

3.3. Определение несущей способности свай по результатам полевых испытаний

Несущая способность свай в полевых условиях
может быть определена следующими методами:

- 1) статическими испытаниями свай;*
- 2) динамическими испытаниями свай;*
- 3) испытаниями грунтов эталонной сваей;*
- 4) испытаниями грунтов статическим зондированием.*

Определенная при испытании сваи статической или динамической нагрузкой величина ее предельного сопротивления является частным значением и обозначается через F_{uc}

Чтобы избежать случайного результата, проводят ряд испытаний свай в одинаковых грунтовых условиях и после статистической обработки полученных результатов *в соответствии с ГОСТ находят нормативное значение предельного сопротивления сваи $F_{u,n}$* .

По известной величине $F_{u,n}$ несущая способность сваи F_d определяется из выражения

$$F_d = \gamma_c F_{u,n} / \gamma_g, \quad (3.7)$$

где γ_c - коэффициент условий работы сваи; в случае вдавливающих или горизонтальных нагрузок $\gamma_c = 1$;

$F_{u,n}$ - нормативное значение предельного сопротивления сваи, кН;

γ_g - коэффициент надежности по грунту, принимаемый при $F_{u,n} = F_{u,min}$, равным $\gamma_g = 1$.

3.3.1. Динамический метод

Динамический метод заключается в определении несущей способности сваи по величине ее отказа на отметке, близкой к проектной.

Впервые теоретическая зависимость между скоростью погружения сваи в грунт при забивке, характеризуемой величиной отказа, и ее сопротивлением была установлена в 1917 г. Н.М. Герсевановым.

Н.М. Герсеванов исходил из того, что работа, совершаемая свободно падающим молотом, GH (где G - вес ударной части молота, H - высота падения молота), затрачивается:

- на преодоление сопротивления грунта погружению сваи;
- на упругие деформации системы «молот - свая - грунт», которая может быть выражена через высоту отскока молота после удара h ;
- на превращение части энергии в тепловую;
- разрушение головы сваи.

Предельное сопротивление основания сваи F_u по результатам ее испытания динамической нагрузкой определяется по формуле

$$F_u = \frac{\eta AM}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{4E_d[m_1 + \varepsilon^2(m_2 + m_3)]}{\eta As_a(m_1 + m_2 + m_3)}} - 1 \right] \quad (3.9)$$

Если фактический (измеренный) остаточный отказ $s_a < 0,002$ м, то частное значение предельного сопротивления сваи F_u , кН, следует определять по формуле (3.10)

$$F_u = \frac{1}{2\theta} \cdot \frac{2s_a + s_{el}}{s_a + s_{el}} \left[\sqrt{1 + \frac{8E_d(s_a + s_{el})}{(2s_a + s_{el})^2} \cdot \frac{m_4}{m_4 + m_2} \theta} - 1 \right] \quad (3.10)$$

В формулах (3.9) и (3.10):

η - коэффициент, принимаемый по таблице 3.5 в зависимости от материала сваи, кН/м^2 ;

A – площадь поперечного сечения ствола сваи (ограниченная наружным контуром сплошного или полого независимо от наличия или отсутствия у сваи острия), м^2 ;

M - коэффициент, принимаемый при забивке свай молотами ударного действия равным единице (а при вибропогружении свай - по таблице 3.6 в зависимости от вида грунта под их нижними концами);

E_d - расчетная энергия удара молота, кДж (принимаемая по таблице 3.7);

s_a - фактический остаточный отказ, равный значению погружения сваи от одного удара молота;

s_{el} - упругий отказ сваи (упругие перемещения грунта и сваи) (определяемый с помощью отказомера) м;

m_1 - масса молота или вибропогружателя, т;

m_2 - масса сваи и наголовника, т;

m_3 - масса подбабка (при вибропогружении свай $m_3 = 0$), т;

m_4 - масса ударной части молота, т;

Таблица 3.5

Случай расчета	Коэффициент η , кН/м ²
Испытание свай забивкой и добивкой (а также в случае определения отказов) при видах свай:	
железобетонных с наголовником	1500
деревянных без подбабка	1000
то же, с подбабком	800

Таблица 3.6

Грунты под нижним концом свай	Коэффициент M
1 Крупнообломочные с песчаным заполнителем	1,3
2 Пески средней крупности и крупные средней плотности и супеси твердые	1,2
3 Пески мелкие средней плотности	1,1
4 Пески пылеватые средней плотности	1,0
5 Супеси пластичные, суглинки и глины твердые	0,9
6 Суглинки и глины полутвердые	0,8
7 Суглинки и глины тугопластичные	0,7
Примечание - При плотных песках значения коэффициента M в поз. 2-4 следует повышать на 60 %.	

Таблица 3.7

Вид молота	Расчетная энергия удара молота E_d , кДж
1 Подвесной или одиночного действия	GH
2 Трубчатый дизель-молот	$0,9GH$
3 Штанговый дизель-молот	$0,4GH$
4 Дизельный при контрольной добивке одиночными ударами без подачи топлива	$G(H-h)$
Примечания 1 G - вес, кН, и H - высота падения, м, ударной части молота. 2 В поз. 4 h - высота первого отскока ударной части дизель-молота от воздушной подушки, определяемая по мерной рейке, м. Для предварительных расчетов допускается принимать: для штанговых молотов $h = 0,6$ м, для трубчатых молотов $h = 0,4$ м.	

ε - коэффициент восстановления удара; при забивке железобетонных свай молотами ударного действия с применением наголовника с деревянным вкладышем

$\varepsilon^2 = 0,2$, (а при вибропогружателе $\varepsilon^2 = 0$);

θ - коэффициент, $1/\kappa H$, определяемый по формуле

$$\theta = \frac{1}{4} \left(\frac{n_p}{A} + \frac{n_f}{A_f} \right) \frac{m_4}{m_4 + m_2} \sqrt{2g(H - h)} \quad (3.11)$$

здесь **A , m_4 , m_2** - то же, что и в формулах (3.9) и (3.10);

n_p , n_f - коэффициенты перехода от динамического к статическому сопротивлению грунта (включающего вязкое сопротивление грунта);

A_f - площадь боковой поверхности сваи, соприкасающейся с грунтом, м^2 ;

g - ускорение свободного падения, равное $9,81 \text{ м/с}^2$;

H - фактическая высота падения ударной части молота, м ;

h - высота первого отскока ударной части дизель-молота.

3.3.2. Метод испытания свай вертикальной статической нагрузкой

Этот метод несмотря на сложность, длительность и значительную стоимость, позволяет наиболее точно установить предельное сопротивление сваи.

Метод используется либо с целью установления предельного сопротивления сваи, необходимого для последующего расчета фундамента, либо с целью проверки на месте несущей способности сваи, определенной каким-либо другим методом, например практическим.

Проверке подвергается до 1% общего числа погружаемых свай, но не менее двух (если их число меньше 100). Для проведения испытаний оборудуется специальная установка, показанная на рис. 3.18.

Вертикальная нагрузка создается гидравлическим домкратом, установленным на голову сваи.

Упором для домкрата служит мощная сварная металлическая балка.

