                                                                                           | $\pm 40$ |
| Размерам поперечного сечения (призматической и тавровой части свай) .....                             | $\pm 5$  |
| Смещению диафрагм от проектного положения .....                                                       | $\pm 15$ |
| Непрямолинейности боковых граней свай .....                                                           | 8        |
| Неперпендикулярности торцовой плоскости свай и ее продольной оси от размера поперечного сечения ..... | 0,01     |

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Расстоянию от центра подъема петель до конца сваи ...                               | ±50 |
| Смещению продольной арматуры от проектного положения в поперечном направлении ..... | ± 5 |
| Смещению сеток в голове сваи от проектного положения .....                          | ±10 |
| Шагу хомутов .....                                                                  | ±10 |
| Номинальной толщине защитного слоя бетона до поверхности рабочей арматуры .....     | 30  |

Т а б л и ц а I

| Марка сваи      | Размеры, м |     |     |      |     |      | Расход                 |           | Справочная масса, т/м <sup>3</sup> |
|-----------------|------------|-----|-----|------|-----|------|------------------------|-----------|------------------------------------|
|                 | L          | B   | h   | a    | c   | d    | бетона, м <sup>3</sup> | стали, кг |                                    |
| СВД 2,2.75.40-К | 2500       | 750 | 400 | 850  | 250 | 1400 | 0,54                   | 47,12     | 1,35                               |
| СВД 3,5.75.40-К | 3500       | 750 | 400 | 850  | 300 | 2350 | 0,85                   | 59,56     | 2,12                               |
| СВД 4,5.75.45-К | 5000       | 750 | 500 | 1000 | 600 | 3400 | 1,11                   | 86,38     | 2,78                               |
| СВД 4.75.50-К   | 4000       | 750 | 500 | 1000 | 600 | 2400 | 0,90                   | 72,11     | 2,25                               |
| СВД 2,5.75.40   | 2500       | 750 | 400 | 750  | 350 | 1400 | 0,39                   | 21,24     | 0,98                               |
| СВД 3.75.50     | 3000       | 750 | 500 | 1000 | 400 | 1600 | 0,57                   | 31,34     | 1,43                               |
| СВД 4.75.50     | 4000       | 750 | 500 | 1000 | 600 | 2400 | 0,78                   | 41,43     | 1,95                               |
| СВД 5.75.40     | 5000       | 750 | 500 | 1000 | 600 | 3400 | 1,00                   | 54,92     | 2,50                               |
| СВД 6.75.50     | 5000       | 750 | 500 | 1000 | 600 | 4400 | 1,18                   | 63,62     | 2,95                               |
| СВД 7.75.50     | 7000       | 750 | 500 | 2000 | 600 | 4400 | 1,34                   | 73,17     | 3,35                               |
| СВД 8.75.50     | 8000       | 750 | 500 | 3000 | 600 | 4400 | 1,50                   | 84,07     | 3,75                               |

3.6. Марка бетона по морозостойкости должна быть не ниже F 150, водонепроницаемости не ниже W . Отпускная прочность бетона не ниже 80% проектной по прочности на сжатие.

3.7. Материалы, применяемые для приготовления бетона, должны соответствовать требованиям:

|                                                 |                                                                   |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Цемент .....                                    | ГОСТ 10178-76                                                     |
| Фракционный щебень из естественного камня ..... | ГОСТ 8267-82,<br>ГОСТ 10268-80,<br>ГОСТ 8286-82,<br>ГОСТ 10260-82 |
| Песок .....                                     | ГОСТ 8736-77                                                      |
| Вода .....                                      | ГОСТ 23732-79                                                     |

3.8. На поверхности свай не допускается наличие раковин диаметром и глубиной более 5 мм, наплывов бетона высотой более 5 мм, впадин глубиной более 100 мм и общей длиной более 50 мм на 1 м

длины свай, усадочных и других поверхностных технологических трещин более 0,1 мм, отколов бетона и раковин, наплывов и впадин в торце изделия. Категория поверхности А7.

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ

4.1. Методика проведения полевых испытаний должна соответствовать ГОСТ 5886-78<sup>ж</sup> "Свай. Методы полевых испытаний".

4.2. Статические испытания свай СВД выполняются в наиболее неблагоприятных грунтовых условиях: в пылеватоглинистых грунтах при показателе текучести  $J_L > 0,6$ ; в лессовых грунтах любой консистенции при неполной (частичной) прорезке просадочных слоев грунта. В остальных случаях несущую способность свай СВД допускается определять расчетом по данным инженерно-технических изысканий, подтвержденных результатами статических испытаний при резком изменении инженерно-геологических условий в пределах одной строительной площадки.

4.3. Испытания в просадочных грунтах, проводимые с замачиванием, следует выполнять на площадке за пределами пятна здания в аналогичных грунтовых условиях.

4.4. При испытании свай на действие наклонных нагрузок скважины для замачивания со стороны, обратной консоли, должны находиться на расстоянии 1,5-2 м.

4.5. При частичной прорезке просадочных грунтов статические испытания свай ведутся с замачиванием просадочных слоев.

4.6. Несущая способность свай по результатам испытаний статической нагрузкой определяется по формуле

$$F_d = \gamma_c \frac{F_{u,n}}{\gamma_g}, \quad (I)$$

где  $\gamma_c$  - коэффициент условий работы свай в грунте (для свай, испытанных вертикальной вдавливающей нагрузкой в просадочных грунтах, при возможном местном случайном замачивании оснований принимается равным 1,2; при возможном замачивании оснований в результате поднятия грунтовых вод до уровня менее 1 м ниже концов свай, а также в зданиях с мокрым технологическим процессом и для свай, испытанных наклонными нагрузками - соответственно 0,7);  $F_{u,n}$  - нормативное значение предельного сопротивления свай, определяемое по графикам зависимости осадки свай от нагрузки;  $\gamma_g$  - коэффициент надежности по грунту, принимаемый равным 1 или определяемый на основе статистической обработки частных значений по результатам испытаний шести и более свай статической нагрузкой в одинаковых грунтовых условиях.

