

33 вопрос (2 раздел)

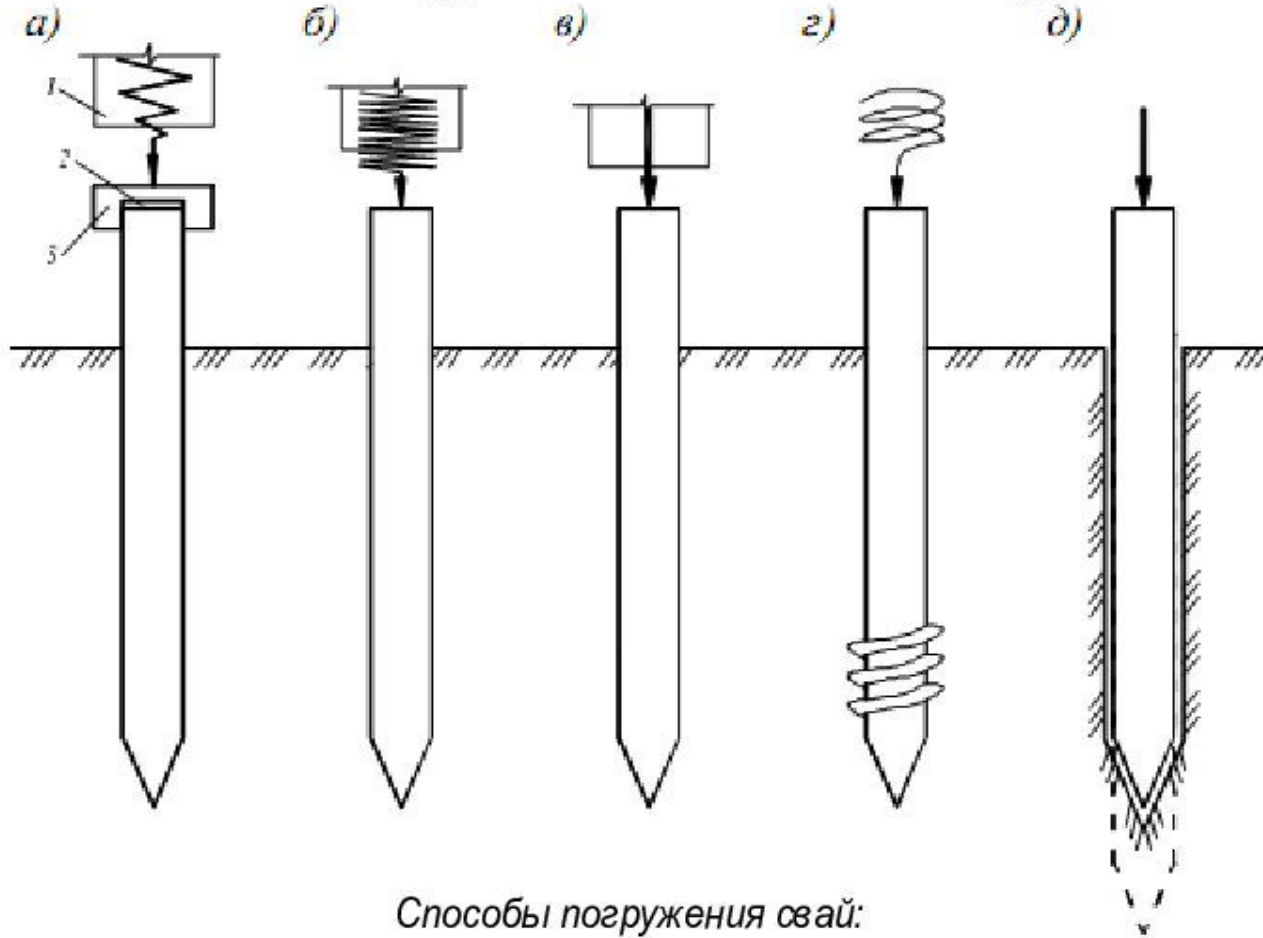
“Отличие работы одиночной сваи от группы свай”

ПГС-152 Крупский Глеб

# Что называется сваем?

## Свайные фундаменты

### Способы погружения готовых свай в грунт



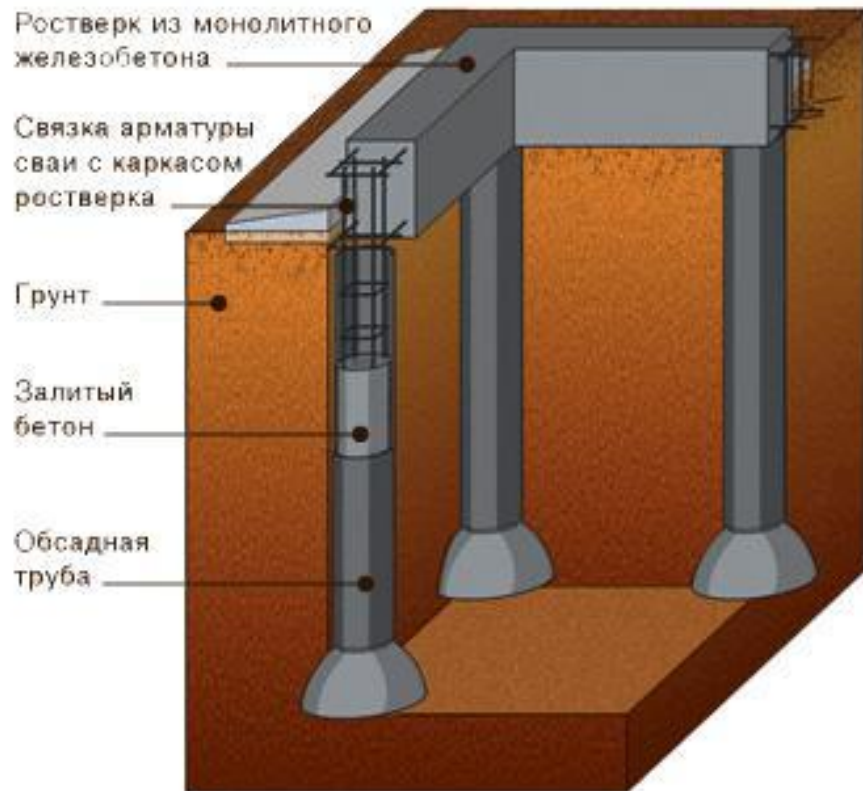
Способы погружения свай:

а – забивка; б – вибропогружение; в – задавливание; г – завинчивание; д – погружение в лидер (в очень плотных грунтах, промерзших грунтах); 1 – молот; 2 – металлический оголовок; 3 – деревянная или резиновая прокладка (для смягчения удара)

- Сваем называется стержень, погружаемый в готовом виде в грунт или изготовленный непосредственно в скважине в грунтовом массиве. Свая передает нагрузку на основание как нижним торцом, так и трением, возникающим по ее боковой поверхности при перемещении.

# Когда возникает необходимость устройства свайных фундаментов?

## Буронабивные сваи



Верхняя часть сваи называется головой, нижний конец ее ограничивается острием. Между ними находится тело сваи, ограничиваемое ее боковой поверхностью.

Необходимость устройства свайных фундаментов возникает, если верхние слои грунтов являются слабыми, малопрочными и сильносжимаемыми, то есть они являются малопригодными для устройства на них фундаментов мелкого заложения без улучшения свойств грунтов.

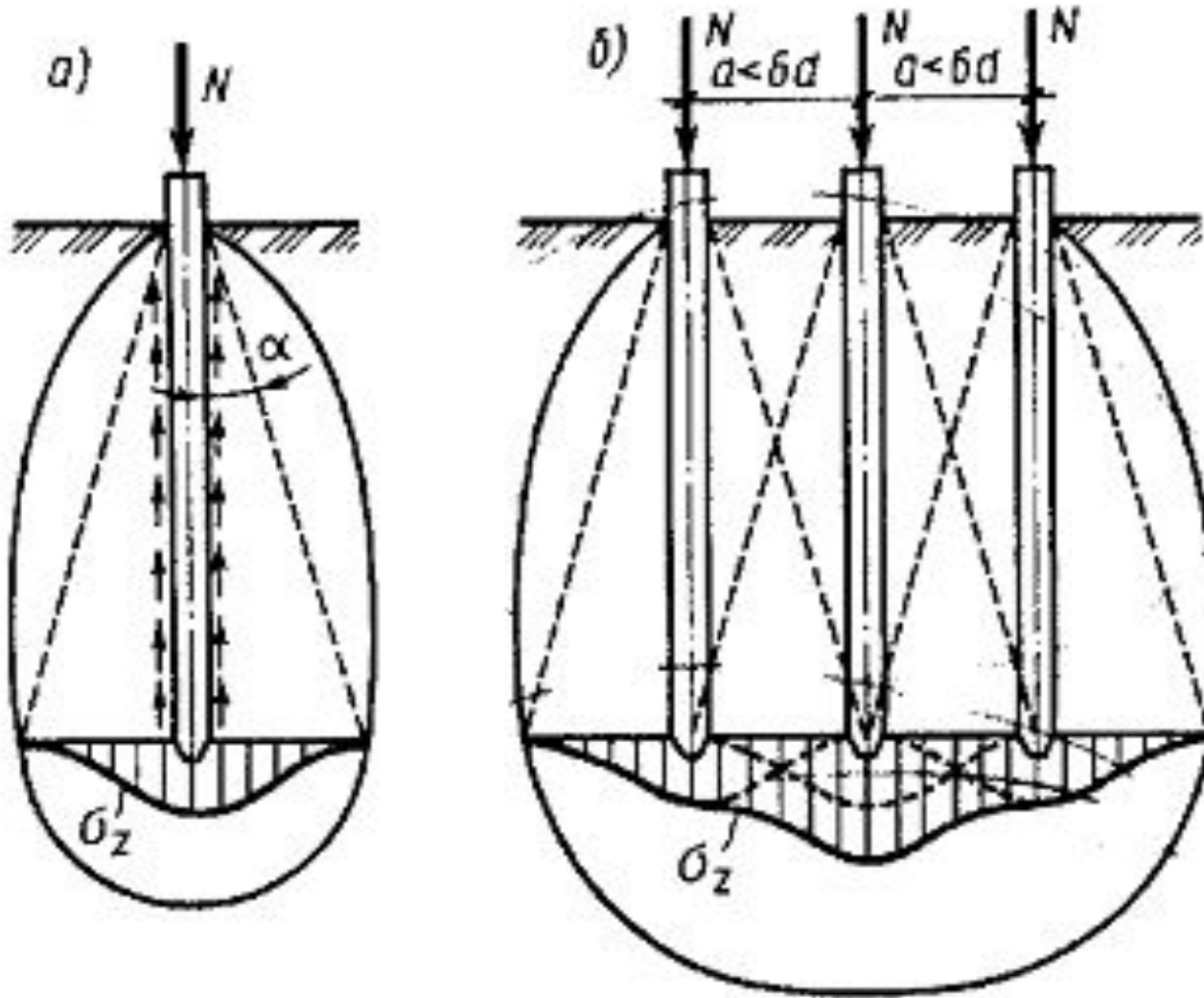


# Когда возникает необходимость устройства свайных фундаментов?



- Сваи передают нагрузки от сооружения на нижние, как правило, более уплотненные и прочные слои грунта. Свайные фундаменты применяются, если они являются в рассматриваемых условиях более экономичными и индустриальными.