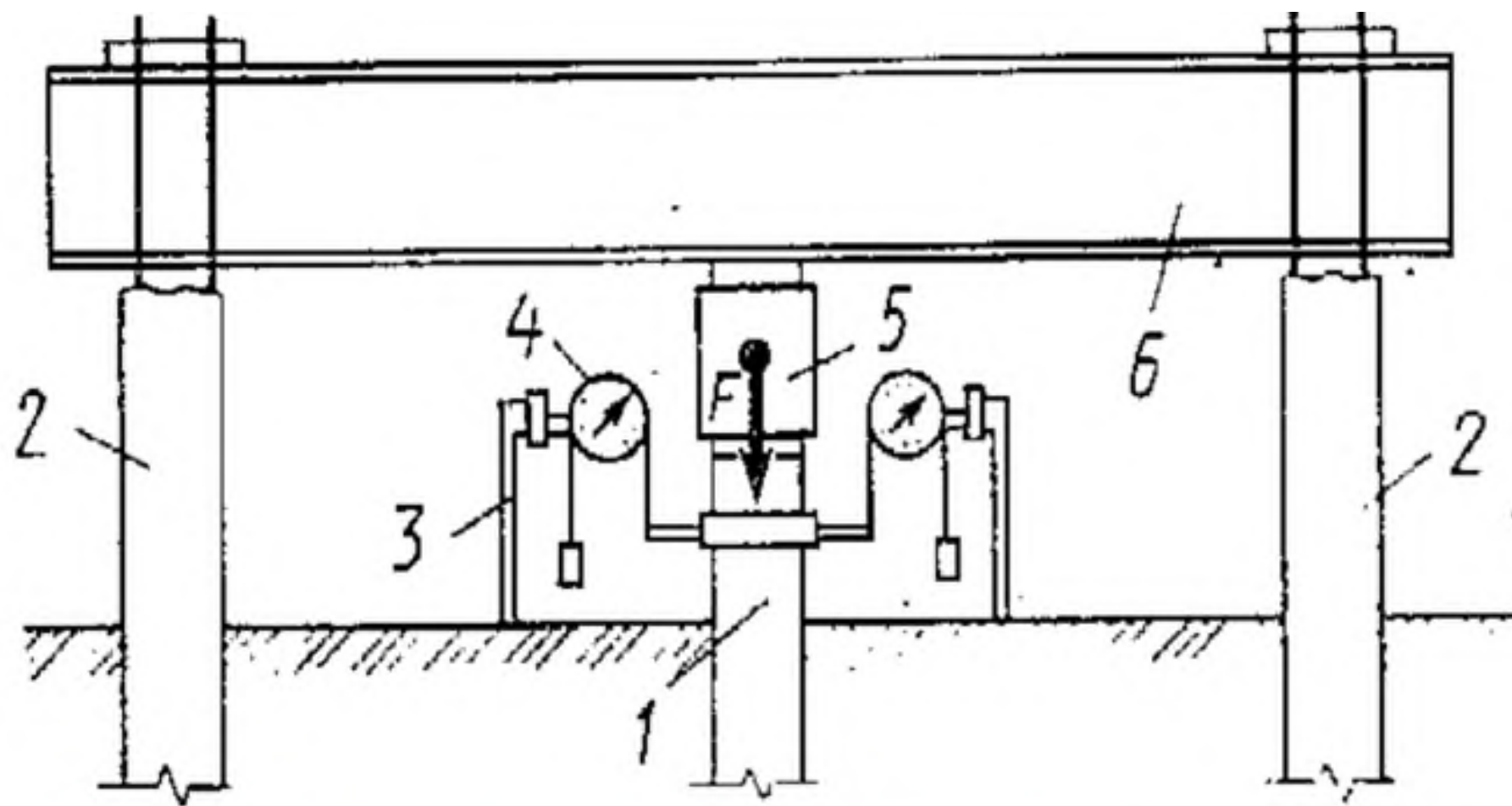


Рис. 3.18. Испытания свай вертикальной статической нагрузкой: 1 - испытываемая свая; 2 - анкерные сваи; 3 - реперная система; 4 - прогибомеры; 5 - домкрат; 6 - упорная балка

Балка соединяется с анкерными сваями, забитыми в грунт на расстоянии, достаточном, чтобы быть вне напряженной зоны, образующейся при загрузке испытуемой сваи.

Осадка сваи измеряется прогибомерами с точностью до 0,1 мм.

При испытании вертикальную нагрузку на сваю увеличивают ступенями, равными 1/10 от ожидаемого предельного сопротивления сваи.

Каждая последующая ступень нагрузки прикладывается после условной стабилизации осадки сваи на предыдущей ступени.

Осадка считается условно стабилизировавшейся, если ее приращение не превышает 0,1 мм за 1 ч наблюдения для песчаных грунтов и за 2 ч для глинистых.

По данным испытания вычерчивается график зависимости осадки от нагрузки, по которому определяется предельное сопротивление испытываемой сваи (рис. 3.19).

Графики испытаний свай делятся на два типа. Для графиков типа 1 характерен резкий перелом, после которого осадка непрерывно возрастает без увеличения нагрузки.

За предельную нагрузку F_u в этом случае принимают ту, которая вызвала непрерывную осадку (срыв сваи).

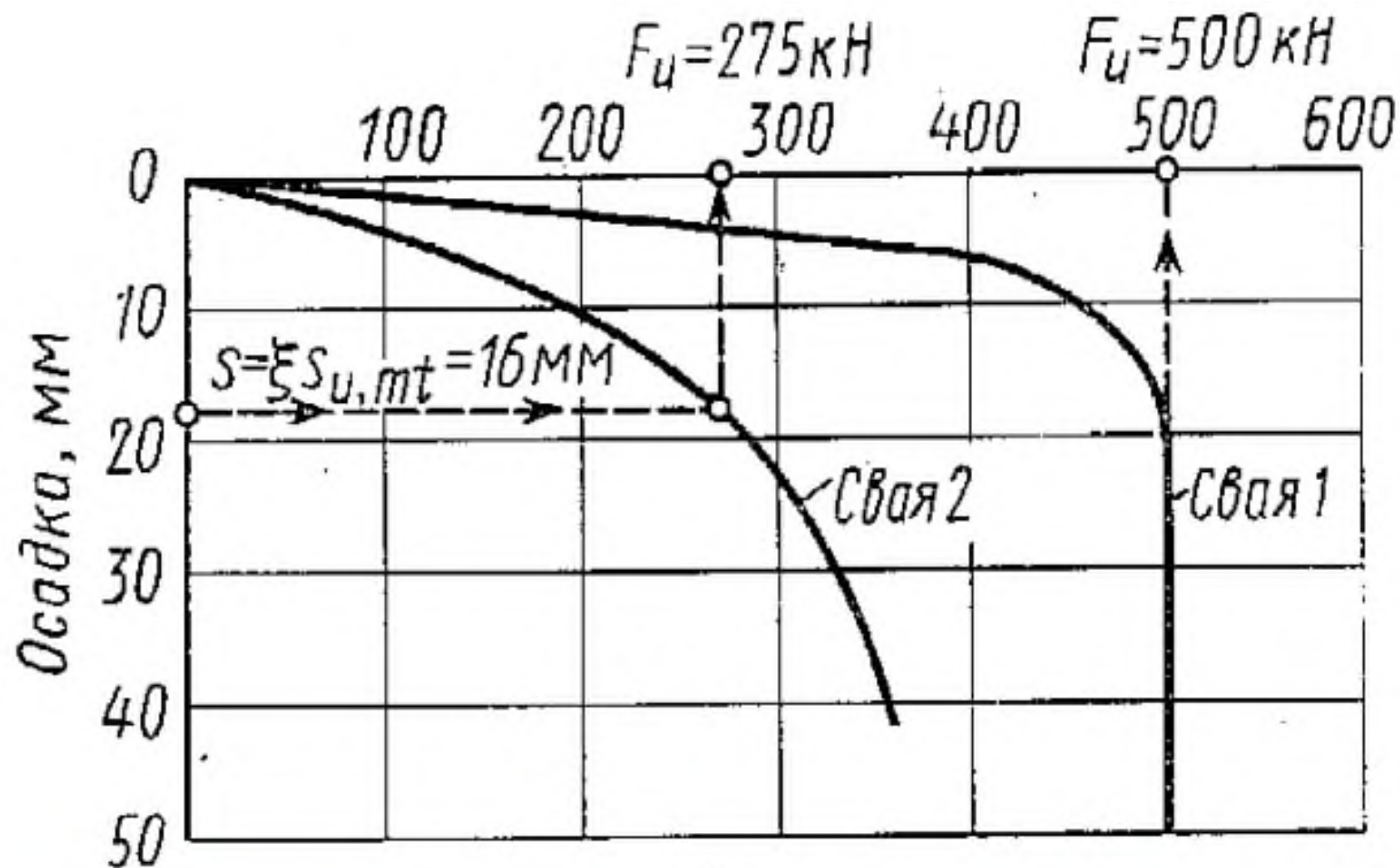


Рис. 3.19. Графики зависимости осадки s свай от нагрузки P , построенные по результатам испытаний свай вертикальной статической нагрузкой

Для графиков типа 2 характерно плавное очертание без резких переломов, что затрудняет определение предельной нагрузки.