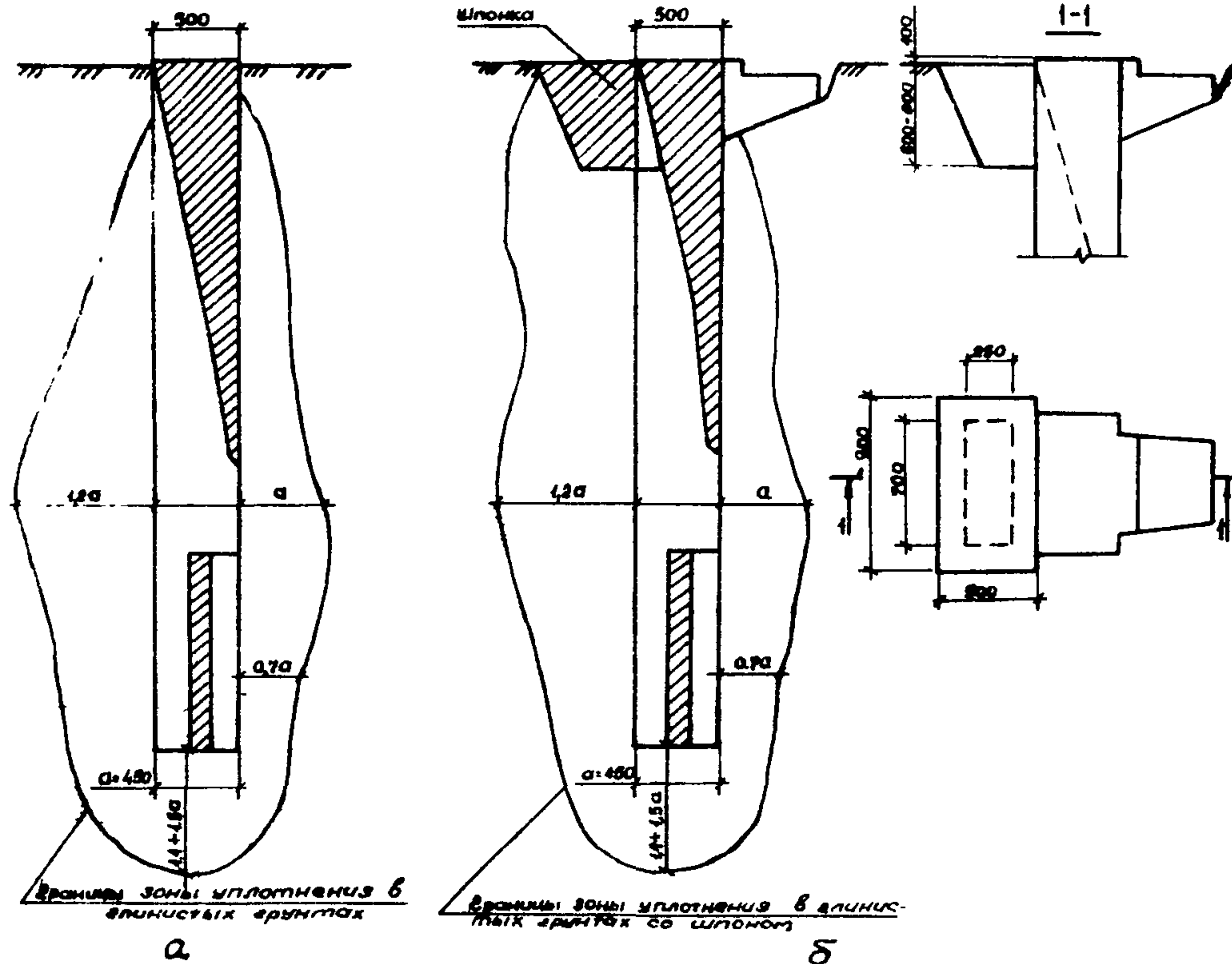


Рис. 3. Виды зон уплотнения грунта вокруг забитой сваи  
а - для сваи без шпонки; б - то же, со шпонкой

4.7. За частное значение предельного сопротивления  $F_{u,n}$  свай действию вдавливающей нагрузки принимается такая, при которой приращение осадки за одну ступень загрузки в 5 и более раз превышает приращение осадки, полученное за предыдущую ступень загрузки (общая осадка свай превышает 4 см).

4.8. В тех случаях, когда не удается достичь критической нагрузки для испытываемой сваи, за частное значение ее предельного сопротивления следует принимать нагрузку, соответствующую расчетной величине осадки свай, определяемой по формуле

$$S = \xi S_{u,mt} + 1, \quad (2)$$

где  $S_{u,mt}$  — предельно-допустимая величина средней осадки фундамента проектируемого здания, принятая в проекте или соответствующая для данных зданий и сооружений по СНиП 2.02.01-83 "Основания зданий и сооружений", см;  $\xi$  — коэффициент перехода от предельно-допустимой величины средней осадки свай, полученной при статических испытаниях (при проведении испытаний по предлагаемой методике принимается равным 0,2).

4.9. Несущая способность обеспечивается за счет зон уплотнения грунта в нижней части и под пятой свай (рис. 3).

## 5. РАСЧЕТ СВАЙ СВД ПО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

### Расчет свай на действие вертикальной нагрузки

5.1. Сваи СВД по несущей способности грунтов основания должны рассчитываться по формуле (8) в [2]:

$$N \leq \frac{F_d}{\gamma_k}, \quad (3)$$

где  $N$  — расчетная нагрузка, передаваемая на сваю, кН;  $F_d$  — расчетная несущая способность грунта основания одиночной сваи, кН;  $\gamma_k$  — коэффициент, принимаемый равным 1,4.

5.2. Расчетная несущая способность  $F_d$  свай, работающей на сжимающую нагрузку, определяется по методике [2] как сумма расчетных сопротивлений грунтов основания под нижним концом свай и на ее боковой поверхности:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_c R A + u_{np} \sum \gamma_{cf} K_f f_i^* h_i), \quad (4)$$

где  $K_f$  — усредненный коэффициент, учитывающий повышение сопротивления грунта по боковой поверхности свай, установленный экспериментально (табл. 2);  $u_{np}$  — расчетный периметр свай, м (табл. 2);  $A$  — расчетная площадь опирания свай (табл. 2);  $\sum h_i$  — сумма толщины слоев, м, равная расчетной длине свай  $l_p$ , принимаемой также по табл. 2.

Т а б л и ц а 2

| Марка<br>свай   | $A_I,$<br>$m^2$ | $A,$<br>$m^2$ | $U_{пр},$<br>$m$ | $l_p,$<br>$m$ | $J_{cp} \times 10^{-3}$<br>$m^4$ |
|-----------------|-----------------|---------------|------------------|---------------|----------------------------------|
| СВД 2,5.75.40-К | 0,26            | 0,25          | 2,3              | 2,5           | 1,67                             |
| СВД 3,5.75.45-К | 0,30            | 0,28          | 2,3              | 3,2           | 2,74                             |
| СВД 4,5.75.45-К | 0,34            | 0,32          | 2,4              | 3,7           | 4,42                             |
| СВД 4,5.75.45-К | 0,34            | 0,32          | 2,4              | 4,6           | 3,53                             |
| СВД 2,5.75.40   | 0,26            | 0,25          | 2,3              | 2,5           | 1,67                             |
| СВД 3,5.75.50   | 0,34            | 0,32          | 2,4              | 3,0           | 3,57                             |
| СВД 4,5.75.50   | 0,34            | 0,32          | 2,4              | 3,7           | 3,48                             |
| СВД 5,5.75.50   | 0,34            | 0,32          | 2,4              | 4,6           | 3,46                             |
| СВД 6,5.75.50   | 0,34            | 0,32          | 2,4              | 5,5           | 3,397                            |
| СВД 7,5.75.50   | 0,34            | 0,32          | 2,4              | 6,5           | 3,187                            |
| СВД 8,5.75.50   | 0,34            | 0,32          | 2,4              | 7,5           | 3,303                            |

П р и м е ч а н и я : 1. Промежуточные значения  $K_f$  определяются интерполяцией. 2. Здесь:  $A_I$  — площадь прямоугольника, описанного вокруг свай по нижнему обрезу,  $m^2$ ;  $A = 0,95$  — расчетная площадь опирания свай,  $m^2$ ;  $U_{пр}$  — расчетный периметр свай,  $m$ ;  $l_p$  — расчетная длина свай,  $m$ ;  $J_{cp} \times 10^{-3}$  — усредненный момент инерции,  $m^4$ .

| Значения $K_f$ в зависимости от $J_L$ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $J_L$                                 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| $K_f$                                 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 |

5.3. В случае расположения свай с расстоянием между осями, равным  $2a$ ,  $a$  — размер меньшей стороны верхнего сечения, допустимая расчетная нагрузка на сваю умножается на коэффициент 0,9. При этом сваи располагают меньшими сторонами друг к другу.

#### Расчет свай СВД на совместное действие вертикальных и горизонтальных нагрузок

5.4. Расчет свай СВД на совместное действие вертикальных и горизонтальных нагрузок и моментов в непросадочных грунтах следует производить аналогично методике СНиП 2.02.03-85 "Свайные фундаменты. Нормы проектирования" как свай с размерами сторон 750x450 мм. Усредненный момент инерции поперечного сечения такой свай приведен в табл. 2.

5.5. При определении расчетной величины коэффициента постели  $C_d, kH/m^3$ , коэффициент пропорциональности  $K$ , принимаемый по табл. I приложения I к [2], следует умножать на коэффициент 1,4, а при усилении свай шпункой — на коэффициент 2,0:

$$C_z = 1,4 Kz; \quad C_z = 2,0 Kz. \quad (5)$$

**П р и м е ч а н и е .** Коэффициентами 1,4 и 2,0 учитывается повышение сопротивления грунта горизонтальным перемещениям за счет его уплотнения наклонной гранью верхней диафрагмы. При этом принимается:  $z$  — глубина расположения сечения сваи в грунте, м, для которой определяется коэффициент постели, по отношению к поверхности грунта.