# Отличие работы одиночной сваи от группы свай

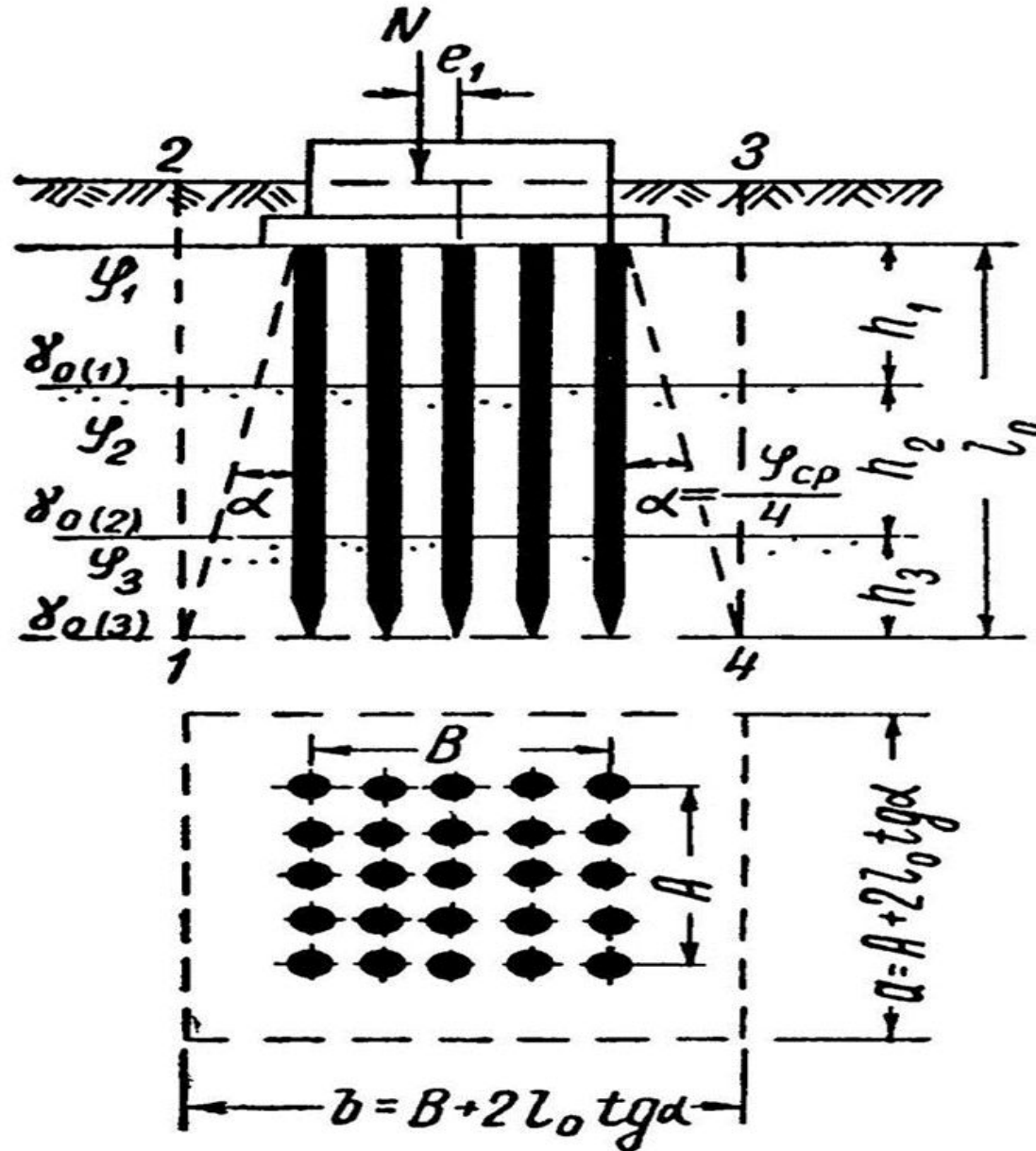


Работа в грунте висячих свай, размещенных на близком расстоянии друг от друга отличаются от работы одиночной сваи, что связано с проявление кустового эффекта. Несущая способность выделенной кустовой висячей сваи меньше несущей способности одиночной сваи.

Рис. 5.18. Схемы передачи нагрузки на грунт основания:  
а – одиночной свайей; б – группой свай

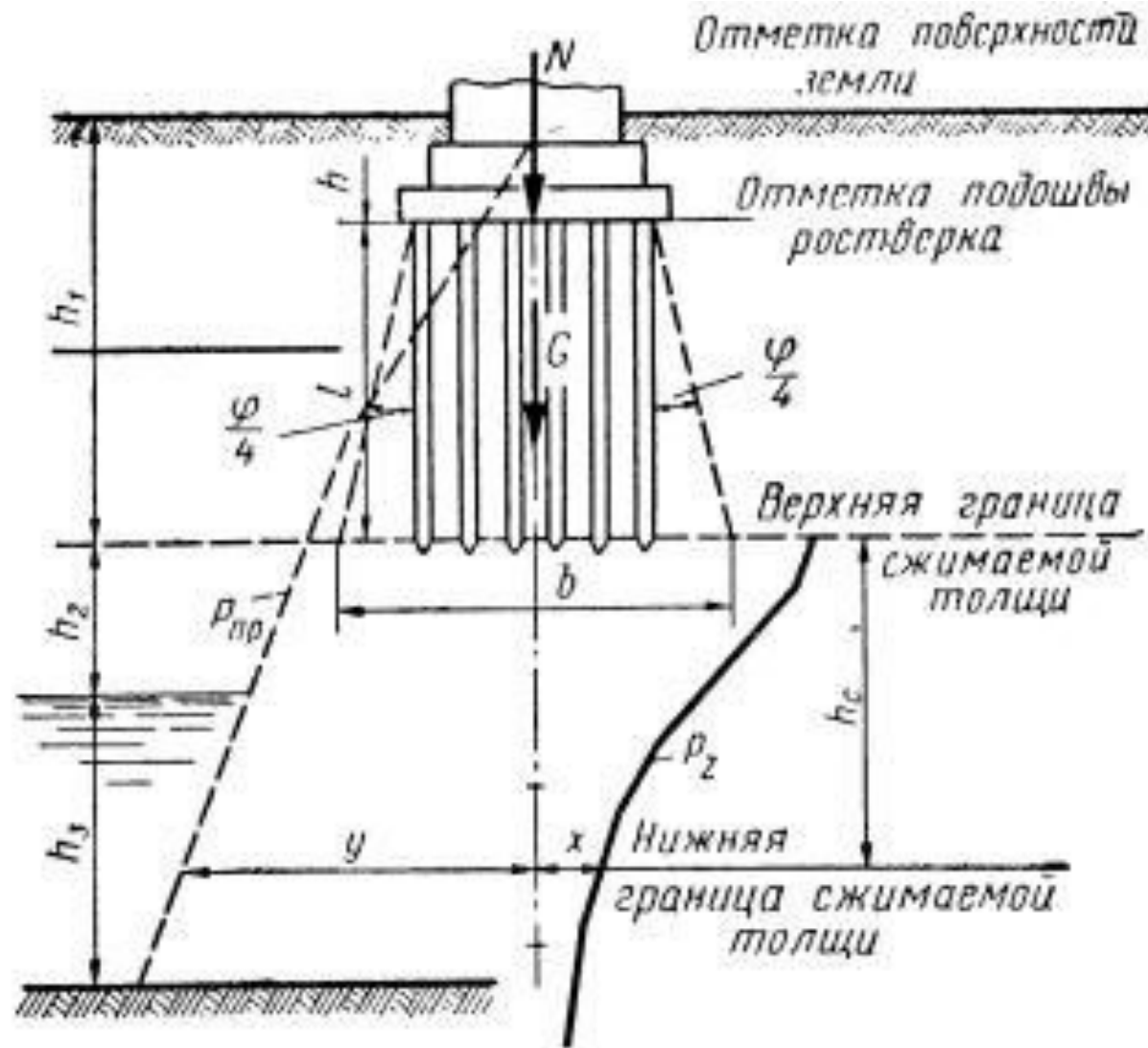


# Размещения висячих свай в плане свайного фундамента



- Осадка куста одиночной загруженной сваи больше осадки одиночной сваи. Объясняется это тем, что после погружения группы близко расположенных свай грунт между ними оказывается включенным в работу вместе со сваями в единый свайно-грунтовый массив. При этом нормальное напряжение. На грунт от сил трения по боковой поверхности и бокового давления свай в уровне их нижних концов будут суммироваться, что усиливает напряженное состояние грунта по глубине основания фундамента и увеличив.

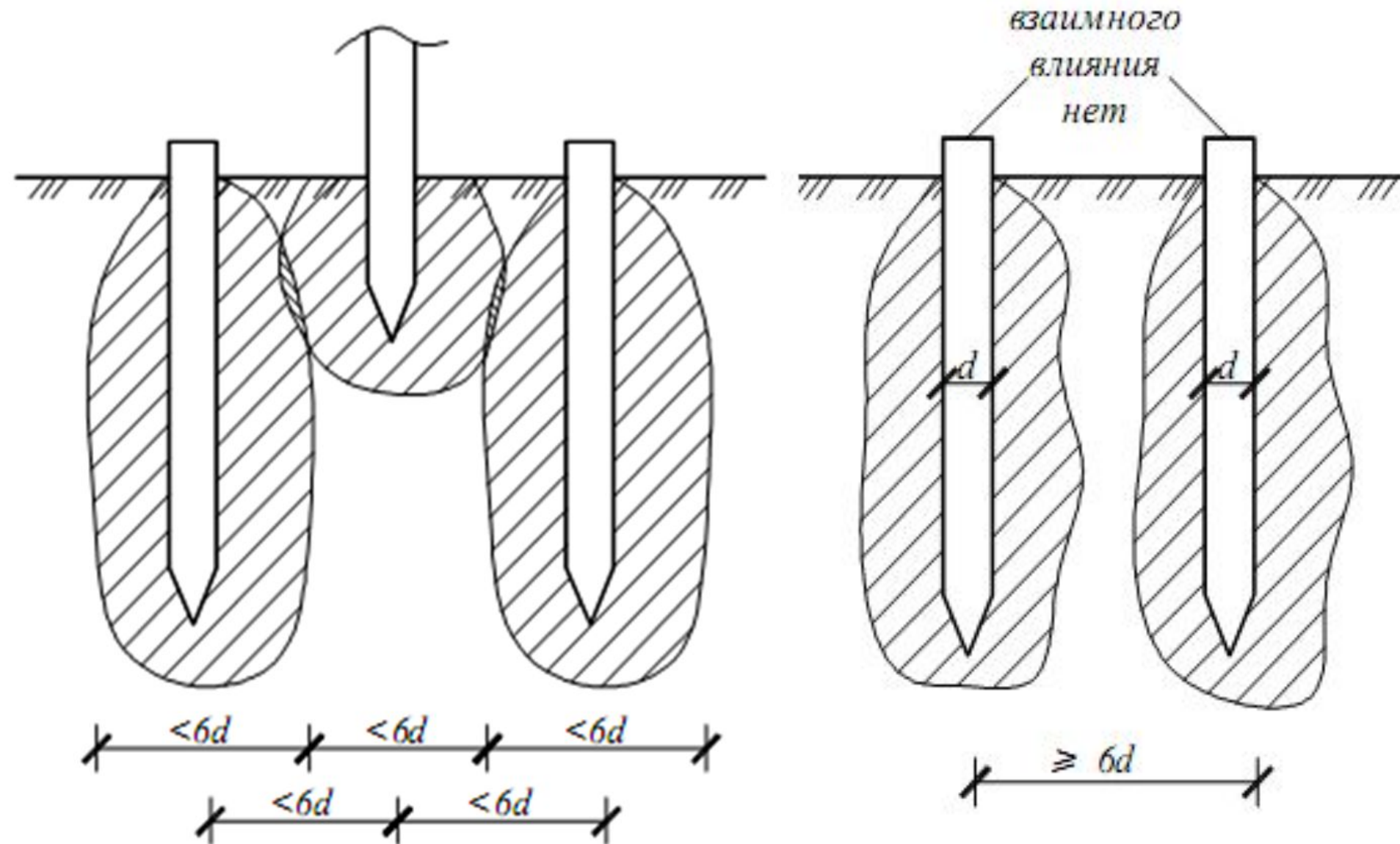
# Размещения висячих свай в плане свайного фундамента



- После размещения висячих свай в плане свайного фундамента производится проверка прочности его основания. При этом, помимо расчета отдельных свай, производят проверку прочности основания куста в целом по напряжениям на грунт в плоскости нижних концов свай, как для условного массивного фундамента.