Предельной в этом случае считается такая нагрузка, под воздействием которой испытываемая свая получила осадку s

$$s = \zeta s_{u.mt} \quad (3.12)$$

где $s_{u.mt}$ - предельное значение средней осадки фундамента проектируемого здания или сооружения, устанавливаемое по СНиП;
 ζ - коэффициент перехода от предельного значения средней осадки фундамента здания или сооружения $s_{u.mt}$ к осадке s сваи, полученной при статических

испытаниях с условной стабилизацией (затуханием) осадки.

*Значение коэффициента ζ следует принимать равным **0,2** (в случаях, когда испытание свай производят при условной стабилизации, равной 0,1 мм за 1 ч, если под их нижними концами залегают песчаные или глинистые грунты с консистенцией от твердой до тугопластичной, а также за 2 ч, если под их нижними концами залегают глинистые грунты от мягкопластичной до текучей консистенции).*

Коэффициент ζ комплексно учитывает: кратковременность испытания сваи статической нагрузкой по сравнению с длительностью эксплуатации здания (несоответствие между осадкой одиночной сваи и сваи в кусте и т. п).

3.3.3. Метод статического зондирования грунтов

Большое распространение получил метод статического зондирования, как более дешевый и быстрый по сравнению с методом испытания свай статическими нагрузками.

Статическое зондирование заключается во вдавливании в грунт стандартного зонда, состоящего из штанги с конусом на конце (диаметр основания конуса 36 мм, площадь 10 см², угол заострения 60°).

Конструкция зонда позволяет измерять не только общее сопротивление его погружению, но и величину лобового сопротивления конуса.

Учитывая, что характер деформации грунтов при вдавливании свай и при погружении конического зонда статической нагрузкой аналогичен, полученные данные о сопротивлении грунта вдавливанию зонда можно использовать для определения предельного сопротивления свай.

В случае песчаных грунтов и супесей метод обладает достаточной точностью.

Для определения несущей способности свай используются также специальные эталонные сваи сечением 10×10 см двух типов (один из которых позволяет замерять сопротивление грунта только под острием эталонной сваи, а второй - под острием и по ее боковой поверхности).

3.4.1. Метод испытания сваи пробной горизонтальной статической нагрузкой

Этот метод нагрузкой позволяет наиболее точно установить действительное сопротивление сваи действию горизонтального усилия.

При проведении испытаний горизонтальные усилия на сваю создаются гидравлическими домкратами, установленными:

- а) между двумя забитыми сваями;*
- б) между опытной сваей и упором из статического груза, чаще всего из железобетонных блоков (рис. 3.20).*

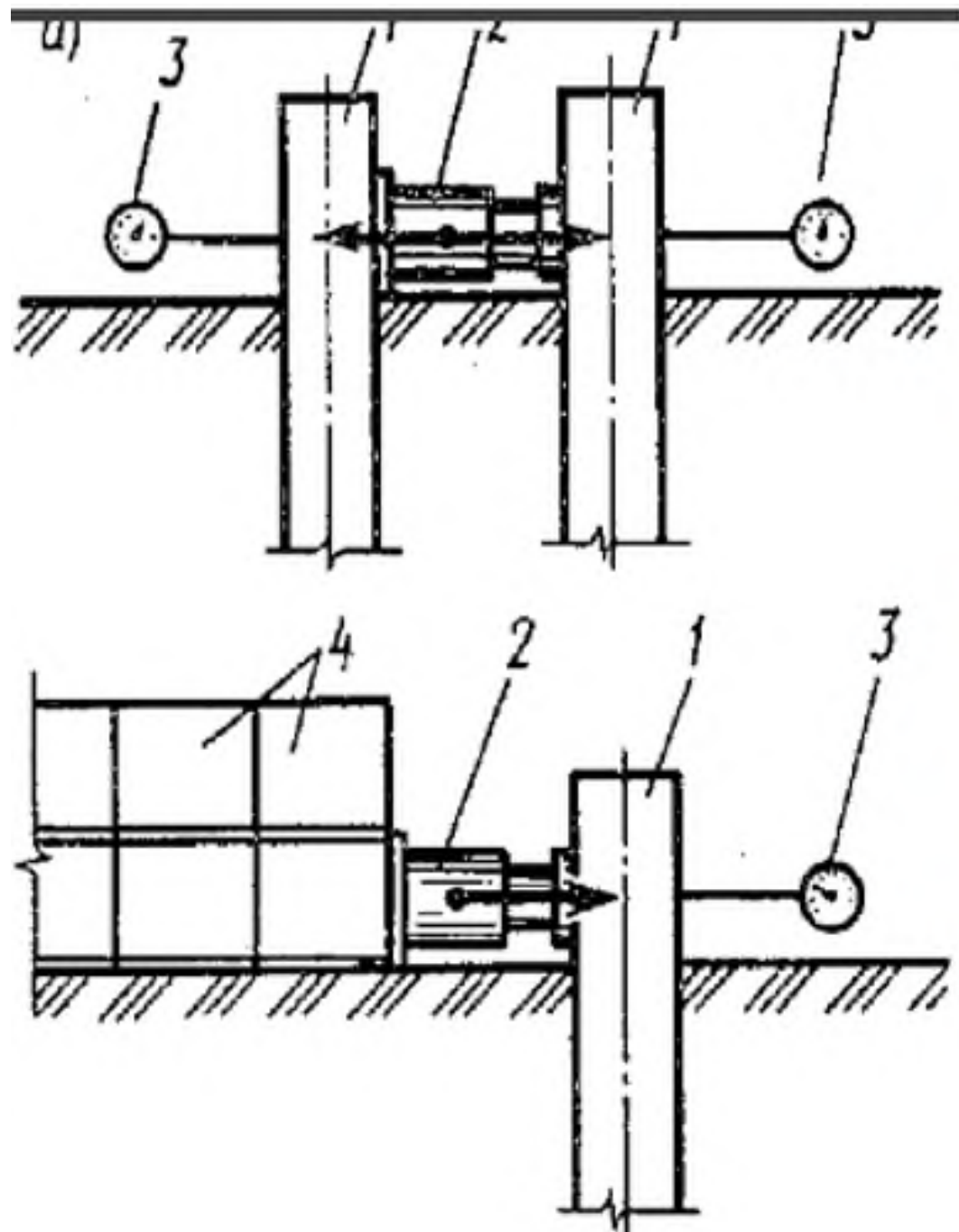


Рис. 3.20. Испытания свай горизонтальной нагрузкой:

1 — опытная свая;
 2 — гидравлический домкрат;
 3 — прогибомер;
 4 — упор из статического груза

По результатам испытаний строятся графики зависимости горизонтальных перемещений сваи от нагрузок (рис. 3.21), по которым и определяется предельное сопротивление сваи.