5.6. Все расчеты СВД следует выполнять с учетом приведенной глубины расположения сечения свай в грунте  $\bar{z}$  и приведенной глубины погружения сваи в грунт  $\bar{\ell}$  :

$$\bar{z} = z \alpha_\varepsilon; \quad \bar{\ell} = \ell \alpha_\varepsilon. \quad (6)$$

где  $z$  — действительная глубина расположения сечения сваи в грунте;  $\ell$  — действительная глубина погружения нижнего конца сваи в грунт, отсчитываемая от поверхности грунта при высоком ростверке или от подошвы ростверка — при низком, м;  $\alpha_\varepsilon$  — коэффициент деформации, 1/м, определяемый по формуле (II) приложения I к [2];  $b_p$  — условная ширина сваи, м, принимаемая равной  $1,5\alpha + 0,5$  (здесь  $\alpha$  — сторона прямоугольного сечения сваи в плоскости, перпендикулярной действию нагрузки, м);  $J$  — момент инерции поперечного сечения сваи, м<sup>4</sup>, принимаемый по табл. 2.

5.7. Расчетные величины горизонтального перемещения сваи в уровне подошвы ростверка  $u_p$ , м, и угол ее поворота  $\psi_0$ , рад, следует определять соответственно по формулам (I2) и (I3) приложения I к [2], в которых величину  $\ell_p$  следует принимать по табл. 2 данных указаний, а горизонтальное перемещение  $u_0$ , м, и угол поворота поперечного сечения сваи  $\psi_0$ , рад, в уровне поверхности грунта (при высоком ростверке) и в уровне его подошвы (при низком ростверке) — по формулам (30)–(34) приложения I к [2].

5.8. Расчетный изгибающий момент  $M_z$ , кН·м, возникающий на глубине  $z$  в сечении сваи, определяется соответственно по формулам (37) и (38) приложения I к [2].

5.9. Расчет устойчивости окружающего сваю основания следует определять из условия (35) приложения I к [2], ограничивающего расчетное давление  $\sigma_z$ , оказываемое на грунт боковыми поверхностями сваи и вычисляемое по формуле (36) приложения I к [2] на глубинах  $z$ , м, отсчитываемых при высоком ростверке от поверхности грунта, а при низком — от его подошвы (при  $\bar{z} \leq 2,5$  — на двух глубинах, соответствующих  $z = \ell/5$  и  $z = \ell$ ; при  $\bar{z} > 2,5$  — на глубине  $z = 0,85\alpha_\varepsilon$ ).

## 6. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СВАЙ СВД В ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ

6.1. Расчет свайных фундаментов сельскохозяйственных зданий, возводимых на просадочных грунтах, выполняется в соответствии с РСН 262-82 [1].

6.2. Несущая способность свай по грунту на совместное действие вертикальных и горизонтальных нагрузок рассчитывается согласно РСН 262-82 [1] с поправками на учет формы ствола.

6.3. Для проверки условия  $R_{ox} + R_{ox} \leq R_{np}$  площадь  $F_y$  условного свайного фундамента на глубине  $R_y$  от конца сваи следует определять по приложению I к [1] как для случая расчета одиночных забивных призматических свай сечением 30х30 см. Значение  $R_y$  (см. табл. 2) необходимо умножать на переходные коэффициенты 0,6  $K_3, K_4$ :

$$K_3 = \frac{V_1}{V_2 F_1}; \quad (7)$$

$$K_4 = \frac{F_1}{F_2}, \quad (8)$$

где  $V_1$  - объем бетона свай СВД без учета объема консоли,  $m^2; 1/2$  - то же, призматической сваи сечением 30х30 см;  $F_1$  - площадь,  $m^2$ , описанного прямоугольника по нижнему обрезу сваи СВД;  $F_2$  - то же, площадь сечения (нетто).

6.4. Допускаемая вертикальная расчетная нагрузка на сваю [1]

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{ch} RA + u_{np} \sum \gamma_{cf} K_f f_i h_i). \quad (9)$$

6.5. По предлагаемой методике допускается производить расчет фундаментов из коротких свай длиной  $\leq 5$  м каркасных и бекаркасных зданий стоечно-балочной системы производственного и вспомогательного назначения высотой до трех этажей с максимальной вертикальной нагрузкой на сваю 500 кН.

## 7. РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ СВАЙ СВД ПО ДЕФОРМАЦИЯМ И НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ С УЧЕТОМ ВЕРТИКАЛЬНЫХ, ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И МОМЕНТНЫХ НАГРУЗОК

7.1. Расчет фундаментов из свай СВД и свайного основания по деформациям при действии вертикальной нагрузки производится по СНиП 2.02.01-83 [10] методом послойного суммирования как для условного фундамента, передающего нагрузку на основание в двух уровнях - в зоне верхней диафрагмы и ствола сваи.

7.2. Сваи, работающие как одиночные вне кустов, или одно-свайные фундаменты (при однорядном ленточном размещении свай на расстоянии в свету не менее 0,6 м между короткими сторонами) рассчитывать по деформациям не требуется.

7.3. Горизонтальные перемещения головы сваи, максимальные значения изгибающего момента  $M_{max}$ , поперечной силы  $H_{max}$  и допускаемую вертикальную расчетную нагрузку на сваю, работающую в просадочных грунтах, согласно приложению 7 [1] следует определять как для сваи таврового сечения с консолью при ширине полки  $b_T$ , равной ширине сваи СВД.

7.4. Горизонтальное перемещение головы сваи

$$u = \frac{3(H_T + \nu N)\ell_n \omega}{7\lambda_1 \ell^2 (3\ell_n - 2\ell)b_T} \quad (10)$$

где  $H_T$  — расчетная горизонтальная нагрузка на сваю, кН;  $N$  — расчетная нагрузка, кН, передаваемая на фундамент (сваю);  $\omega$  — коэффициент, учитывающий ослабление основания каналами (табл. 3);  $\ell$  — глубина погружения сваи в грунт, м;  $\nu$  — коэффициент, учитывающий влияние вертикальных сил (для глинистых просадочных грунтов  $\nu = m\lambda_1$ );  $m = 2 \cdot 10^{-6}$  м<sup>4</sup>/кН;  $\lambda_1$  — коэффициент, характеризующий сопротивление грунта горизонтальным перемещениям сваи, кН/м<sup>4</sup>, равный 1,4  $\lambda$  (для свай без усиления шпонкой) и 2,0  $\lambda$  (для свай со шпонкой);  $\lambda$  — коэффициент, принимаемый по табл. 4;  $\eta$  — коэффициент, учитывающий нелинейный характер деформирования грунта (табл. 5);  $b_T$  — ширина сваи, м;  $\ell_n$  — расстояние от точки нулевых перемещений до головы сваи, м, определяемое по формуле

$$\ell_n = \ell \left\{ 2(H_T \ell - M_0) - \frac{3(H_T + \nu N)(N - \frac{50J\lambda_1}{\ell})}{R_{p,1} \ell} - \frac{\ell}{2}(H_T + \nu N) \right\} / [3(H_T \ell - M_0) - \ell(H_T + \nu N)] \quad (11)$$

$M_0$  — сумма моментов от действующих на сваю вертикальных сил относительно центра тяжести поперечного сечения сваи, кН/м;  
 $J$  — момент инерции поперечного сечения сваи, м<sup>4</sup>;  $R_{p,1} = \eta\lambda_1 b_T \ell$ .

Т а б л и ц а 3

| $\frac{a_K}{\ell}$ | Значения коэффициента $\omega$ при $\ell_K/\ell$ , равном |      |      |     |     |     |
|--------------------|-----------------------------------------------------------|------|------|-----|-----|-----|
|                    | 0                                                         | 0,1  | 0,2  | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| 0,25               | 1                                                         | 1,05 | 1,1  | 1,3 | 1,4 | 1,5 |
| 0,5                | 1                                                         | 1,05 | 1,05 | 1,1 | 1,2 | 1,3 |
| 1,0                | 1                                                         | 1,0  | 1,0  | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

П р и м е ч а н и е . Здесь  $a_K$  — расстояние от наружной грани канала до оси сваи, см;  $\ell$  — глубина ее погружения, м;  $\ell_K$  — глубина канала, м.