Рис. 141. К расчету осадки свайного фундамента

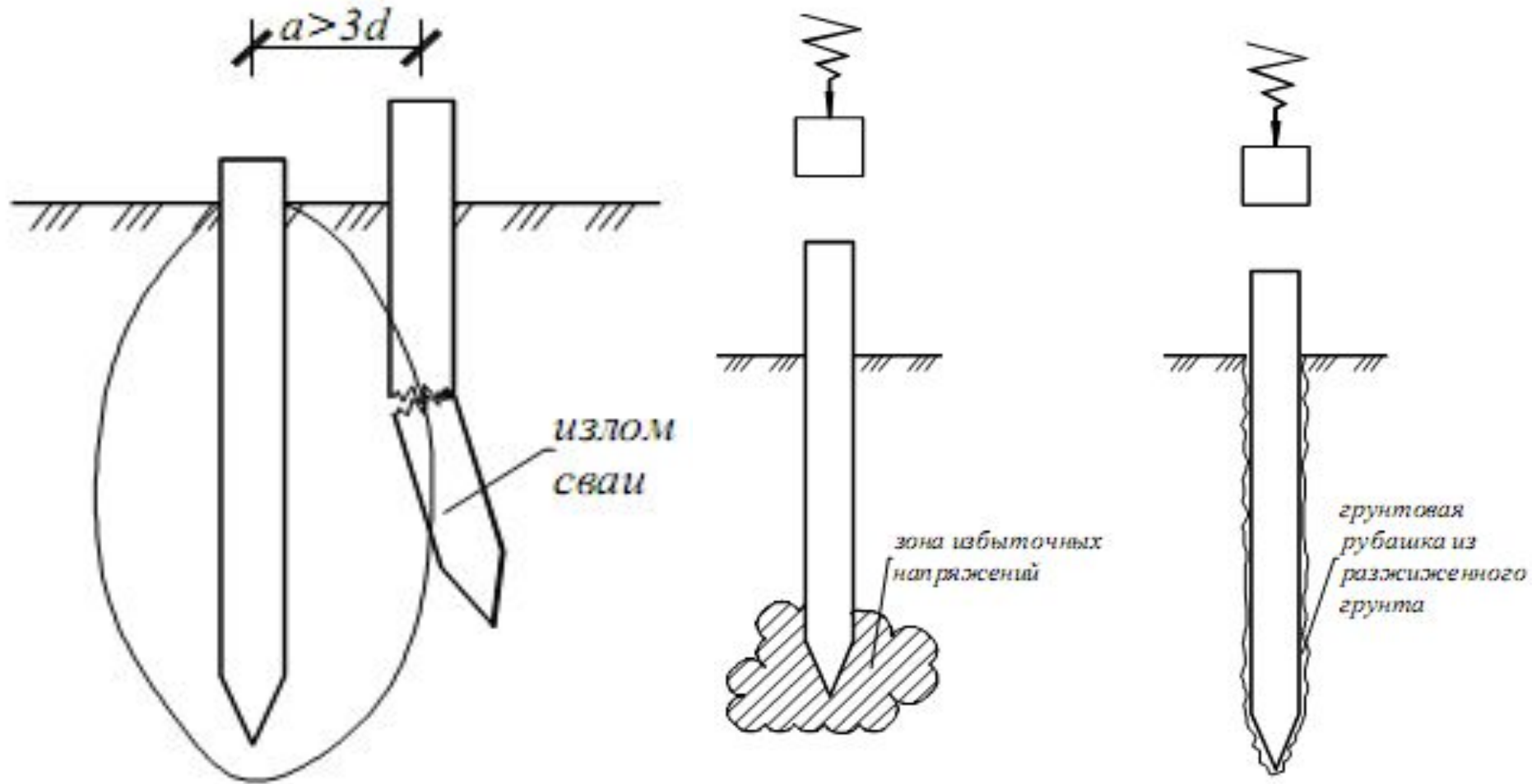
# Взаимодействие свай с окружающим грунтом



- Висячие сваи можно рассматривать работающие, как одиночные, если расстояние между их осями составляет более  $6d$ . При расстоянии менее  $3d$  снижение несущей способности сваи по грунту может достигать 30%. Для свай стоек наличие кустового эффекта не наблюдается, а их расположение относительно друг друга задается конструктивно.



# Взаимодействие свай с окружающим грунтом



- Скорость погружения сваи принято характеризовать величиной ее погружения от одного удара, называемой отказом сваи (чем меньше отказ, тем, очевидно, больше несущая способность сваи).
- Отказ определенный после отдыха свай и характеризующий ее действительную несущую способность — действительным отказом.

# Взаимодействие свай с окружающим грунтом

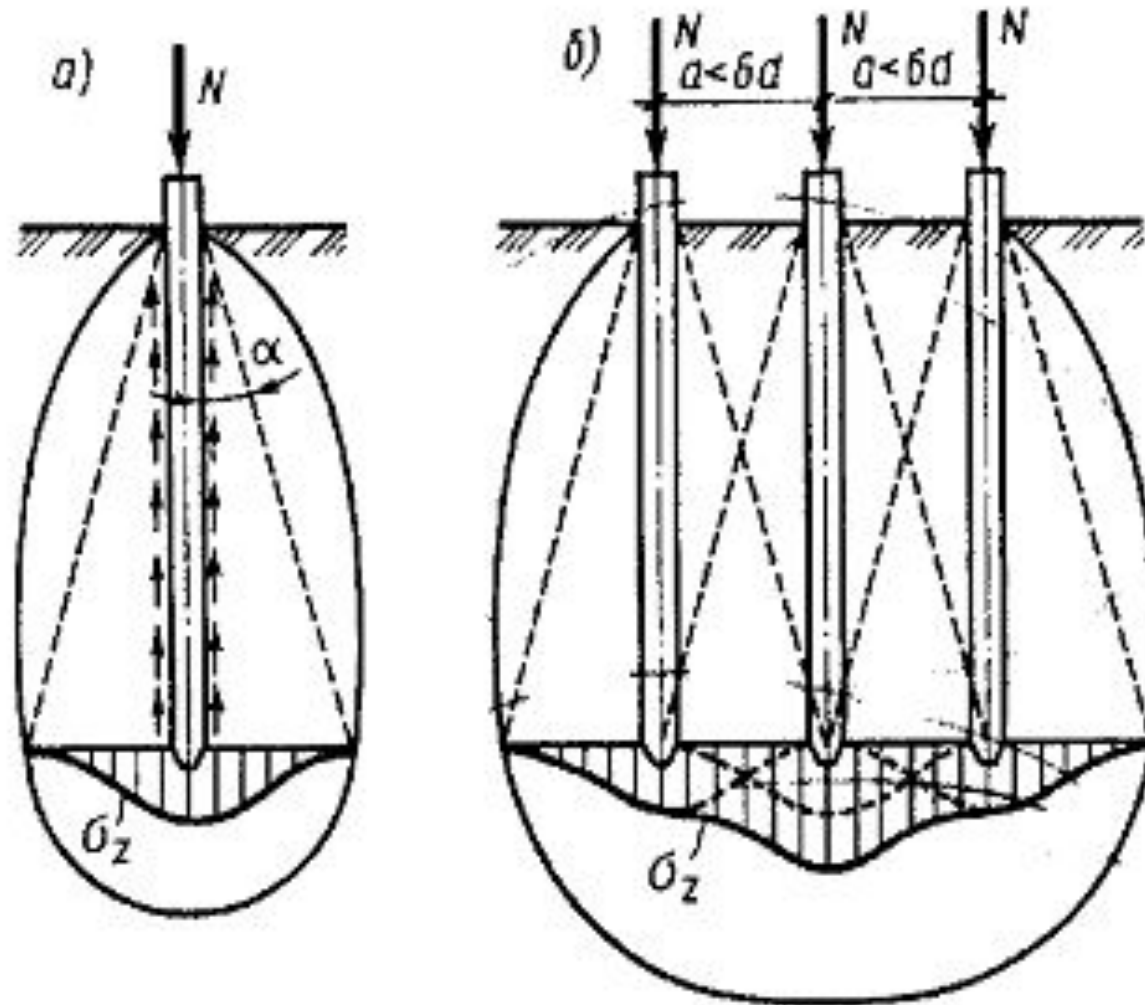
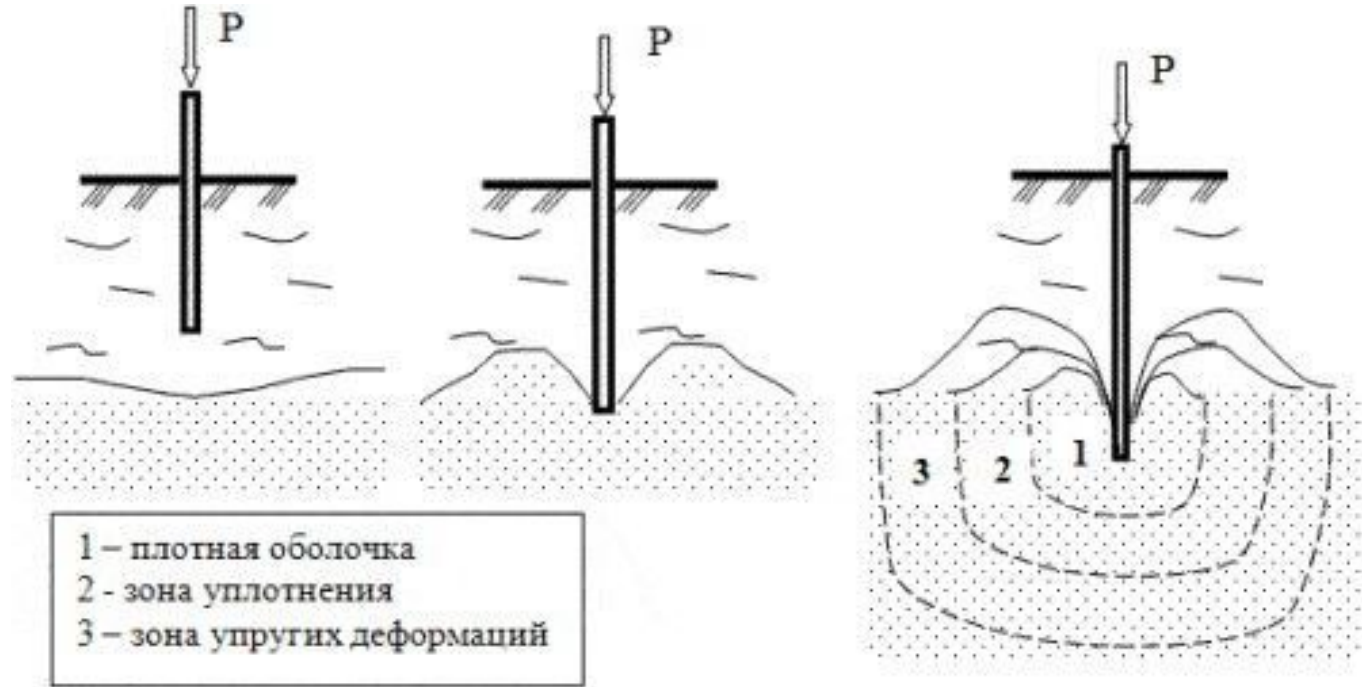
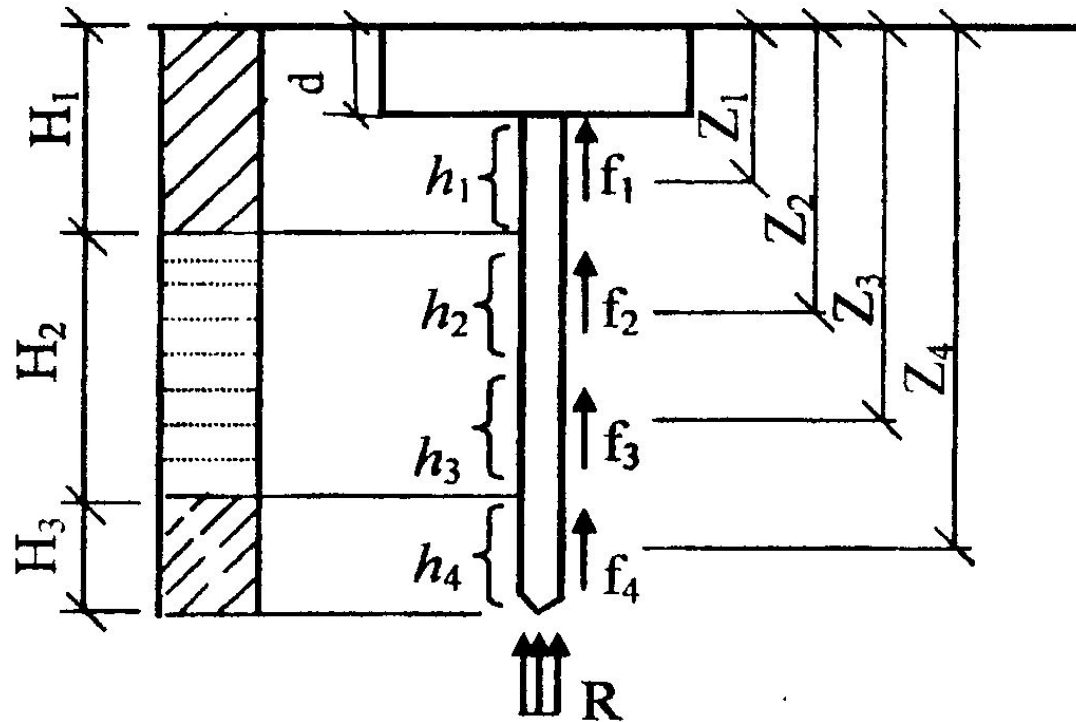