За предельное сопротивление сваи F_u принимается нагрузка на одну ступень менее той, без увеличения которой перемещения сваи непрерывно возрастают.

Несущую способность F_d горизонтально нагруженных свай по результатам испытаний определяют по формуле

$$F_d = \gamma_c F_{u,n} / \gamma_g, \quad (3.13)$$

при коэффициенте условий работы $\gamma_c = 1$.

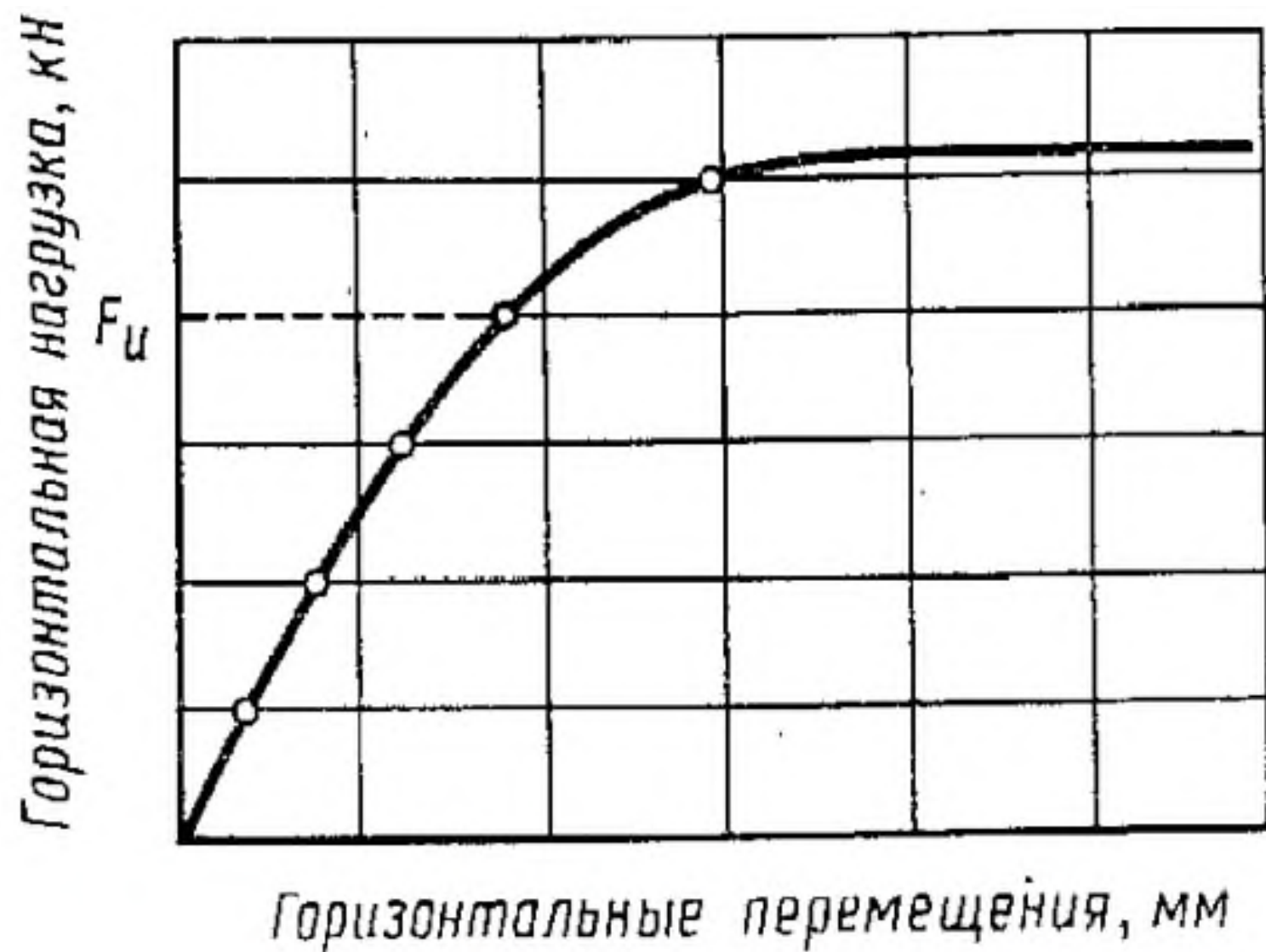


Рис. 3.21. График зависимости горизонтальных перемещений сваи от горизонтальной нагрузки

3.4.2. Математические методы расчета свай на горизонтальные нагрузки

Математические методы расчета свай на горизонтальные нагрузки можно разделить на две группы в зависимости от характера деформаций свай в грунте.

Первая группа методов разработана для коротких жестких свай, которые под действием горизонтальной нагрузки поворачиваются в грунте без изгиба (как это показано на рис. 3.22, а).

Разрушение системы «свая - грунт» происходит за счет потери устойчивости грунтом основания.

Расчет базируется на положениях теории предельного равновесия грунтов.

За предельную принимается такая горизонтальная нагрузка, при которой реактивный отпор грунта у нижнего конца сваи достигнет предельного значения.

Вторая группа методов разработана для изгибаемых в грунте свай (под действием горизонтальных нагрузок (рис. 3.22, б)).

Сопротивление таких свай, называемых длинными гибкими, определяется прочностью материала сваи на изгиб.

Методы расчета второй группы основаны на использовании модели местных упругих деформаций.

По этому методу вертикальная свая рассматривается как балка на упругом основании, загруженная на одном конце.