Т а б л и ц а 4

| Грунты                           | $J_e$ | Значения $\lambda$ , кН/м <sup>4</sup> , при пористости<br>грунта $n$ , %, равной |             |             |
|----------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|
|                                  |       | До 43                                                                             | От 43 до 47 | От 47 до 49 |
| Лессы и лессо-<br>видные проса - | 0,1   | 35000                                                                             | 34000-24000 | 24000-16000 |
| дочные суглин-<br>ки и супеси    | 0,3   | 25000                                                                             | 24000-16000 | 16000-13000 |
|                                  | 0,6   | 13000                                                                             | 12000-8000  | 8000-6000   |
|                                  | 0,7   | 10000                                                                             | 9000-7000   | 7000-5000   |

П р и м е ч а н и е . При промежуточных значения показателя консолидации  $J_e$  коэффициент  $\lambda$  определяется интерполяцией.

Т а б л и ц а 5

| $H_r$                                  | 0 | 50   | 100  | 150  | 200 | 250 |
|----------------------------------------|---|------|------|------|-----|-----|
| Значение $\eta$ при<br>$\delta_r$ , м: |   |      |      |      |     |     |
| 0,5                                    | I | 0,95 | 0,8  | 0,55 | 0,4 | 0,2 |
| 0,8                                    | I | 0,96 | 0,85 | 0,7  | 0,5 | 0,4 |

П р и м е ч а н и е . При промежуточных значениях величины распора  $H_r$ , кН, коэффициент  $\eta$  определяется интерполяцией.

7.5. Давление грунта на сваю определяется по формуле

$$q_z = \frac{3(H_{r1} - \nu N_1)(\ell_{n1} - z)z}{\delta_r \ell^2 (3\ell_{n1} - 2\ell)}, \quad (I2)$$

где  $H_{r1}$ ,  $N_1$  - расчетные значения (I группа предельных состояний) передаваемых на сваю сил, кН;  $\ell_{n1}$  - определяется по формуле (II) при  $H_r = H_{r1}$ ,  $N = N_1$  и  $M_0 = M_{01}$

7.6. Поперечная сила и изгибающий момент в сечении определяются соответственно по формулам:

$$H_{(z)} = H_{r1} - (H_{r1} + \nu N_1) \left(\frac{z}{\ell}\right)^2 \frac{3\ell_{n1} - 2z}{3\ell_{n1} \cdot 2\ell}; \quad (I3)$$

$$M_z = \left[ H_{r1} - (H_{r1} + \nu N_1) \left(\frac{z}{\ell}\right)^2 \frac{2\ell_{n1} - z}{2(3\ell_{n1} - 2\ell)} \right] z + N_1 [u_{r1} - u_{rz}] - M_{01}. \quad (I4)$$

где  $M_{01}$  - расчетное значение момента вертикальных сил относительно центра тяжести поперечного сечения сваи, кН·м;  $u_{r1}$  - горизонтальное перемещение головы сваи, м, определяемое по формуле (IO) при  $H_{r1}$ ,  $N_1$ ,  $M_{01}$ ,  $\ell_{n1}$ ;  $u_{rz}$  - горизонтальное перемещение сваи в сечении, определяемое по формуле

$$u_r = \frac{3(H_{r1} + \nu N_1)(\ell_{n1} - z)\omega}{\eta \lambda_1 \delta_r \ell^2 (3\ell_{n1} - 2\ell)}. \quad (I5)$$

**П р и м е ч а н и е .** При определении по формулам (I3) и (I4) поперечных сил и изгибающих моментов рассматриваются сечения, отстоящие на расстоянии  $z$  от поверхности грунта.

7.7. Для свай, погруженных через неуплотненные насыпные грунты, значения  $u$ ,  $H_{max}$  и  $M_{max}$  следует определять без учета работы насыпного олоя. Перемещение головы сваи в этом случае определяется по формуле

$$u = \frac{3(H_r + \nu N)(\ell'_H - a)\omega}{7\lambda_1 \ell_1^2 (3\ell'_H - 2\ell_1)\beta_T}, \quad (I6)$$

где  $a$  — расстояние от поверхности грунта природной структуры до головы сваи, м;  $\ell_1 = \ell - a$  — глубина погружения сваи в грунт природной структуры, м;  $\ell'_H = \ell_H - a$  — расстояние от нулевой точки до поверхности грунта природной структуры, м.

**П р и м е ч а н и е .** Величина  $\ell'_H$  определяется по формуле (I2), в которую в этом случае вместо  $M_0$  следует подставлять значение  $M_0 + H_r a$ , принимая глубину погружения сваи в грунт равной  $\ell_1$ . Такое же значение  $\ell_1$  и  $\ell_H$  следует подставлять и в формулы (I2)+(I5).

7.8. Предварительный выбор конструкции и размеров сваи производится согласно [3].

7.9. При проектировании свайных фундаментов минимальное расстояние между осями двух свай должно составлять не менее  $3a$ , где  $a$  — размер меньшей стороны верхнего сечения.

**П р и м е ч а н и е .** Допускается располагать сваи на расстоянии  $2a$ , если они обращены друг к другу вертикальными (ненаклонными) гранями. При этом допускаемую расчетную нагрузку на сваю необходимо умножать на коэффициент 0,9.

7.10. Если сопротивление горизонтальной нагрузке одиночной сваи недостаточно, рекомендуется повысить ее несущую способность за счет местного уплотнения верхнего олоя грунта со стороны грани, противоположной консоли (со стороны реактивного отпора грунта действию горизонтальной нагрузки).

**П р и м е ч а н и е .** Уплотнение производится выштамповкой вплотную к олове котлована размером  $A \times B \times h$  (0,5х0,9х0,6 м) с последующим заполнением его бетоном или грунтом с уплотнением. Как показали испытания, это может на 40% повысить несущую способность сваи на горизонтальную нагрузку.

7.11. Расчет свай со шпонкой следует выполнять по формулам (I0)–(I5) настоящих указаний.

7.12. В просадочных грунтах допускается применение свай под малочувствительные к неравномерным осадкам одн-этажн. производственные и складские здания, передающие нагрузку на фундамент до 400 кН, при условии выполнения мероприятий, гарантирующих

защиту основания от возможного замачивания, а также учета, что под нижним концом сваи просадочная часть олоя должна находиться в пределах уплотненного при забивке свай грунтового массива.

Для остальных типов зданий и сооружений использование свай в просадочных грунтах допускается в случае прорезки свайей всей просадочной толщи.

## 8. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА СВАЙ СВД

**Пример 1.** Выполнить расчет на вертикальную нагрузку (обычные грунтовые условия) при таких исходных данных: свая вишечная забивная марки СВД 4.75.50; грунты: 1 - суглинки ( $\gamma_L = 0,24$ ), 2 - лесс ( $\gamma_L = 0,35$ ); 3 - супесь полутвердая, водонасыщенная ( $\gamma_L = 0,8$ ).

Неоущую способность  $F_\alpha$ , кН, сваи, работающей на вертикальную нагрузку, определяем по формуле (4) настоящих указаний. В соответствии с табл. 1:  $A = 0,32 \text{ м}^2$ ;  $K_{f1} = 1,76$ ;  $u_p = 2,4 \text{ м}$ ;  $\ell_p = 3,7 \text{ м}$ ;  $K_{f2} = 1,64$ ;  $K_{f3} = 1,8$ ;

$$K_{fcp} = \frac{1,76 \times 0,81 + 1,64 \times 2,4 + 1,8 \times 0,49}{0,81 + 2,4 + 0,49} = 1,687.$$

Толщина первого рабочего олоя определяется разностью длины участка от верха сваи до отметки низа первого рабочего олоя и длины нерабочего участка сваи:  $\ell_1 = (190,25 - 189,14) - 0,3 = 0,81 \text{ м}$ ;  $\ell_2 = 2,4 \text{ м}$ ;  $\ell_3 = 186,74 - 186,25 = 0,49 \text{ м}$ .