Рис. 5.18. Схемы передачи нагрузки на грунт основания:  
а – одиночной сваей; б – группой свай

# Сваи-стойки



- Сваи-стойки необходимо рассчитывать:
  - по прочности материала ствола сваи;
  - по условию прочности грунта под ее нижним концом.
- За несущую способность принимается меньшая величина.
- По прочности материала свая-стойка рассчитывается как центрально нагруженный сжатый стержень, без учета поперечного изгиба.



# Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки Сваи -стойки

Для железобетонных свай формула расчета несущей способности по материалу выглядит следующим образом:

$$F_{dm} = \varphi [\gamma_c \cdot \gamma_m \cdot R_b \cdot A + \gamma_a \cdot R_s \cdot A_s]$$

где  $\varphi$  – коэффициент продольного изгиба, обычно  $\varphi=1$ ;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы,

для свай сечением менее  $0,3 \times 0,3$  м  $\gamma_c=0,85$ ;

для свай большего сечения  $\gamma_c=1$ ;

$\gamma_m$  – коэффициент условий работы бетона ( $0,7 \dots 1$  – в зависимости от вида свай);

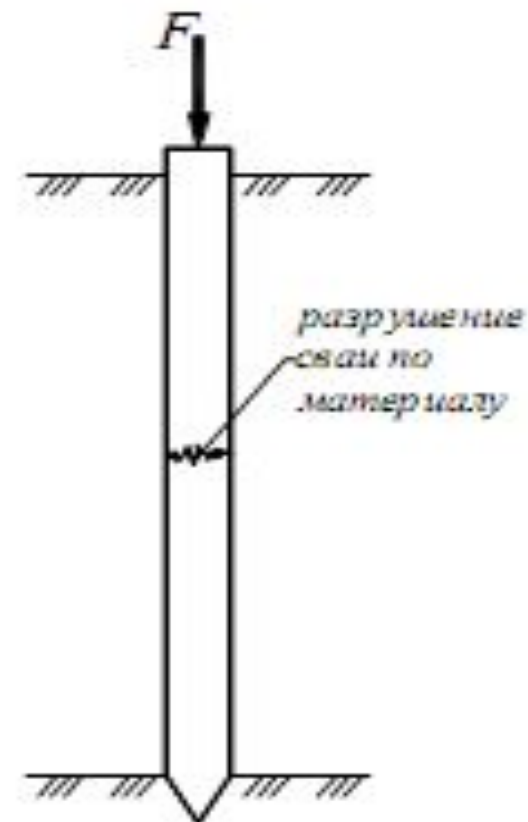
$R_b$  – расчетное сопротивление бетона осевому сжатию, зависит от класса бетона (кПа);

$A$  – площадь поперечного сечения сваи, м<sup>2</sup>;

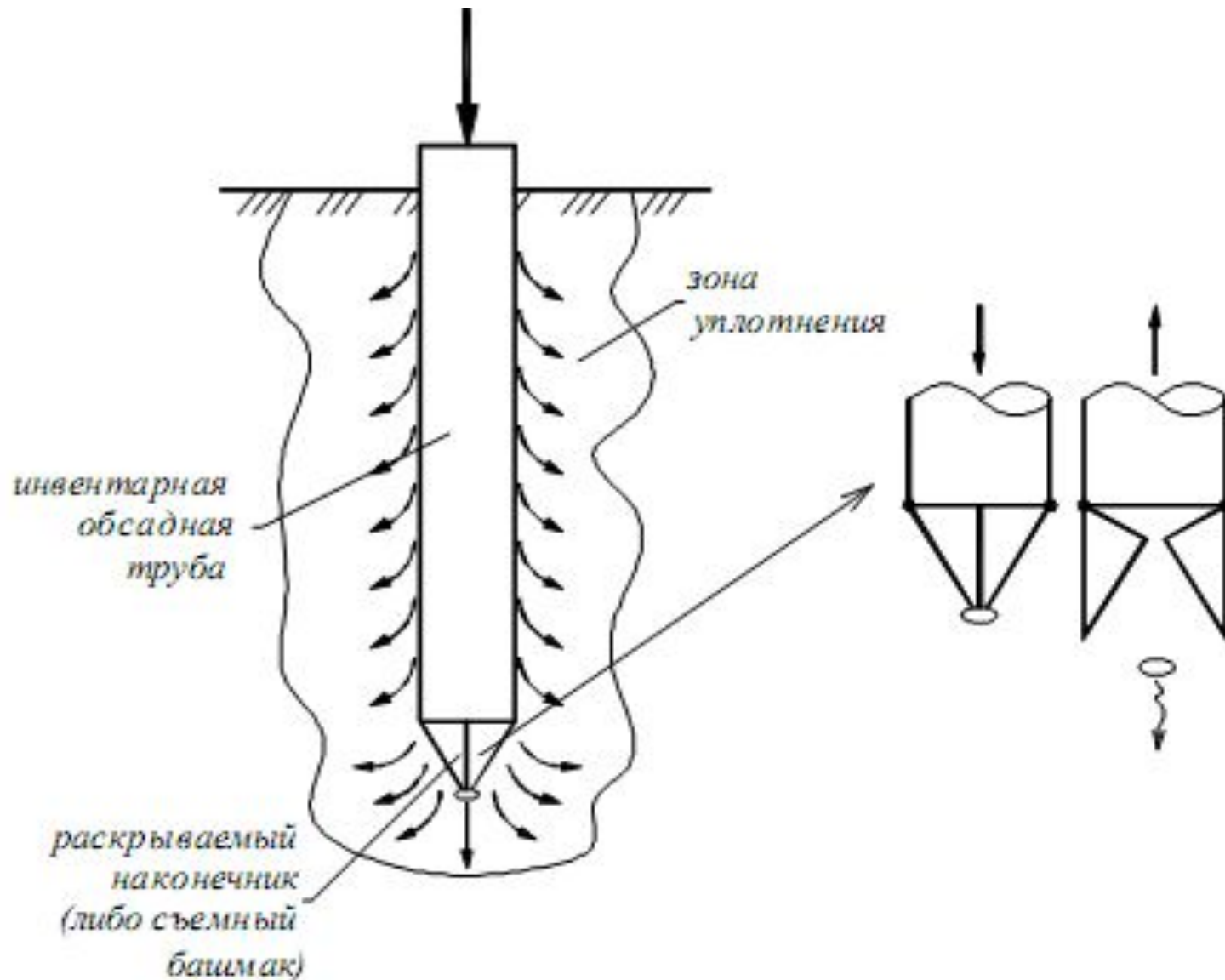
$\gamma_a$  – коэффициент условий работы арматуры,  $\gamma_a=1$ ;

$R_s$  – расчетное сопротивление сжатию арматуры (кПа);

$A_s$  – площадь поперечного сечения арматуры, м<sup>2</sup>.



# Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки



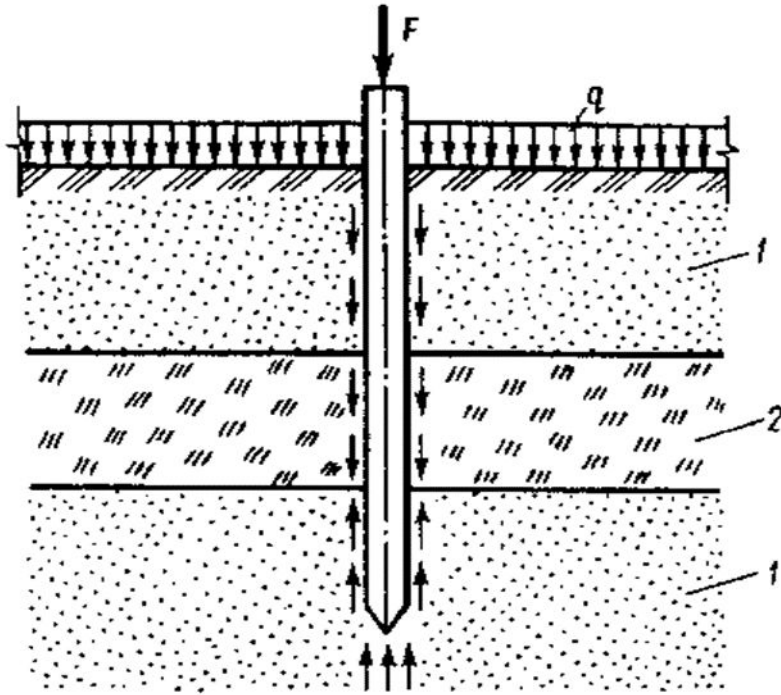
- Несущая способность свай-стойки по грунту определяется по формуле:

$$F_d = \gamma_c \cdot R \cdot A$$

- где  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы сваи в грунте,  $\gamma_c = 1$ ;
- $R$  – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа
- $A$  – площадь опирания сваи на грунт,  $\text{м}^2$ .

# Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки

## Висячие сваи



Расчет производится только по прочности грунта.

Существуют следующие методы расчета:

- Динамический метод;
- Метод испытания пробной статической нагрузкой;
- Практический метод;
- Метод статического зондирования;
- Теоретические методы.



# Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки

## Висячие сваи

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

$$G \cdot H = F_u \cdot S_a + \epsilon \cdot G \cdot h + \alpha \cdot G \cdot H$$

Уравнение работ И.М. Герсемова,

где  $G \cdot H$  – работа падающего молота;

$F_u \cdot S_a$  – работа на погружение;

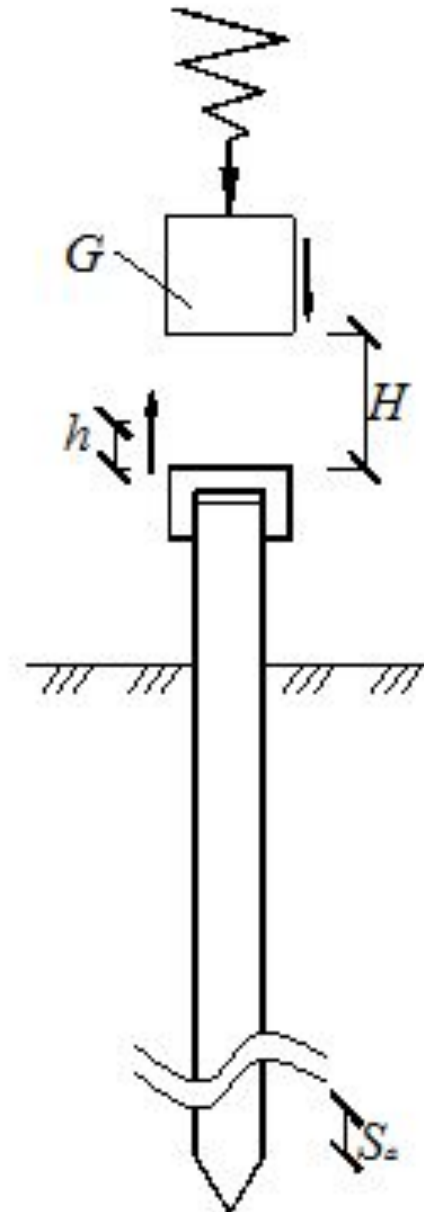
$G \cdot h$  – работа на упругие деформации;

$\alpha \cdot G \cdot H$  – работа на неупругие деформации;

$F_u$  – предельное сопротивление сваи вертикальной нагрузке, кН;

$S_a$  – отказ сваи, м;

$A$  – коэффициент, учитывающий превращение части энергии в тепловую и т.п.



# Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки

## Висячие сваи

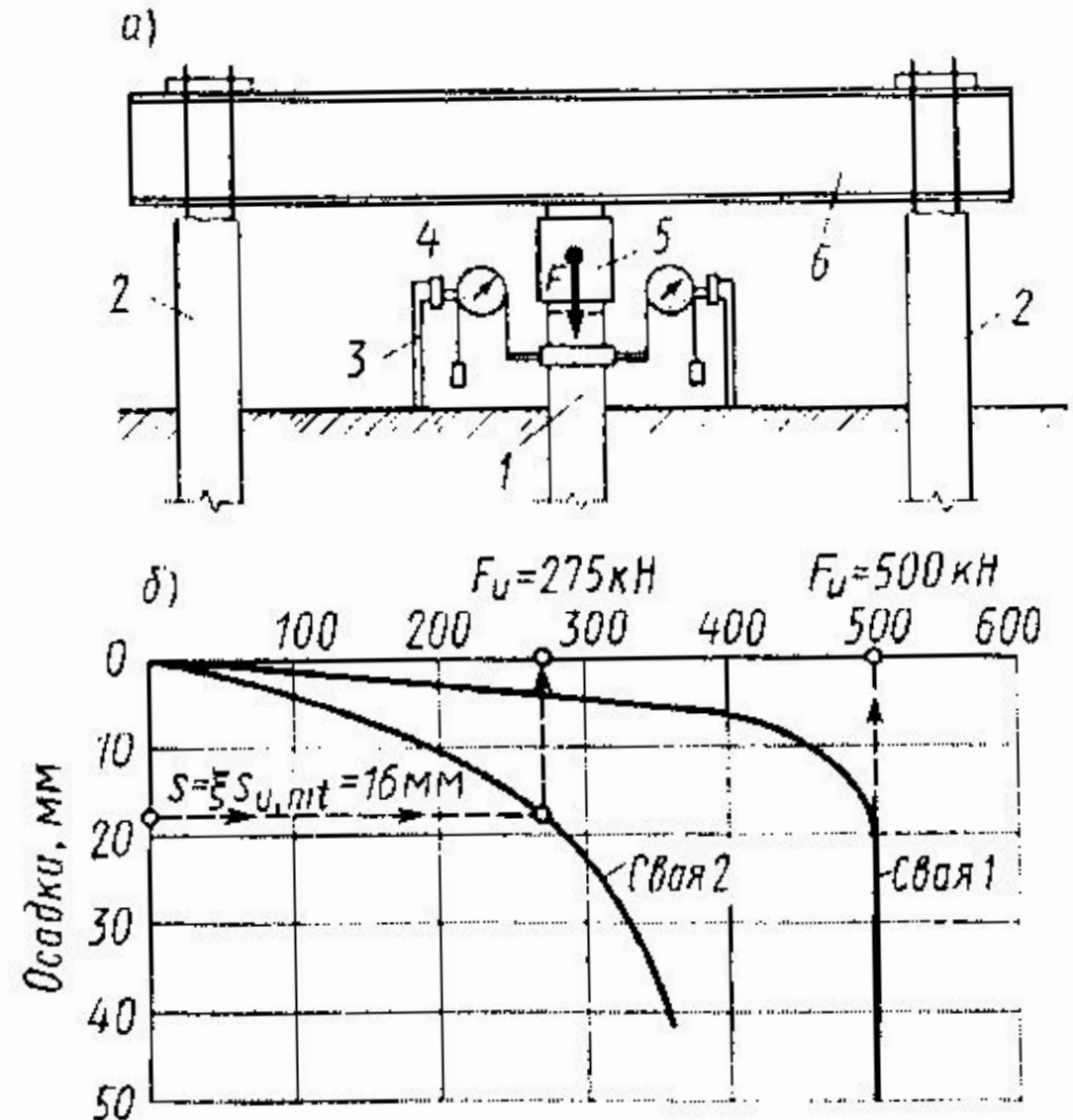
### Метод испытания свай статической нагрузкой.

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 подвергаются в среднем до 1% от общего числа погруженных свай, но не менее 2-х.

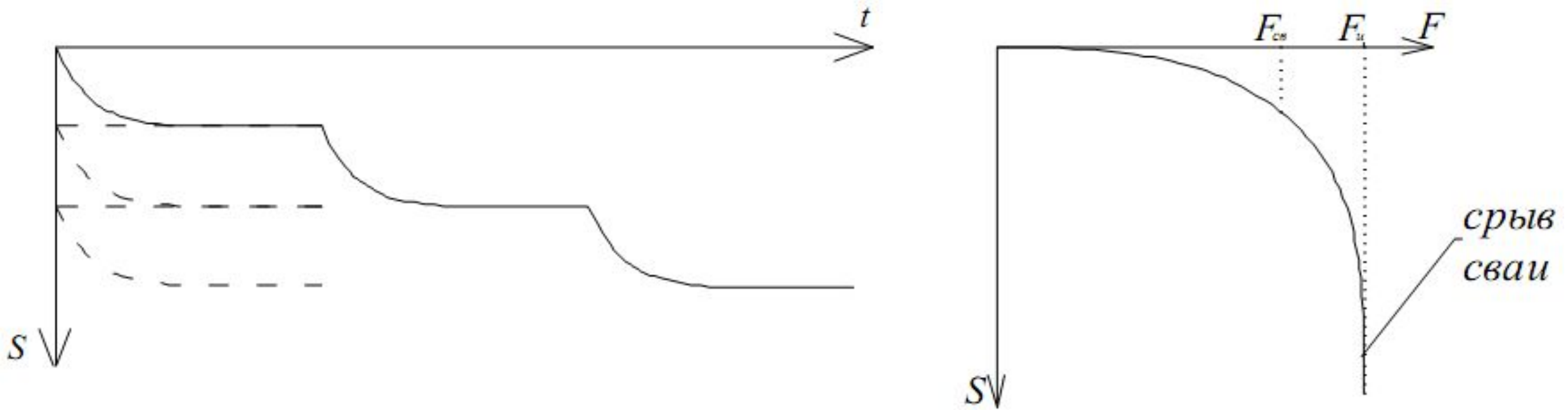
Испытание свай вертикальной статической нагрузкой:

- 1 – испытываемая свая; 2 – анкерные сваи;  
3 – реперная система; 4 – прогибомеры (для замера осадки сваи от нагрузки); 5 – домкрат; 6 – упорная балка



# Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки

## Висячие сваи



*График испытаний свай с непрерывной осадкой без увеличения нагрузки (а), с постоянным увеличением осадки при увеличении нагрузки (б)*

### Графики испытаний свай делятся на два типа:

- с характерным резким переломом, после которого осадка непрерывно возрастает без увеличения нагрузки, данная нагрузка в этом случае и принимается за предельную;
- с плавным очертанием без резкого перелома, что затрудняет определение предельной нагрузки. В этом случае за предельную принимается та нагрузка, под воздействием которой испытываемая свая получила осадку  $S$ .



# Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки

## Висячие сваи

$$S = \zeta \cdot S_{u,mt}$$

где  $\zeta$  – переходной коэффициент, комплексно учитывает ряд факторов:

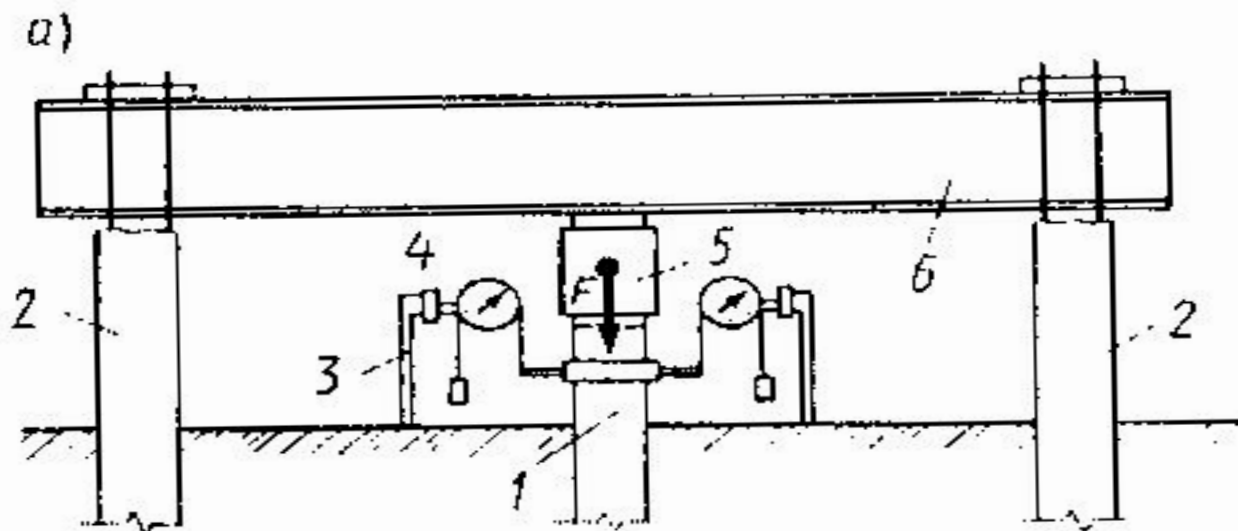
несоответствие между осадкой одиночной сваи и сваи в кусте,

кратковременность испытания (главный фактор) по сравнению с длительностью эксплуатации здания и т.п., принимается равным  $\zeta=0,2$ ;

$S_{u,mt}$  – предельное значение средней осадки фундамента проектируемого здания (по СНиП 2.02.01-83\*).



# Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки



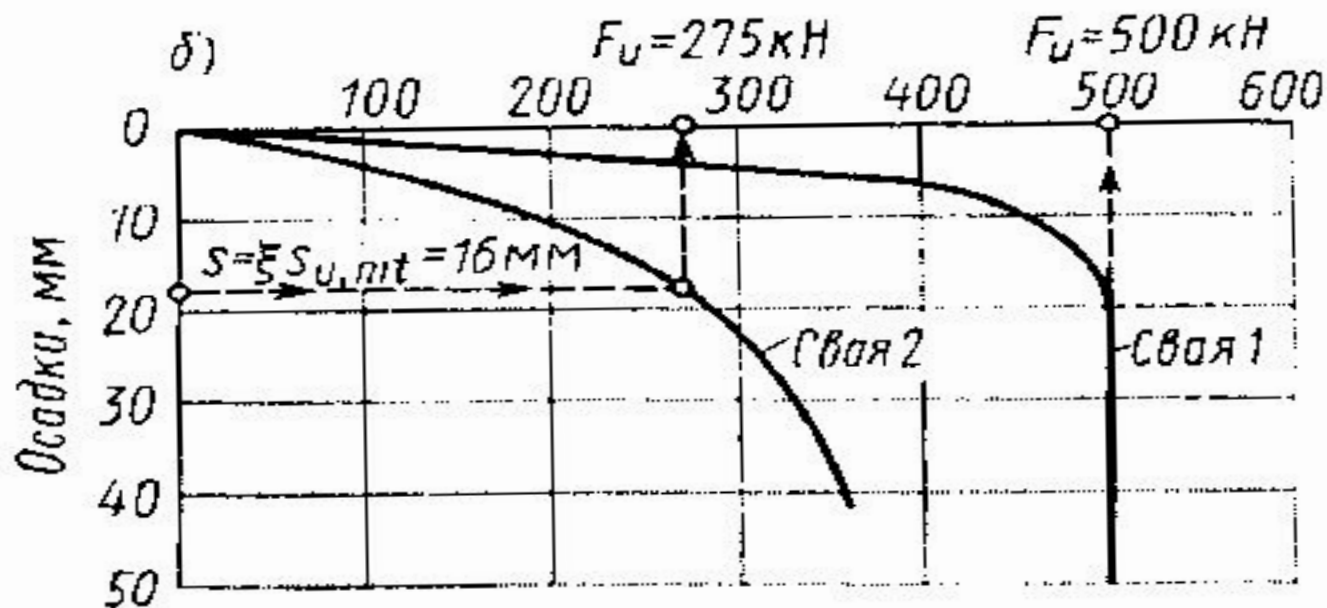
- Расчетная нагрузка на сваю по результатам статических испытаний:

$$F_d = \gamma_c \frac{F_{u,p}}{\gamma_g}$$

где  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы;

$\gamma_g$  – коэффициент надежности по нагрузке (по грунту);

$F_{u,p}$  – частное значение, т.е. нормативное значение.