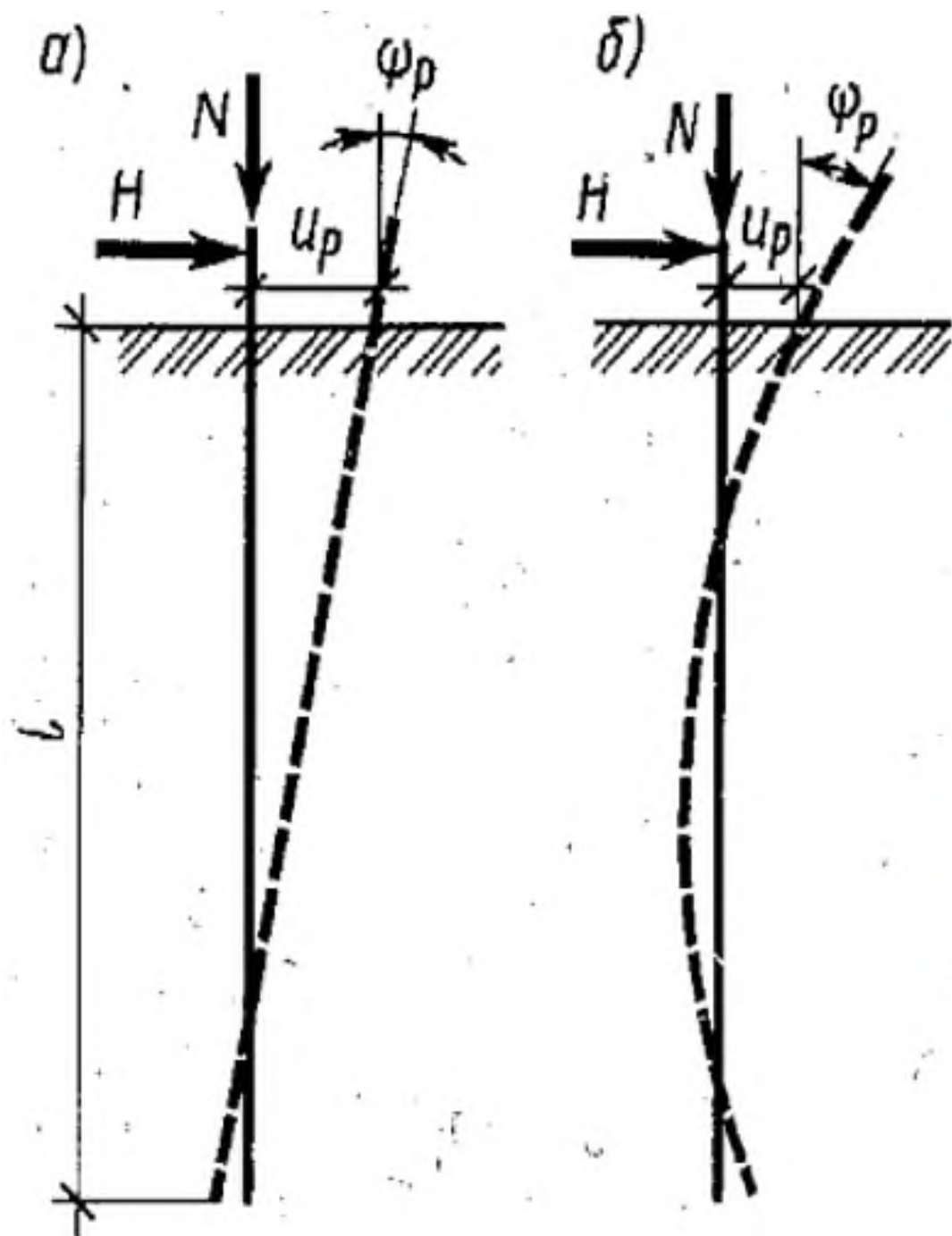


Рис. 3.22. Схемы работы горизонтально нагруженных свай:
 а) короткая жесткая свая;
 б) длинная гибкая свая

3.5. Расчет и проектирование свайных фундаментов

3.5.1. Основные положения расчета

Расчет свайных фундаментов и их оснований производят по двум группам предельных состояний:

по первой группе:

- а) по несущей способности грунта основания свай;*
- б) по устойчивости грунтового массива со свайным фундаментом;*
- в) по прочности материала свай и ростверков;*

по второй группе:

- а) по осадкам свайных фундаментов от вертикальных нагрузок;*

б) по горизонтальным перемещениям свай совместно с грунтом оснований от действия горизонтальных нагрузок и моментов;

в) по образованию или раскрытию трещин в элементах железобетонных конструкций свайных фундаментов.

Расчет по несущей способности грунтов основания заключается в выполнении условия

$$N \leq \frac{\gamma_0 F_d}{\gamma_n \gamma_k}, \quad (3.14)$$

где N - расчетная нагрузка, передаваемая на сваю (продольное усилие, возникающее в ней от расчетных

нагрузок, действующих на фундамент при наиболее невыгодном их сочетании), определяемая по формуле

$$N = \frac{N_d}{n} \pm \frac{M_x y}{\sum y_i^2} + \frac{M_y x}{\sum x_i^2} \quad (3.15)$$

где N_d - расчетная сжимающая сила, кН, передаваемая на свайный ростверк в уровне его подошвы;

M_x, M_y - передаваемые на свайный ростверк в плоскости подошвы расчетные изгибающие моменты, кН·м, относительно главных центральных осей x и y плана свай в плоскости подошвы ростверка;

n - количество свай в фундаменте;

x_i, y_i - расстояния от главных осей до оси каждой сваи, м;

x, y - расстояния от главных осей до оси каждой сваи, для которой вычисляют расчетную нагрузку, м.

F_d - несущая способность (предельное сопротивление) грунта основания одиночной сваи, называемая в дальнейшем несущей способностью сваи;

γ_0 - коэффициент условий работы, учитывающий повышение однородности грунтовых условий при применении свайных фундаментов (принимаемый равным $\gamma_0 = 1$ при односвайном фундаменте и $\gamma_0 = 1,15$ при кустовом расположении свай);

γ_n - коэффициент надежности по назначению ((ответственности) сооружения, принимаемый равным 1,2; 1,15 и 1,10 соответственно для сооружений I, II и III уровней ответственности);

γ_k - коэффициент надежности по грунту, (принимаемый равным 1,2 - если несущая способность сваи определена по результатам полевых испытаний статической нагрузкой).

Расчет свайных фундаментов по предельному состоянию второй группы (по деформациям) при действии вертикальных нагрузок производят исходя из условия

$$S \leq S_u, \quad (3.16)$$

где s - совместная деформация свай, свайного фундамента и сооружения (осадка, перемещение, относительная разность осадок свай, свайных фундаментов и т.п.), определяемая расчетом;

s_u - предельное значение совместной деформации основания свай, свайного фундамента и сооружения, устанавливаемое по СНиП.

Расчет по горизонтальным перемещениям свайных фундаментов от действия горизонтальных нагрузок и моментов заключается в выполнении условий

$$u_p \leq u_u; \quad \psi_p \leq \psi_u \quad (3.17)$$

где u_p и ψ_p — расчетные значения соответственно

горизонтального перемещения головы сваи, м, и угла ее поворота, рад (рис. 3.22);

u_u и ψ_u - их предельные значения, устанавливаемые в задании на проектирование.

3.5.2. Выбор конструкции свайного фундамента

Выбор конструкции свайного фундамента (вид свай, тип свайного фундамента и ростверка) производится исходя из конкретных условий строительной площадки, на основе результатов сравнения возможных вариантов проектных решений.

Нижние концы свай заглубляют в плотные грунты с высокими расчетными характеристиками, прорезая напластования слабых грунтов.

Заглубление забивных свай в грунт, принятый за основание под их нижние концы, должно быть не менее 1 м.

Исключение составляют твердые глинистые грунты, гравелистые, крупные и средней крупности пески, в которых допускается иметь заглубление 0,5 м.

Тип свайного ростверка выбирается в зависимости от назначения и конструкции сооружения.

Чаще устраиваются фундаменты с низким ростверком, высокие ростверки применяют в основном в опорах мостов.

Глубину заложения подошвы низкого ростверка назначают в зависимости от конструктивных решений подземной части здания или сооружения.

Чаще всего ростверк располагают ниже пола подвала.

В пучинистых грунтах ростверк закладывается ниже расчетной глубины промерзания.

В противном случае предусматриваются меры, предотвращающие или уменьшающие влияние на него сил морозного пучения грунта.

К таким мерам относится, например, создание воздушного зазора между подошвой ростверка и поверхностью грунта, а для ростверков под наружные стены - подсыпка под подошвой ростверка слоя шлака толщиной не менее 0,3 м или песка толщиной не менее 0,5 м.

Там, где это возможно и целесообразно, прибегают к безростверковому решению свайных фундаментов, совмещая сваю и колонну или используя конструкции, состоящие из одиночных свай, насадок и колонн.

3.5.3. Определение числа свай в фундаменте и размещение их в плане

3.5.3.1. Центральнао нагруженный свайный фундамент

Зная несущую способность сваи F_d и принимая, что ростверк обеспечивает равномерную передачу нагрузки на все сваи фундамента, необходимое число свай n в кусте или на 1 м длины ленточного свайного фундамента определяют по формуле

$$n = \gamma_k N_{01} / F_d \quad (3.17)$$

где γ_k — коэффициент надежности по грунту;

N_{01} — расчетная нагрузка на куст, кН, или на 1 м длины ленточного фундамента, кН/м.

Для отдельно стоящего фундамента (куста свай) полученное по формуле (3.17) число свай округляется в сторону увеличения до целого числа.