Остальные буквенные обозначения принимаем по табл. 1-3 [2]:  $\gamma_c = 1$ ;  $\gamma_{ck} = 1$ ;  $\gamma_{cf} = 1$ ;  $R = 3560 \text{ кН/м}^2$ ;  $f_1 = 29 \text{ кН/м}^2$ ;  $f_2 = 30 \text{ кН/м}^2$ ;  $f_3 = 45 \text{ кН/м}^2$  (определяется интерполяцией). Тогда  $F_\alpha = 1/1 \times 3560 \times 0,32 + 1,687 \times 2,4/1 \times 29 \times 0,81 + 1 \times 30 \times 2,4 + 1 \times 45 \times 0,49/ = 1615 \text{ кН}$ .

Согласно формуле (2) [2] допускаемая расчетная нагрузка на сваю составит:

$$N = \frac{F_\alpha}{\gamma_k} = \frac{1615}{1,4} = 1153,6 \text{ кН}.$$

**Примечание.** Боковое сопротивление грунта на длине 0,3 м не учитывается.

**Пример 2.** Требуется рассчитать однорядный фундамент из свай СВД 5.75.50 под железнодорожную эстакаду с площадками для приема минудобрений. Расчет промежуточной опоры № 6 выполняем исходя из предпосылки, что рамная опора состоит из

двух стоек, по верху объединенных ригелем; фундамент — двух свай СВД 5.75.50, объединенных монолитным ростверком, в который жестко заделаны сваи и стойки опоры, изготавливаемые из тяжелого бетона класса В25 по прочности на сжатие. Расчет свай СВД 5.75.50 проводим на совместное действие вертикальной и горизонтальной сил и момента.

Расчетная вертикальная нагрузка приведена к осевой силе  $P = 750$  кН, приложенной в уровне подошвы ростверка (отм. 145,9). На ростверк в уровне подошвы действует поперечная горизонтальная сила  $H_x$ , направленная вдоль оси эстакады, расчетная величина которой равна 84 кН (нормальная 80 кН). В плоскости оси эстакады действует изгибающий момент  $M_x$ , приложенный в уровне подошвы ростверка, расчетная величина которого равна 528 кН·м.

Необходимые для расчета данные о грунтах, уровни и размеры приведены на прилагаемой схеме. Определяем расчетные величины продольной и поперечной силы, изгибающего момента, действующих в верхнем сечении каждой из свай в уровне подошвы ростверка.

Усредненный момент инерции сечения свай СВД 5.75.50

$$J_y = \frac{I}{12} (0,45 \times 0,75^3 - 0,25 \times 0,53^3) = 12,7 \times 10^{-3} \text{ м}^4.$$

Жесткость при изгибе поперечного сечения свай

$EJ = 0,9 \times 3,06 \times 10^7 \times 12,7 \times 10^{-3} = 35 \times 10^4$  кН·м<sup>2</sup>, где в соответствии с п. 3.32 [13] (табл. 28, с. 38) значение модуля упругости бетона класса В25 при сжатии и растяжении

$$E_b = 0,9 \times 3,06 \times 10^6 = 2,754 \text{ тс/м}^2.$$

Коэффициент пропорциональности для суглинка полутвердого принят по табл. I приложения I к [2]:

$$K = 0,5 (12000 + 18000) = 15000 \text{ кН/м}^4.$$

Условная ширина свай  $B_p = 1,5 \times 0,45 + 0,5 = 1,175$  м.

Определяем коэффициент деформации для случая одностадийного расчета свай применительно к условиям развития только I стадии напряженно-деформированного состояния системы "свая — грунт" по формуле (II) приложения I к [2]:

$$\alpha_\varepsilon = \sqrt[5]{K B_p / \gamma_c EJ} = \sqrt[5]{15000 \cdot 1,175 / 3 \cdot 35 \cdot 10^4} = 0,44.$$

По формуле (6) определяем приведенную (безразмерную) глубину погружения свай (ее нижний конец) в грунт от уровня подошвы ростверка:  $\bar{e} = e \alpha_\varepsilon = 4,3 \times 0,44 = 1,892 \approx 1,9$ .

При одностадийном расчете согласно п. 12 приложения I к [2] горизонтальное перемещение, м, и угол поворота  $\psi_0$ , рад, в уровне подошвы ростверка (см. п. 5 приложения I к [2]) следует определять по формулам (30) и (31) [2]:

$$u_0 = H_0 \varepsilon_{HH} + M_0 \varepsilon_{HM}; \quad \psi_0 = H_0 \varepsilon_{MH} + M_0 \varepsilon_{MM},$$

где  $H_0 = H = 42$  кН – расчетное значение поперечной силы;  $M_0 = M = 264$  кН·м – расчетный изгибающий момент;  $\varepsilon_{HH}$  – горизонтальное перемещение сечения, м/кН, от действия силы  $H = I$ , приложенной в уровне подошвы ростверка;  $\varepsilon_{HM}$  – горизонтальное перемещение сечения, I/кН, от момента  $M = I$ , действующего в уровне подошвы ростверка;  $\varepsilon_{MH}$  – угол поворота сечения, I/кН, от силы  $H = I$ ;  $\varepsilon_{MM}$  – то же, от момента  $M = I$ .

Перемещения  $\varepsilon_{HH}$ ,  $\varepsilon_{HM} = \varepsilon_{MH}$ ,  $\varepsilon_{MM}$  вычисляются по формулам (32) + (34) приложения I к [2]:

$$\varepsilon_{HH} = 5,19/0,44^3 \times 35 \times 10^4 = 1,74 \times 10^{-4} / \text{кН};$$

$$\varepsilon_{MH} = 3,879/0,44^2 \times 35 \times 10^4 = 0,57 \times 10^{-4} / \text{кН};$$

$$\varepsilon_{MM} = 3,679/0,44 \times 35 \times 10^4 = 0,24 \times 10^{-4} / \text{кН},$$

где  $A_0, B_0, C_0$  – безразмерные коэффициенты, принимаемые по табл. 5 приложения I к [2] при приведенной глубине погружения сваи в грунт  $\bar{z} = 1,9$ . Тогда горизонтальное перемещение

$u_0 = 42 \times 1,74 \times 10^{-4} + 264 \times 0,57 \times 10^{-4} = 22,3 \times 10^{-3}$  м, угол поворота в уровне подошвы ростверка  $\psi_0 = 42 \times 0,57 \times 10^{-4} + 264 \times 0,24 \times 10^{-4} = 8,7 \times 10^{-3}$  рад.

Расчетное давление  $\sigma_z$ , МПа, на грунт по контакту с боковой поверхностью сваи, возникающее на глубине  $z$ , а также расчетный изгибающий момент  $M_z$ , кН·м, поперечную силу  $H_z$  и продольную силу  $N_z$ , кН, действующие на глубине  $z$  в сечении сваи, при одностадийном расчете свай следует определять по формулам (36) + (39) приложения I к [2]:

$$\sigma_z = \frac{K}{\alpha_z} \bar{z} \left( U_p A_1 - \frac{\psi_0}{\alpha_z} B_1 + \frac{M_0}{\alpha_z^2 EJ} C_1 + \frac{H_0 D_1}{\alpha_z^3 EJ} \right);$$

$$M_z = \alpha_z^2 EJ U_p A_3 - \alpha_z EJ \psi_0 B_3 + M_0 C_3 + \frac{H_0 D_3}{\alpha_z};$$

$$H_z = \alpha_z^3 EJ U_p A_4 - \alpha_z^2 EJ \psi_0 B_4 + \alpha_z M_0 C_4 + H_0 D_4.$$

Результаты расчетов сводим в табл. 6–8.