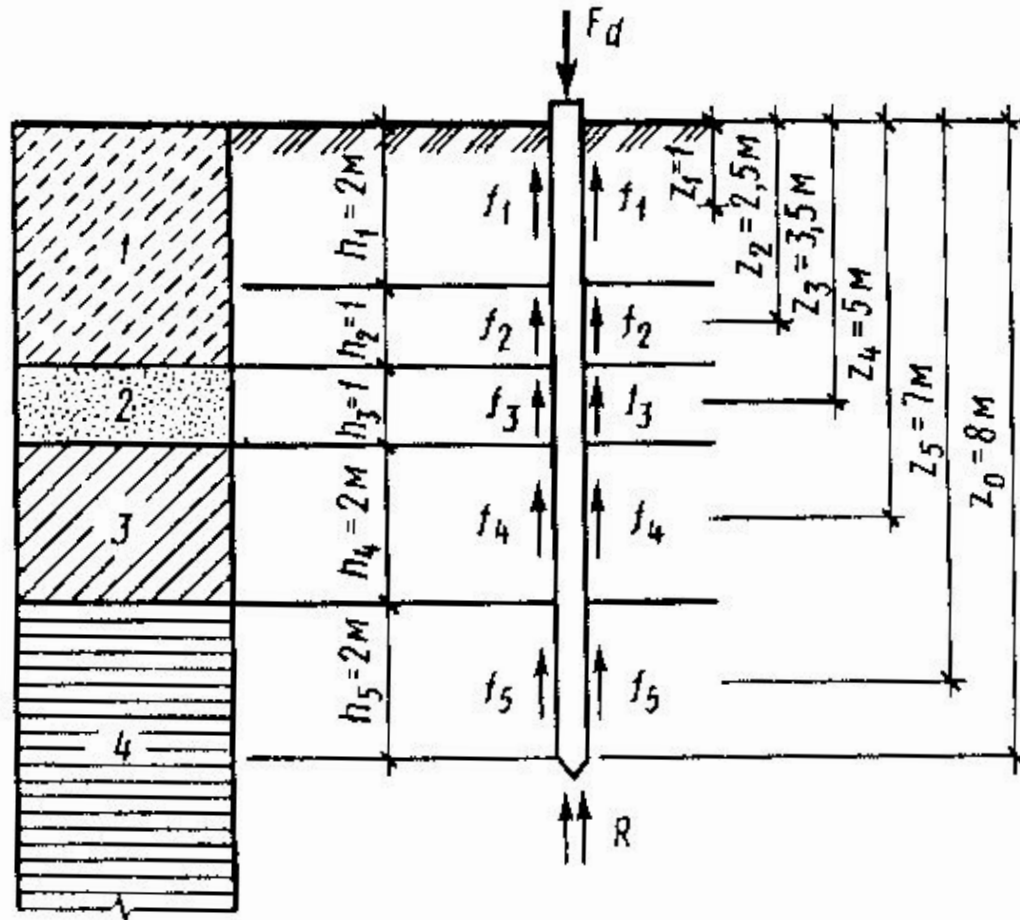


# Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки

## Висячие сваи

Практический метод (по таблицам СНиП).

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} \cdot R \cdot A + u \sum \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i)$$



Расчетная схема к определению несущей способности сваи практическим методом

где  $\gamma_c$  – коэф-нт условий работы сваи в грунте, принимаемый  $\gamma_c = 1$ ;

$R$  – расч. сопрот. гр-та под ниж. концом сваи, кПа (тс/м<sup>2</sup>), приним. по табл.1 СНиП;

$A$  – площадь опирания на грунт сваи, м<sup>2</sup>, принимаемая по площади поперечного сечения сваи брутто или по площади поперечного сечения камуфлетного уширения по его наибольшему диаметру, или по площади сваи-оболочки нетто;

$u$  – наружный периметр поперечного сечения сваи, м;

$f_i$  – расчетное сопротивление  $i$ -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа (тс/м<sup>2</sup>), принимаемое по табл.2 СНиП;

$h_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м;

$\gamma_{cR}$ ,  $\gamma_{cf}$  – коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и на боковой поверхности сваи, учитывающие влияние способа погружения сваи на расчетные сопротивления грунта и принимаемые по табл. 3 СНиП.

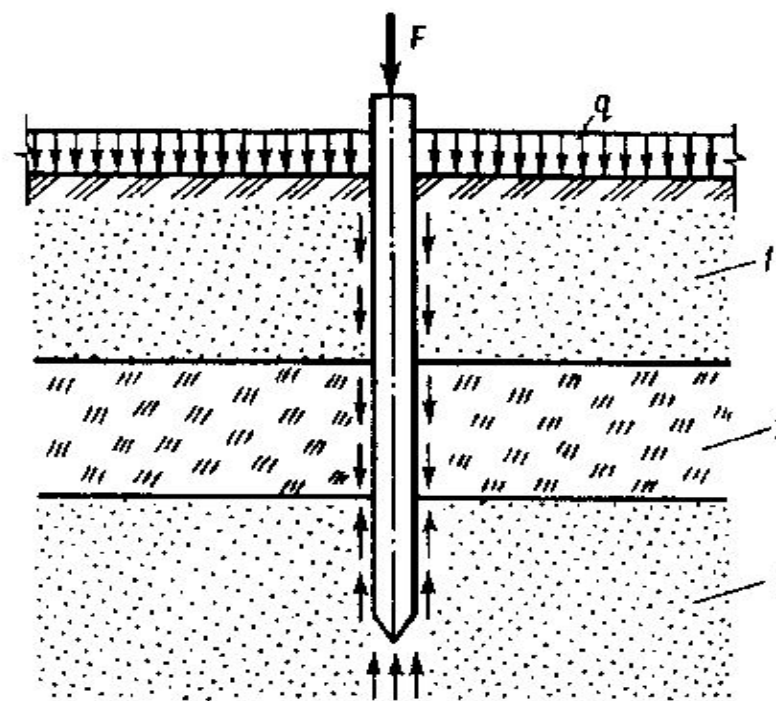
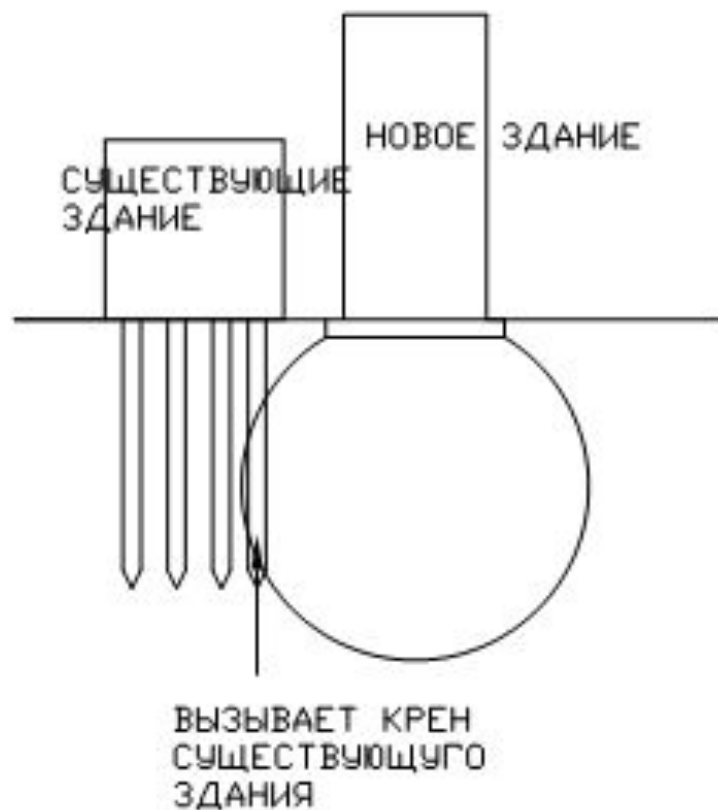
# Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки

## Висячие сваи

### Понятие о негативном трении

Если по тем или иным причинам осадка окружающего сваю грунта будет превышать нагрузку самой сваи, то на ее боковой поверхности возникнут силы трения, направленные не вверх, как обычно, а вниз – отрицательное трение.

НС сваи в этом случае определяется по той же формуле, но  $f_i$  для слоев выше торфа берется со знаком «-», а для торфа «-5 кПа».



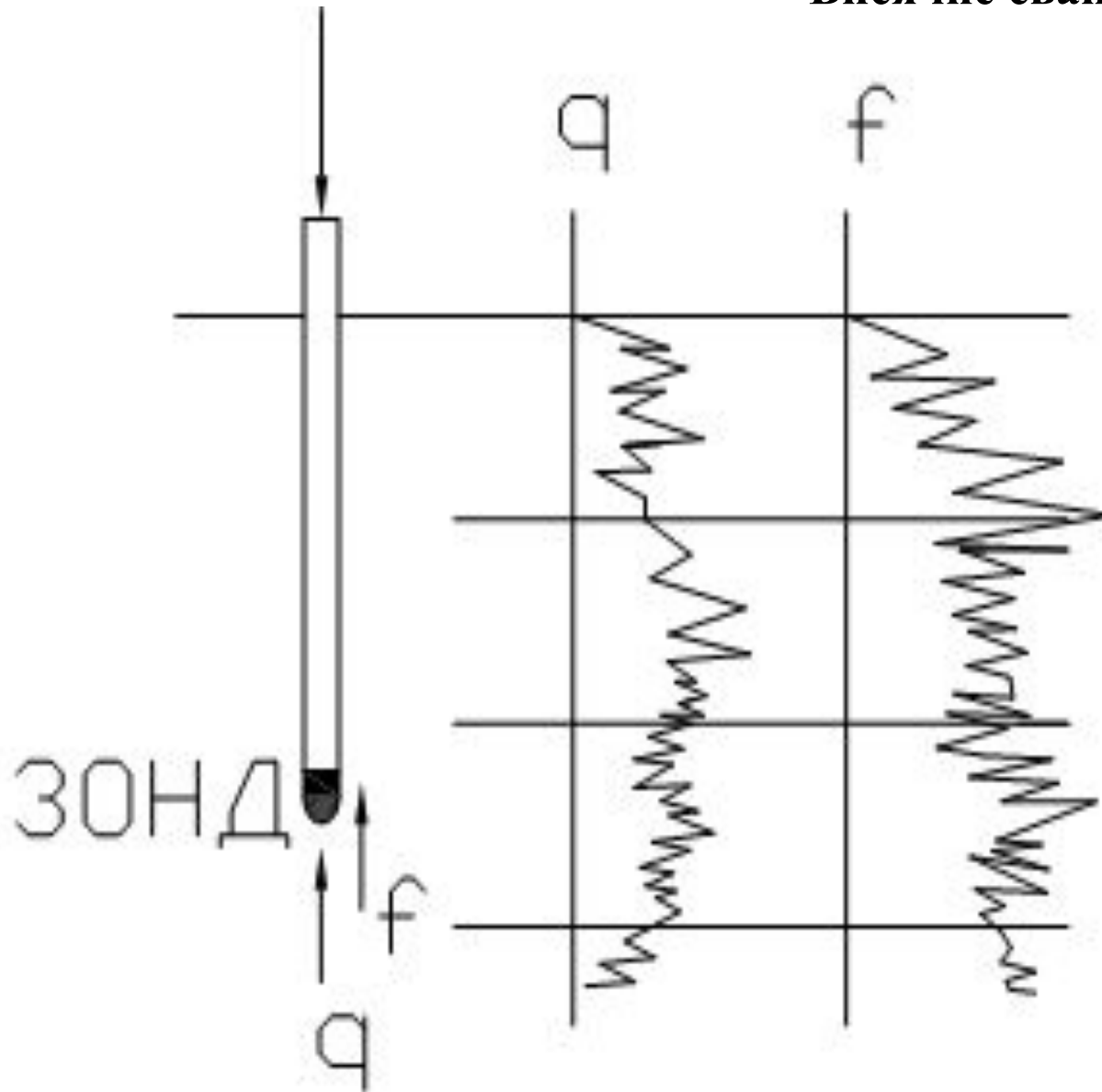
Развитие отрицательных сил трения на боковой поверхности сваи: 1 – песчаный грунт средней плотности; 2 – слой торфа