Сваи в кусте надо разместить таким образом, чтобы ростверк получился наиболее компактным, при этом сваи можно располагать по прямоугольной сетке или в шахматном порядке.

Расстояние между осями свай принимается $a=3d$ (при меньшем расстоянии между осями свай трудно, а иногда и просто невозможно забить из-за чрезмерного уплотнения грунта межсвайного пространства.

При большем расстоянии - значительно увеличиваются размеры ростверка), а расстояние от крайнего ряда свай до края ростверка — $1d$. Примеры размещения свай в кустах были показаны на рис. 3.23, а.

Ростверки кустов свай конструируются как обычные фундаменты мелкого заложения и рассчитываются на продавливание колонной или угловой сваей, на поперечную силу в наклонных сечениях и на изгиб.

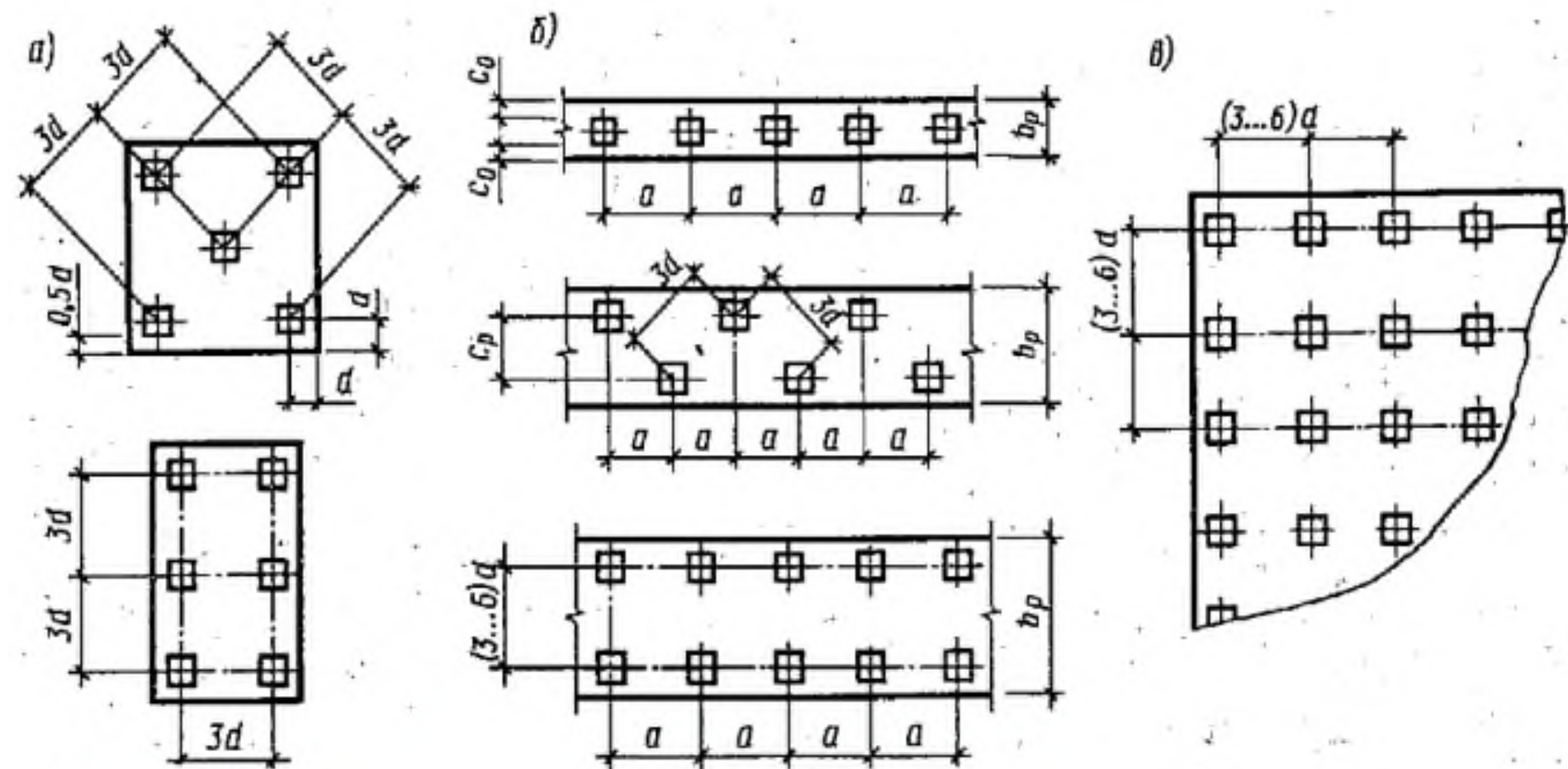


Рис. 3.23. Виды свайных фундаментов:
 а — свайный куст; б — ленточный; в — сплошное
 свайное поле

Все расчеты производятся в соответствии с требованиями СНиП «Бетонные и железобетонные конструкции».

Если сваи куста работают только на сжимающую нагрузку, то достаточно их заделки в ростверк на 5... 10 см.

Если сваи воспринимают выдергивающие нагрузки или моменты, то их связь с ростверком делают более надежной, для чего головы свай разбивают и обнаженную арматуру замоноличивают в бетон ростверка.

После размещения свай в плане и уточнения габаритных размеров ростверка определяют нагрузку N , приходящуюся на каждую сваю, и проверяют условие

$$N = \frac{N_{01} + G_f + G_g}{n} \leq \frac{\gamma_0 F_d}{\gamma_n \gamma_k}, \quad (3.18)$$

где N_{01} , n , F_d и γ_k - то же, что и в формуле (3.17);

G_f и G_g — расчетные нагрузки от веса фундамента и грунта на обрезах ростверка, кН.

Если условие (3.18) не выполняется, то необходимо увеличить число свай в фундаменте и повторить расчет.

Для свайного фундамента под стену (ленточный свайный фундамент) число свай на 1 м, найденное по формуле (3.17), может быть дробным. Расчетное расстояние между осями свай по длине стены определяется по формуле

$$\underline{a} = 1/n \quad (3.19)$$

Полученный результат округляется таким образом, чтобы шаг свай был кратен 5 см. В зависимости от величины a определяется число рядов свай, при этом расстояние между осями свай принимается не менее 3d.

Рекомендуются следующие варианты размещения свай в плане (см. рис. 3.23, б):

- однорядное, если $3d < a < 6d$. Расстояние между осями свай более $6d$ принимать не рекомендуется, так как в этом случае значительно увеличиваются размеры ростверка.

Если по расчету $a > 6d$, то можно изменить длину или сечение свай, чтобы уменьшить ее несущую способность;

- двухрядное шахматное, если $n < 2$ и $1,5d < a \leq 3d$.

Расстояние между двумя рядами свай c_p в этом случае определяется по формуле

$$c_p = \sqrt{(3d^2) - a^2} \leq 3d; \quad (3.20)$$

- двухрядное, если $n > 2$ и $a = 1,5d$. Расстояние между рядами принимается $c_p = 3d$.

Из-за значительного увеличения размера ростверка принимают, как правило, не более двух рядов свай.

Если же по расчету получается $a < 1,5d$, то лучше увеличить длину свай или ее сечение, т. е. несущую способность.

Ширину ростверка ленточного свайного фундамента определяют по формуле

$$b_p = d + 2c_o + (m - 1)c_p, \quad (3.21)$$

где $c_o = 0,1$ м - расстояние от края ростверка до грани сваи;

m - число рядов свай,

c_p - расстояние между рядами свай, м.

3.5.5.2. Внецентренно нагруженный свайный фундамент

Предварительное число свай при внецентренном нагружении свайного фундамента определяют, так же как и при центральной нагрузке, по формуле

$$n = \gamma_k N_{0I} / F_d$$

а затем увеличивают приблизительно на 20%.