Т а б л и ц а 6

| $z, \text{ м}$ | $\bar{z}$ | $A_4$  | $B_4$  | $C_4$  | $D_4$ | $665 A_4$ | $-590 B_4$ | $116 C_4$ | $42 D_4$ | $H_z$  |
|----------------|-----------|--------|--------|--------|-------|-----------|------------|-----------|----------|--------|
| 0              | 0         | 0      | 0      | 0      | 1,0   | 0         | 0          | 0         | 42       | 42     |
| 0,45           | 0,2       | -0,020 | -0,001 | 0      | 1,0   | -13,3     | 1,8        | 0         | 42       | 30,5   |
| 0,68           | 0,3       | -0,045 | -0,009 | -0,001 | 1,0   | -29,9     | 5,3        | -0,2      | 42       | 17,2   |
| 0,91           | 0,4       | -0,080 | -0,021 | -0,003 | 1,0   | -53,2     | 12,4       | -0,3      | 42       | 0,9    |
| 1,14           | 0,5       | -0,125 | -0,042 | -0,008 | 0,999 | -83,1     | 24,8       | -0,9      | 42       | -17,2  |
| 1,82           | 0,8       | -0,320 | -0,171 | -0,051 | 0,989 | -212,8    | 100,9      | -5,9      | 41       | -76,8  |
| 2,27           | 1,0       | -0,499 | -0,333 | -0,125 | 0,967 | -331,8    | 196,5      | -14,5     | 41       | -108,8 |
| 3,64           | 1,6       | -1,105 | -1,116 | -0,630 | 0,630 | -734,8    | 658,4      | -73,1     | 31,4     | -118,1 |
| 4,09           | 1,8       | -1,547 | -1,906 | -1,299 | 0,374 | -1028,8   | 1124,5     | -150,7    | 15,7     | -39,1  |
| 4,32           | 1,9       | -1,699 | -2,227 | -1,608 | 0,181 | -1129,8   | 1313,9     | -186,5    | 7,6      | -5,2   |

П р и м е ч а н и е . Даны результаты расчета давления на грунт,  
вычисленные по формуле

$$H_z = (665A_4 - 590B_4 + 116C_4 + 42D_4), \text{ кН}.$$

Т а б л и ц а 7

| $z, \text{м}$ | $\bar{z}$ | $A_3$  | $B_3$  | $C_3$ | $D_3$ | $1513 A_3$ | $-1340 B_3$ | $264 C_3$ | $95 D_3$ | $M_z$ |
|---------------|-----------|--------|--------|-------|-------|------------|-------------|-----------|----------|-------|
| 0             | 0         | 0      | 0      | 1,0   | 0     | 0          | 0           | 264       | 0        | 264   |
| 0,45          | 0,2       | -0,001 | 0      | 1,0   | 0,2   | -1,5       | 0           | 264       | 19       | 282   |
| 0,68          | 0,3       | -0,005 | -0,001 | 1,0   | 0,3   | -7,6       | 1,3         | 264       | 28,5     | 286   |
| 0,91          | 0,4       | -0,011 | -0,002 | 1,0   | 0,4   | -16,6      | 2,6         | 264       | 38       | 288   |
| 1,04          | 0,5       | -0,021 | -0,005 | 0,999 | 0,5   | -32,0      | 7,0         | 264       | 48       | 287   |
| 1,82          | 0,8       | -0,085 | -0,034 | 0,992 | 0,799 | -129       | 46          | 264       | 76       | 255   |
| 2,27          | 1,0       | -0,167 | -0,083 | 0,975 | 0,994 | -252       | 111         | 251       | 94       | 210   |
| 3,64          | 1,6       | -0,676 | -0,543 | 0,739 | 1,507 | -1021      | 728         | 195       | 143      | 45    |
| 4,09          | 1,8       | -0,956 | -0,867 | 0,53  | 1,612 | -1444      | 1162        | 140       | 153      | 11    |
| 4,32          | 1,9       | -1,118 | -1,074 | 0,385 | 1,64  | -1689      | 1439        | 102       | 156      | 8     |

П р и м е ч а н и е . Даны результаты расчета изгибающего момента в свае, произведенного по формуле

$$M_z = (1513A_3 - 1340B_3 + 264C_3 + 95D_3) \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Т а б л и ц а 8

| $z, м$ | $\bar{z}$ | $A_1$ | $B_1$ | $C_1$ | $D_1$ | $22,3A_1$ | $-19,8B_1$ | $3,9C_1$ | $1,4D_1$ | $\sum (8,9\bar{z}^{10},1)$ | $\sigma_z$ |
|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|------------|----------|----------|----------------------------|------------|
| 0      | 0         | 1,0   | 0     | 0     | 0     | 22,3      | 0          | 0        | 0        | 22,3                       | 0          |
| 0,45   | 0,2       | 1,0   | 0,2   | 0,02  | 0,001 | 22,3      | -3,96      | 0,08     | 0,0014   | 18,42                      | 12,6       |
| 0,68   | 0,3       | 1,0   | 0,3   | 0,045 | 0,005 | 22,3      | -5,94      | 0,18     | 0,007    | 16,55                      | 16,9       |
| 0,91   | 0,4       | 1,0   | 0,4   | 0,08  | 0,011 | 22,3      | -7,92      | 0,31     | 0,015    | 14,71                      | 20,1       |
| 1,14   | 0,5       | 1,0   | 0,5   | 0,125 | 0,021 | 22,3      | -9,9       | 0,49     | 0,029    | 12,92                      | 22,0       |
| 1,82   | 0,8       | 0,997 | 0,799 | 0,32  | 0,085 | 22,2      | -15,8      | 1,25     | 0,12     | 7,77                       | 21,2       |
| 2,27   | 1,0       | 0,992 | 0,997 | 0,499 | 0,167 | 22,1      | -19,7      | 1,95     | 0,23     | 4,58                       | 15,6       |
| 3,64   | 1,6       | 0,913 | 1,553 | 1,264 | 0,678 | 20,4      | -30,7      | 4,93     | 0,95     | -4,42                      | -24,1      |
| 3,09   | 1,8       | 0,843 | 1,706 | 1,584 | 0,961 | 18,8      | -33,8      | 6,18     | 1,44     | -7,48                      | -45,9      |
| 4,32   | 1,9       | 0,795 | 1,77  | 1,752 | 1,126 | 17,7      | -35,0      | 5,83     | 1,58     | -8,89                      | -56,6      |

П р и м е ч а н и е . Даны результаты расчета поперечных сил в свае, вычисляемые по формуле

$$\sigma_z = 3,409 \bar{z} (2263A_1 - 19,8B_1 + 3,9C_1 + 1,4D_1) \quad \text{кН/м}^2.$$

Пример 3. Выполнить подбор свай для проектирования фундаментов распорных сельскохозяйственных зданий. Результаты сведены в табл. 9.

Т а б л и ц а 9

| $\frac{N}{H}$         | Грунтовые условия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Марка свай                                                  |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| $\frac{400}{220-250}$ | <p>Суглинки и супеси лессовидные просадочные I типа по просадочности.<br/>Толщина просадочности слоя 5-8 м</p> <p>Характеристика грунта:<br/>показатель текучести <math>0,6 \leq I_L \leq 0,9</math><br/>плотность в сухом состоянии, т/м<sup>3</sup>,<br/><math>1,65 \geq \rho_d \geq 1,6</math><br/>удельное сцепление, кПа, <math>c \geq 3</math><br/>угол внутреннего трения <math>\varphi \geq 18^\circ</math><br/>коэффициент постели, кН/м<sup>3</sup>,<br/><math>22000 \leq C_z \leq 30000</math><br/>коэффициент пропорциональности, кН/м<sup>4</sup>,<br/><math>2500 \leq K \leq 4000</math></p> | <p>Свая СВД<br/>4.5.75-40-К<br/>Монолитная шпонка</p>       |
| $\frac{400}{220-250}$ | <p>Суглинки и супеси лессовидные просадочные I типа по просадочности</p> <p>Характеристика грунта:<br/>показатель текучести <math>0,4 \leq I_L \leq 0,6</math><br/>плотность в сухом состоянии, т/м<sup>3</sup>,<br/><math>1,65 \leq \rho_d \leq 1,7</math><br/>удельное сцепление, кПа, <math>c \geq 3</math><br/>угол внутреннего трения <math>\varphi \geq 20^\circ</math><br/>коэффициент постели, кН/м<sup>3</sup>,<br/><math>30000 \leq C_z \leq 35000</math><br/>коэффициент пропорциональности, кН/м<sup>4</sup>,<br/><math>4000 \leq K \leq 6000</math></p>                                       | <p>Свая СВД<br/>4.75.45-К</p>                               |
| $\frac{400}{220-250}$ | <p>Суглинки и супеси лессовидные просадочные I типа по просадочности.<br/>Толщина просадочного слоя 3-5 м</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>Свая СВД<br/>3,5.75.50</p> <p>Свая СВД<br/>3.80.80-К</p> |

Примечание. Здесь  $N$  и  $H$  — нагрузки, кН, соответственно вертикальная и горизонтальная.