Расчетную нагрузку, приходящуюся на отдельную сваю, в общем случае, когда моменты действуют в направлении двух осей, определяют по формуле внецентренного сжатия

$$N_{\frac{\max}{\min}} = \frac{N_d}{n} \pm \frac{M_x y}{\sum y_i^2} \pm \frac{M_y x}{\sum x_i^2} \quad (3.22)$$

где N_d, M_x, M_y - соответственно расчетная вертикальная нагрузка, кН, и расчетные изгибающие моменты, кН·м, относительно главных центральных осей x и y плана свай в плоскости подошвы ростверка (рис. 3.24);

n - число свай в фундаменте;

x_i, y_i — расстояния от главных осей до оси каждой сваи, м;

x, y - расстояния от главных осей до оси сваи, для которой вычисляется расчетная нагрузка, м.

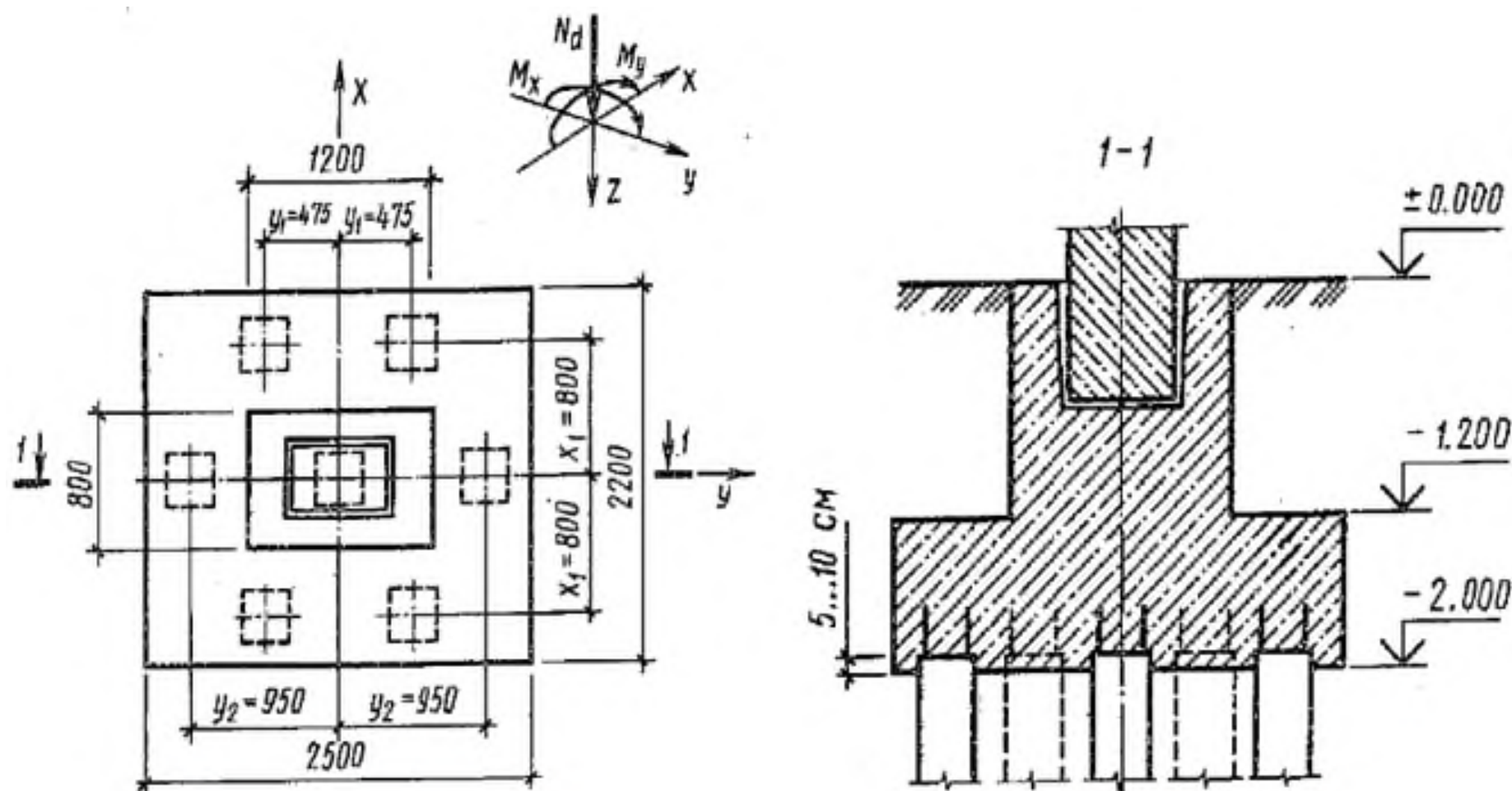


Рис. 3.24. Внецентренно нагруженный свайный фундамент

Максимальное усилие на сваю, найденное по формуле (3.22), должно удовлетворять условию

$$N \leq \frac{\gamma_0 F_d}{\gamma_n \gamma_k},$$

При кратковременных (ветровых, крановых и т. п.) и особых нагрузках допускается перегрузка крайних свай до 20%.

Если это условие не удовлетворяется, необходимо увеличить число свай в фундаменте или расстояние между ними.

При передаче на крайние сваи куста выдергивающих нагрузок должно выполняться условие

$$N_{\min} \leq \frac{\gamma_0 F_{du}}{\gamma_n \gamma_k}, \quad (3.23)$$

где F_{du} - несущая способность сваи, работающей на выдер-

выдерживание, определяемая по формуле (3.24)

$$F_{du} = \gamma_c u \Sigma \gamma_{cf} f_i h_i \quad (3.24)$$

где γ_c - коэффициент условий работы свай в грунте (для свай, погружаемых в грунт на глубину менее 4 м, $\gamma_c = 0,6$, на глубину 4 м и более $\gamma_c = 0,8$ - для всех сооружений, кроме опор воздушных линий электропередачи;

и - периметр поперечного сечения ствола свай, м;

γ_{cf} - коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности свай, зависящий от способа образования скважины и условий бетонирования.

3.6. Расчет осадки свайного фундамента

Сложность определения осадки свайных фундаментов связана с тем, что они передают нагрузку на грунт основания одновременно через боковую поверхность и нижние концы свай, при этом соотношение передаваемых

нагрузок зависит от многих факторов: числа свай в фундаменте, их длины, расстояния между сваями, свойств грунта и степени его уплотнения при погружении свай.

В связи с этим при разработке методов расчета осадок свайных фундаментов принимаются допущения, снижающие их точность. С другой стороны, чем точнее расчетная схема отражает фактическую работу свайного фундамента, тем сложнее методика расчета.

В настоящее время в большинстве случаев свайный фундамент при расчете его осадок рассматривается как условный массивный фундамент на естественном основании.

Это означает, что сваи, грунт межсвайного пространства, а также некоторый объем грунта, примыкающего к наружным сторонам свайного фундамента, рассматриваются как единый массив АБВГ (рис. 3.25, а), ограниченный снизу плоскостью проходящей

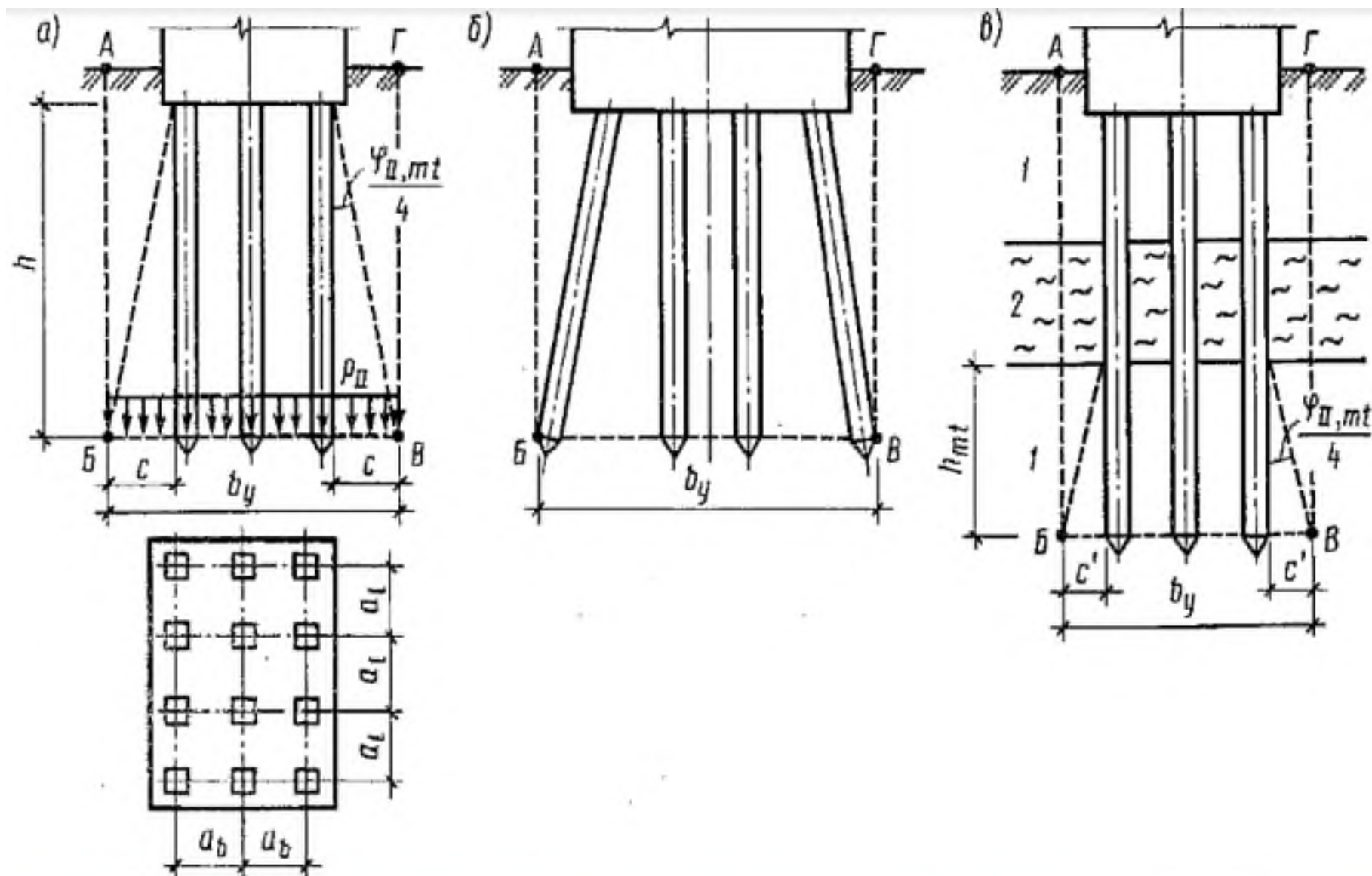


Рис. 3.25. Схемы условных фундаментов для расчета по второй группе предельных состояний

через нижние концы свай, а с боков — вертикальными плоскостями АБ и ВГ, отстоящими от наружных граней крайних рядов вертикальных свай на расстоянии c , равном

$$c = h \operatorname{tg}(\varphi_{II,mt}/4) \quad (3.25)$$

где h - глубина погружения свай в грунт, считая от подошвы ростверка, м;

$\varphi_{II,mt}$ - осредненное расчетное значение угла внутреннего трения грунта:

$$\varphi_{II,mt} = \Sigma \varphi_{II,i} \cdot h_i / \Sigma h_i , \quad (3.26)$$

$\varphi_{II,i}$ - расчетные значения углов внутреннего трения для отдельных пройденных сваями слоев грунта толщиной h_i

Размеры подошвы условного фундамента при определении его границ по этим правилам находим по формулам:

$$\begin{aligned} b_y &= a_b(m_b - 1) + d + 2c; \\ l_y &= a_l(m_l - 1) + d + 2c, \end{aligned} \quad (3.27)$$

где a_b и a_l - расстояния между осями свай соответственно по поперечным и продольным осям, м;
 m_b и m_l - количество рядов свай по ширине и длине фундамента (на рис. 3.25,а $m_b = 3$; $m_l = 4$);
 d - диаметр круглого или сторона квадратного сечения свай, м.

При наличии в фундаменте наклонных свай плоскости АБ и ВГ проходят через их концы (рис. 3.25,б). Размеры подошвы условного фундамента в этом случае определяются расстояниями между нижними концами наклонных свай.

Если в пределах глубины погружения свай залегают слои торфа или ила толщиной более 30 см, то, поскольку трение в них принимается равным нулю, осадку свайного фундамента из висячих свай определяют с учетом уменьшенных габаритов

условного фундамента, который принимается ограниченным с боков вертикальными плоскостями, отстоящими от наружных граней крайних рядов свай на расстоянии c' , определяемом как

$$c' = h_{mt} \operatorname{tg}(\varphi_{II,mt}/4) \quad (3.28)$$

где h_{mt} - расстояние от нижнего конца сваи до подошвы слоя торфа или ила (рис. 3.25,в), м;

$\varphi_{II,mt}$ - осредненное расчетное значение угла внутреннего трения грунта, определяемое по формуле (3.26) для слоев, залегающих ниже слоя торфа или ила.

Во всех рассмотренных случаях при определении осадок расчетная нагрузка, передаваемая условным фундаментом на грунт основания, принимается равномерно распределенной.

Расчет осадки свайного фундамента, как условного массивного, выполняется теми же методами, что и расчет фундамента мелкого заложения.

При этом также требуется выполнение условия, чтобы

среднее давление p_{II} по подошве условного фундамента не превышало расчетное сопротивление грунта основания R на этой глубине, т. е.

$$p_{II} = N_{II}/A_y \leq R \quad (3.29)$$

*где A_y - площадь подошвы условного фундамента, m^2 ;
 N_{II} - расчетная нагрузка по второй группе предельных состояний, кН, определяемая с учетом собственного веса условного фундамента по формуле*

$$N_{II} = N_{oII} + N_{cII} + N_{pII} + N_{zII}, \quad (3.30)$$

где N_{oII} - расчетная нагрузка от веса здания или сооружения на уровне верхнего обреза фундамента, кН; .

N_{cII} , N_{pII} , N_{zII} - вес соответственно свай, ростверка и грунта в объеме условного фундамента АБВГ, кН.

Расчетное сопротивление грунта основания R определяется, как и при расчете фундаментов мелкого

заложения, по формуле (2.11), но с заменой фактической ширины и глубины заложения фундамента на условные.

Осадка свайного фундамента s определяется, как правило, методом элементарного суммирования.

Последовательность расчета та же, что и в случае фундамента мелкого заложения. Полная осадка фундамента, определенная по формуле

$$s = \sum s_i = \beta \sum \sigma_{zpi} h_i / E_i \quad (3.31)$$

не должна превышать ее предельного значения в соответствии с условием

$$s \leq s_w$$

Как и для фундаментов мелкого заложения, кроме вычисления осадок расчет свайных фундаментов по деформациям включает также проверку относительной разности осадок, а при действии внецентренных нагрузок - и кренов.