**Пример 4.** Рассчитать фундамент из свай СВД для сельскохозяйственных зданий на трехшарнирных рамах с консолью длиной 600 мм. Глубина погружения сваи в однородный грунт природной структуры 4 м. Грунт – лессовый просадочный суглинок, пористость которого  $n = 49\%$ . В процессе эксплуатации здания возможно аварийное замачивание основания.

Нормативные нагрузки на сваю:  $N_1 = 109,5$  кН;  $N_2 = 27$  кН;  $N_3 = 11,5$  кН;  $H_r = 81,5$  кН. (где  $N_1$  и  $H_r$  – соответственно вертикальная и горизонтальная составляющие нагрузки, передаваемой рамой;  $N_2$  – собственный вес панели;  $N_3$  – собственный вес сваи). Вычисляем:  $N = N_1 + N_2 + N_3 = 109,5 + 27 + 11,5 = 147,5$  кН < 250 кН;  $H_r = 81,5$  кН < 150 кН. По табл. 2 [3] принимаем сваю СВД 4.75.50-К.

Найдем величину изгибающего момента  $M$ , действующего на сваю в уровне поверхности грунта. Рассчитываем перемещения:

$M_0 = -N_1 \ell - N_2 \ell_2 + H_r \lambda = -109,5 \times 0,54 - 27,0 \times 0,14 + 81,5 \times 0,1 = -54,8$  кН·м. Введем расчет на прочность:  $N_1 = 109,5 \times 1,2 = 131$  кН;  $N_2 = 27,0 \times 1,1 = 30$  кН;  $N_3 = 11,5 \times 1,1 = 13$  кН;  $H_{r1} = 81,5 \times 1,2 = 98$  кН;  $N = 131 + 30 + 13 = 174$  кН;  $M_{01} = -131 \times 0,54 - 30 \times 0,14 + 98 \times 0,1 = -65,1$  кН·м.

Усредненный момент инерции сваи по табл. 2 составит  $J_{cp} = 3,48 \times 10^{-3}$  м<sup>4</sup>.

Горизонтальное перемещение головы сваи определяем по формуле (10), для чего находим  $H_r = 81,5$  кН,  $N = 147,5$  кН,  $M_0 = -54,8$  кН·м,  $b_r = 0,75$  м и  $\ell = 4$  м.

Из табл. 4 величина  $\lambda = 5000$  кН/м<sup>4</sup>. В соответствии с табл. 5 интерполяцией определяем:  $\eta = 0,89$ ;  $\lambda_1 = 1,4 \lambda = 1,4 \times 5000 = 7000$  кН/м<sup>4</sup>;  $\nu = \frac{1}{\lambda_1} = 2 \times 10^{-6} \times 7000 = 0,014$ ;  $P_{en} = \eta \lambda_1 b_r \ell = 0,89 \times 7000 \times 0,75 \times 4 = 18690$  кН/м<sup>2</sup>.

Расстояние до точки нулевых перемещений вычисляем по формуле (12) настоящих указаний:

$$\begin{aligned} \ell_n &= 4 \left\{ 2(81,5 \times 4 - 54,8) - \frac{3(81,5 + 147,5 \times 0,014)(147,5 - \frac{50}{4} \times 7 \times 10^3 \times 3,48 \times 10^{-3} - \frac{4}{2}(81,5 + 147,5 \times 0,014))}{18690 \cdot 4} \right\} / [3(81,5 \times 4 - 54,8) - \\ &- 4(81,5 + 147,5 \times 0,014)] = 4(542,4 + 0,175 - 167,3) / 479,34 = \\ &= \frac{1501,78}{479,34} = 3,13. \end{aligned}$$

Тогда при  $\omega = 1$  (ослабление каналами отсутствует):

$$u = \frac{3(81,5 + 147,5 \times 0,014) \times 3,13 \times 0,1}{0,98 \times 7000 \times 4^2 (3 \times 3,13 - 2 \times 4) 0,75} = 7,55 \times 10^{-3} = 7,55 \text{ мм.}$$

Поперечные силы в сечении сваи определяем по рекомендуемой формуле (13). Для этого предварительно вычисляем расстояние до точки нулевых перемещений по формуле (12):

$$\begin{aligned} l_{H1} &= 4 \left\{ 2(98 \times 4 - 65,1) - \frac{3(98 + 174 \times 0,014)(174 - \frac{50}{4} \times 7 \times 10^3 \times 3,48 \times 10^{-3})}{18690 \times 4} \right. \\ &\quad \left. - \frac{4}{2} - (98 + 174 \times 0,014) \right\} / [3(98 \times 4 - 65,1) - 4(98 + 174 \times 0,014)] = \\ &= 4(653,8 + 0,525 - 200,872) / 578,956 = 3,13 \text{ м.} \end{aligned}$$

Тогда:

$$H_z = 98 - (98 + 2,436) \left( \frac{z}{4} \right)^2 \frac{3 \times 3,13 - 2z}{3 \times 13,3 - 8} = 98 - 4,516 z^2 (9,39 - 2z).$$

При  $z = 0$  значение  $H_0 = 98$  кН, при  $z = 0,5$  м соответственно  $H_{0,5} = 98 - 4,516 \times 0,5^2 (9,39 - 2 \times 0,5) = 88,53$  кН. По аналогии находим  $H_1 = 64,629$  кН;  $H_{1,5} = 33,07$  кН;  $H_2 = 6,35$  кН;  $H_{2,5} = -25,9$  кН;  $H_3 = -39,78$  кН;  $H_{3,5} = -34,22$  кН;  $H_4 = -2,436$  кН. Наибольшее значение поперечная сила имеет в сечении на глубине  $z = 0$ . Изгибающие моменты в сечениях свай определяются по формуле (14). Для этого предварительно вычисляем значения  $u_{rz}$  по формуле (15):

$$\begin{aligned} u_{rz} &= \frac{3(98 + 0,014 \times 174)(3,13 - z) \times 1,0}{0,89 \times 7000 \times 0,75 \times 4^2 (3 \times 3,13 - 2 \times 4)} = \frac{301,31(3,13 - z)}{103916} = \\ &= 9,076 \times 10^{-3} - \frac{z}{344,88}. \end{aligned}$$

В зависимости от  $z$  значения  $u_{rz}$  будут соответствовать приведенным в табл. 10.

Т а б л и ц а 10

| $z, \text{ м}$                     | 0     | 0,5   | 1    | 1,5   | 2     | 2,5   | 3     | 3,5    | 4      |
|------------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| $u_{rz} \times 10^{-3}, \text{ м}$ | 9,076 | 7,626 | 6,17 | 4,727 | 3,277 | 1,828 | 0,377 | -1,122 | -2,522 |

Тогда:

$$\begin{aligned} M_z &= \left[ 98 - (98 + 0,014 \times 174) \frac{z^2}{4^2} \times \frac{2 \times 3,13 - z}{2(3 \times 3,13 - 2 \times 4)} \right] z + 174(9,076 \times 10^{-3} - \\ &\quad - u_{1z}) - 65,1 = 98 - 2,258 z^2 (6,26 - z) z - 174 u_{1z} - 63,52. \end{aligned}$$

При  $z = 0$  получим  $M_0 = -65,1$  кН·м, при  $z = 0,5$  м - соот-

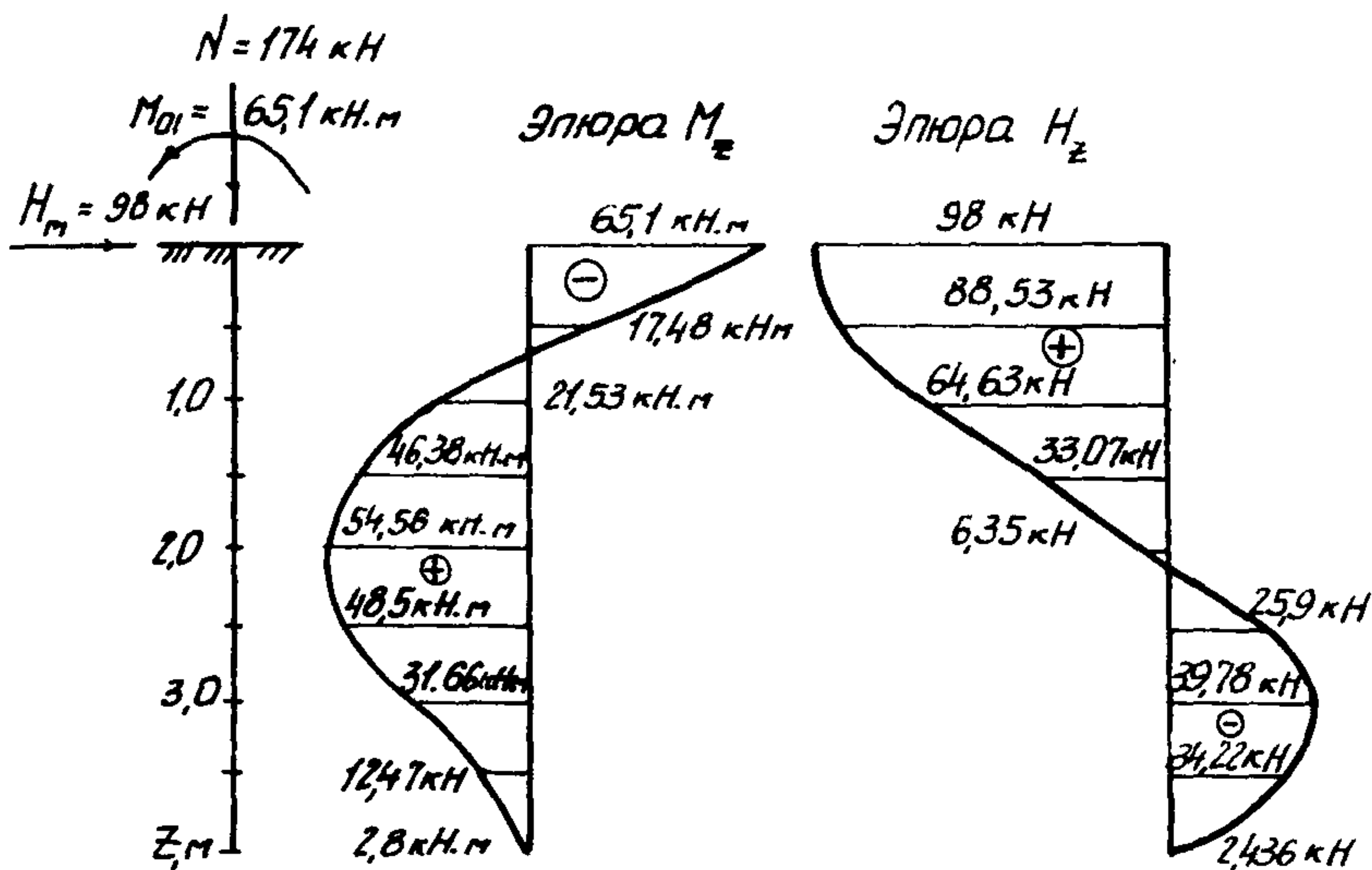


Рис. 4. К примеру расчета 4 (даны эпюры  $M_z$  и  $H_z$  )

соответственно  $M_{0,5} = [98 - 2,258 \times 0,5^2 (6,26 - 0,5)] \cdot \frac{0,5}{4} - 174 \times 7,626 \times 10^{-3} - 63,52 = -17,48 \text{ кН}\cdot\text{м}$ . Аналогично получаем:  $M_1 = 21,53 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ;  $M_{1,5} = 46,38 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ;  $M_2 = 54,96 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ;  $M_{2,5} = 48,50 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ;  $M_3 = 31,66 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ;  $M_{3,5} = 12,47 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ;  $M_4 = 2,8 \text{ кН}\cdot\text{м}$ .

Результаты расчетов по примеру 4 приведены на рис. 4.

## ЛИТЕРАТУРА

1. РСН 262-82. Инструкция по проектированию и устройству свайных фундаментов сельских зданий на просадочных грунтах. — К.: Минсельстрой. 1982.
2. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. — М.: Стройиздат, 1985.
3. Рекомендации по применению свай типа СВД в сельском строительстве (шифр 19-83-21/4) / Минсельстрой СССР. — К.:
4. Сваи вертикальных элементов, объединенных диафрагмами. ТУ 10.20 СССР 3-87 / Госагропром СССР. — К.: 1984.
5. Першаков В.М., Слюсаренко С.А., Метелюк Н.С. и др. Эффективные конструкции забивной сваи // Строительные материалы и конструкции, 1982, № 2.
6. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии. — М.: Стройиздат, 1985.
7. СНиП П-7-81. Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования. — М.: Стройиздат, 1981.
8. ГОСТ 23009-78. Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Условные обозначения (марки). — М.: Стройиздат, 1979.
9. ГОСТ 5886-78\*. Сваи. Методы полевых испытаний. — М.: Стройиздат, 1979.
10. СНиП 2.02.01-83. Основания здания и сооружений. — М.: Стройиздат, 1984.
11. СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы. — М.: Стройиздат, 1985.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                                                               | Стр. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1. Общие положения.....                                                                                                                       | 3    |
| 2. Основные требования к проектированию .....                                                                                                 | 3    |
| 3. Номенклатура свай СВД .....                                                                                                                | 6    |
| 4. Определение несущей способности свай по<br>результатам полевых испытаний .....                                                             | 8    |
| 5. Расчет свай СВД по несущей способности .....                                                                                               | 10   |
| Расчет свай на действие вертикальной нагрузки .....                                                                                           | 10   |
| Расчет свай СВД на совместное действие вертикальных<br>и горизонтальных нагрузок .....                                                        | 11   |
| 6. Особенности расчета свай СВД в просадочных грунтах ...                                                                                     | 13   |
| 7. Расчет фундаментов из свай СВД по деформациям<br>и несущей способности с учетом вертикальных,<br>горизонтальных и моментных нагрузок ..... | 13   |
| 8. Примеры расчета свай СВД .....                                                                                                             | 17   |
| Литература .....                                                                                                                              | 27   |

Научно-исследовательский институт строительных конструкций  
Госстроя СССР  
(НИИСК)

Укргрострой

МЕТЕЛЮК Николай Семенович  
ШИШКО Григорий Федорович  
КАШКА Борис Зиновьевич и др.

### У К А З А Н И Я

по расчету и проектированию свай  
из вертикальных элементов,  
объединенных диафрагмами (СВД)

Редактор Л.П.Метелюк

---

Передано в произв. 27 . 07 . 89. Подп. к печ. 27.07.89 .  
Формат бум. 60x84 1/16. Бум. для множ. аппаратов. Офсетная  
печать. 1,63 усл.п.л., 2,0 уч.-изд.л., 1,75 п.л.  
Тираж 295 экз. Зак. № 2289 . Цена 50 к.

---

Научно-исследовательский институт строительных конструкций  
Госстроя СССР 252180 Киев, И.Клименко, 5/2

---

Типография НИИСП Госстроя СССР 252180 Киев, И.Клименко, 5/2

**50 к.**