# Свайные фундаменты

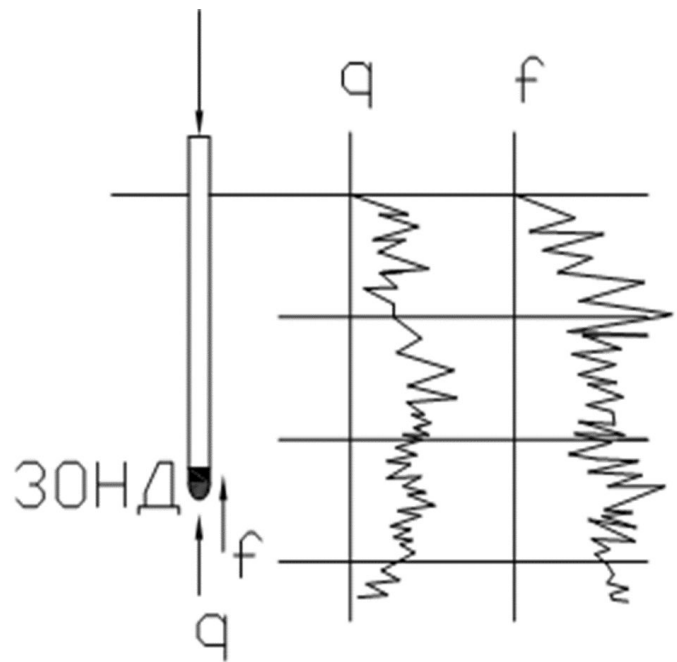
Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки

## Висячие сваи



### Метод статического зондирования грунтов

Заключается во вдавливании в грунт стандартного зонда, состоящего из штанги с конусом на конце ( $d_{\text{кон}} = 36$  мм,  $F = 10$  см<sup>2</sup>, < заострения 60°). Конструкция зонда позволяет как общее сопротивление его погружения, так и величину лобового сопротивления конуса.



$$F_d = AR + f \cdot h \cdot U$$

AR - сопротивление острия зонда,  
 h - длина сваи, U - периметр поперечного сечения,  
 f - среднее расчетное сопротивление грунта по боковой поверхности сваи по данным зондирования.

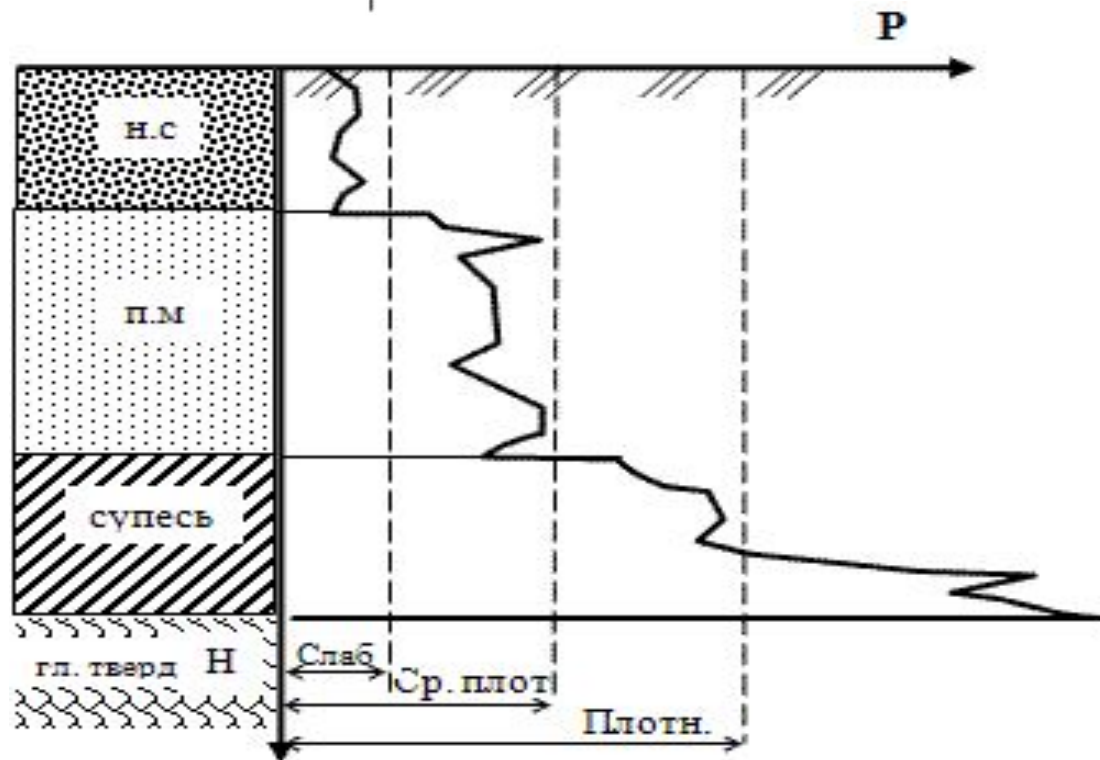
$$f = \beta_2 \cdot f_3 ;$$

f<sub>3</sub> - среднее сопротивление грунта по боковой поверхности штанги зонда при глубине ее погружения равной длине сваи;

$$R = \beta_1 \cdot q_3 ;$$

q<sub>3</sub> - среднее значение сопротивления грунта, кПа, под наконечником зонда.

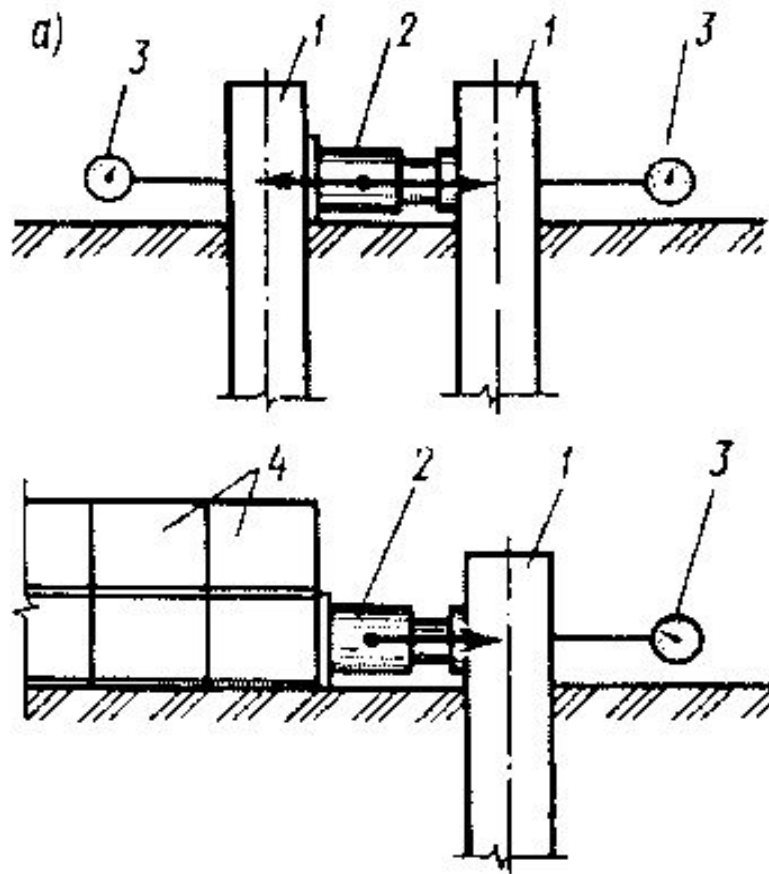
β<sub>1</sub> β<sub>2</sub> - переходные коэффициенты учитывающие разные размеры зонда и сваи, принимаются по табл. 19 СНиП.



# Свайные фундаменты

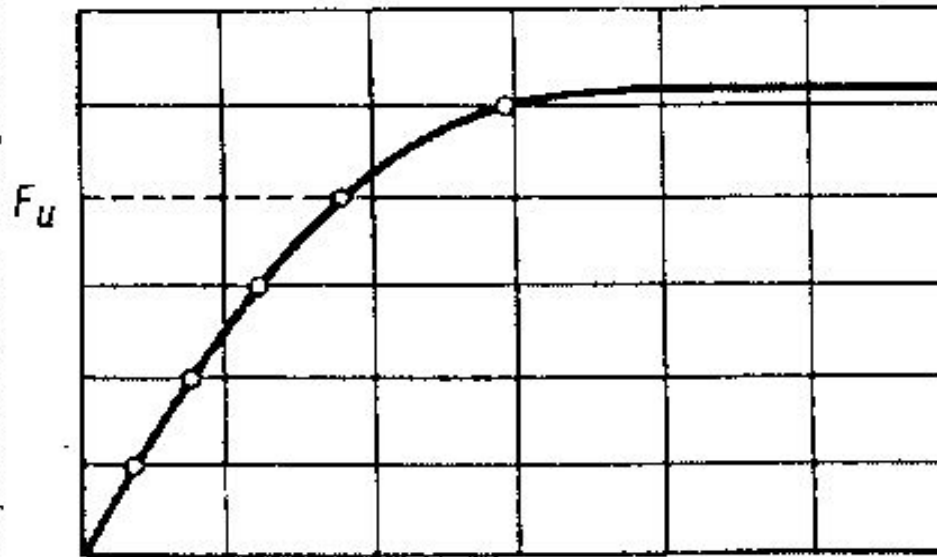
Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки

## Висячие сваи



б)

Горизонтальная нагрузка, кН



Горизонтальные перемещения, мм

### Теоретические методы

В силу своей сложности и многочисленных допущений, снижающих их точность, *широкого применения на практике не нашли.*

# Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки

## Висячие сваи

### Расчет НС свай при действии горизонтальных нагрузок

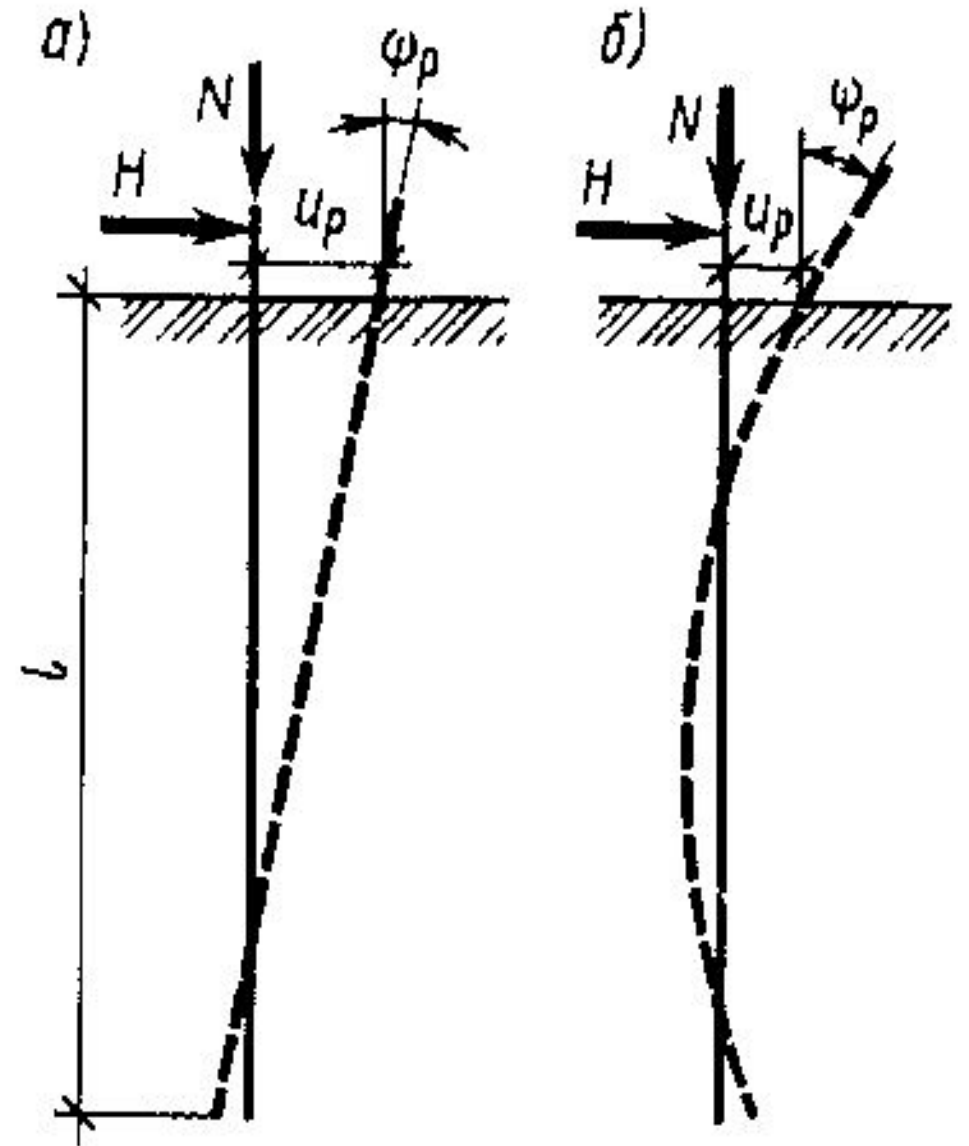
#### б) Математические методы расчета свай на горизонтальную нагрузку

Различают две стадии напряженно-деформированного состояния системы «свая - грунт»:

- Первая группа – для коротких жестких свай, поворачивающихся в грунте без изгиба;
- Вторая группа – для свай, изгибающихся в грунте.

В первой группе расчет базируется на положениях теории предельного равновесия грунтов. Во второй группе методы основаны на использовании модели местных упругих деформаций.

НС горизонтально нагруженного куста свай по нормам допускается определить как сумму сопротивлений одиночных свай.

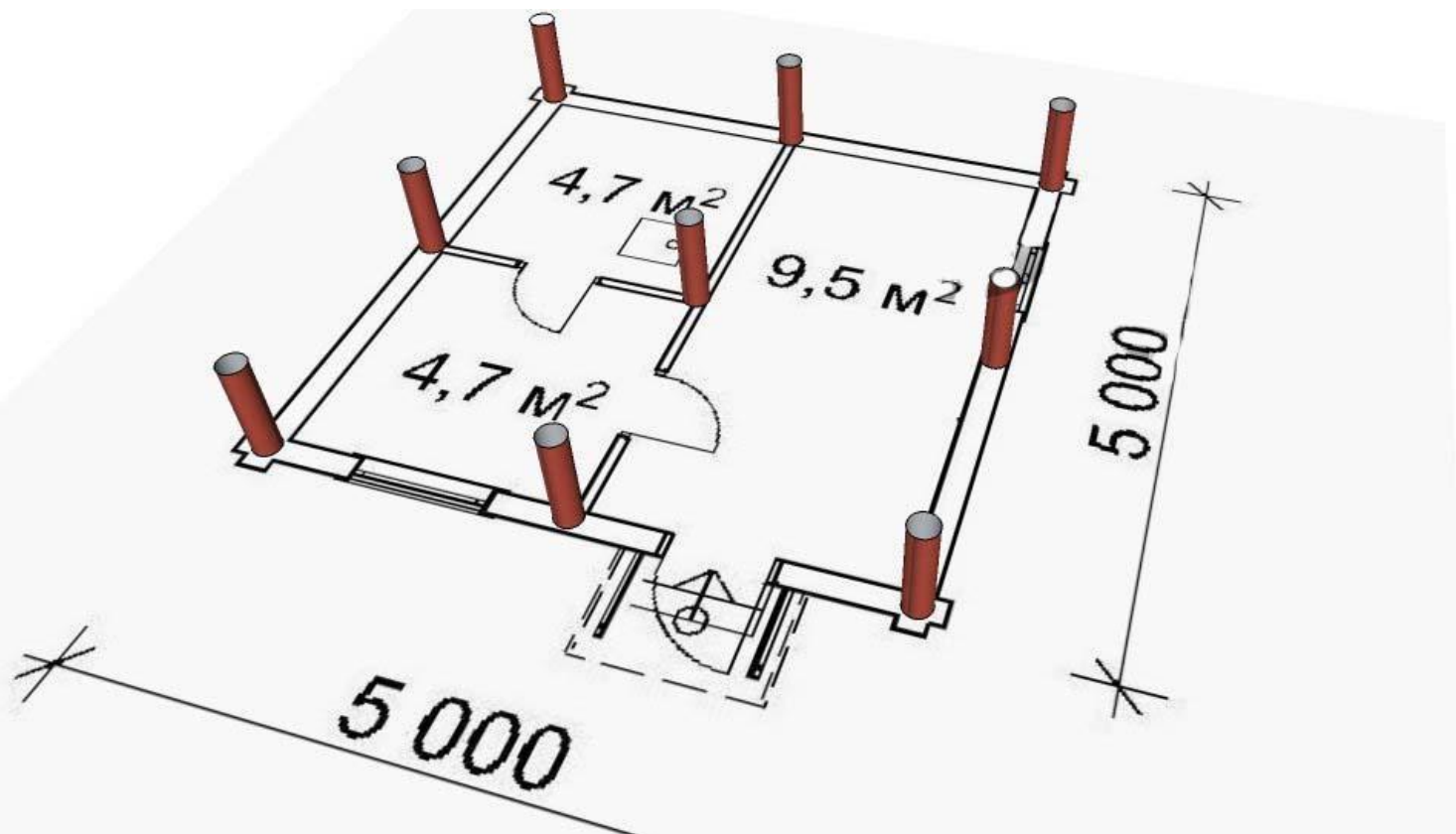


*Схемы работы горизонтально нагруженных свай*



# Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки

## Проектирование и расчет свайных фундаментов

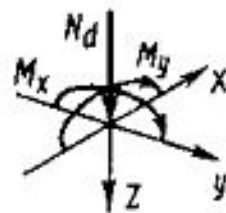
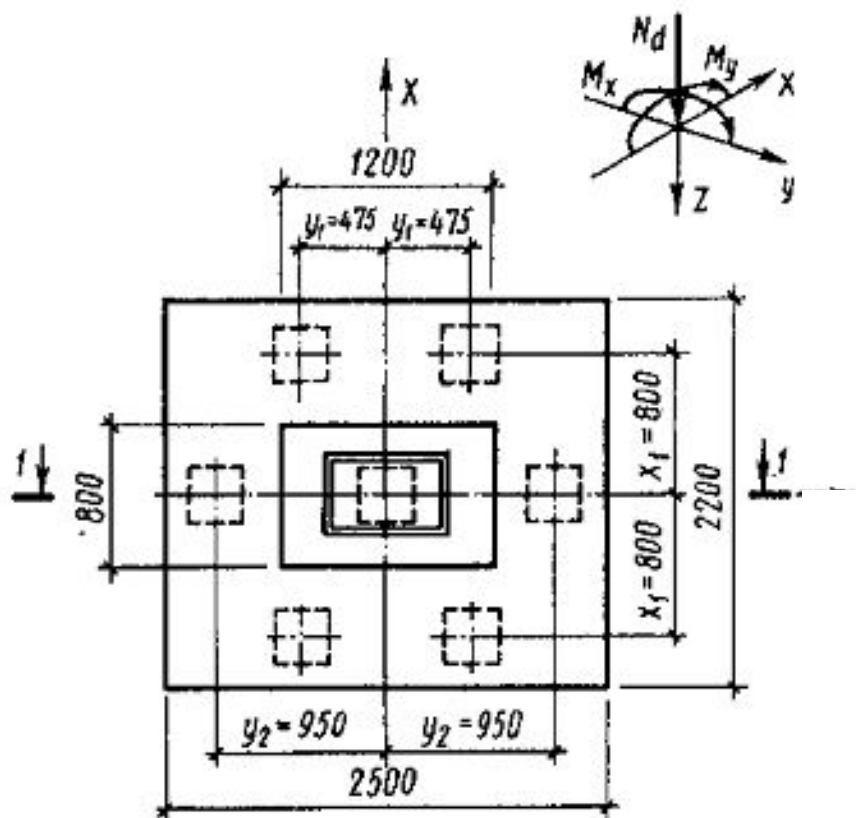


Расчет свайных фундаментов и их оснований производят по двум группам предельных состояний:

- По первой группе – по НС грунта основания свай; по устойчивости грунтового массива со свайным фундаментом; по прочности материала свай и ростверков.

- По второй группе – по осадкам свайного фундамента от вертикальных нагрузок; по перемещениям свай совместно с грунтом оснований от горизонтальных нагрузок и моментов; по образованию или раскрытию трещин в элементах железобетонных конструкций свайного фундамента.

# Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки



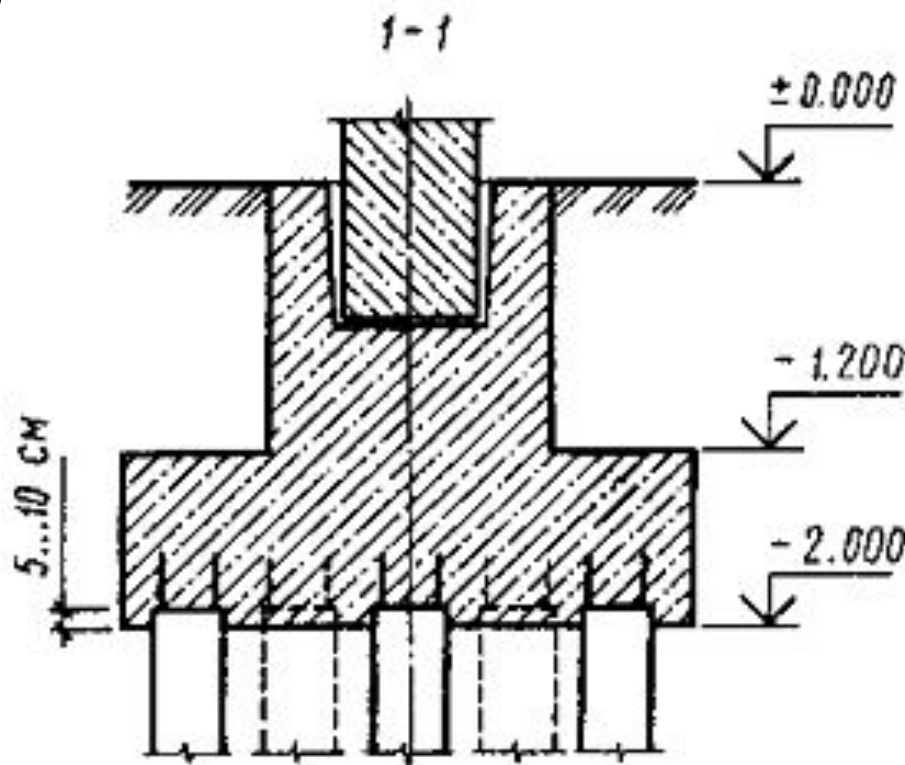
$$N_{\frac{max}{min}} = \frac{N_x}{n} \pm \frac{M_x \cdot y}{\sum y_t^2} \pm \frac{M_y \cdot x}{\sum x_t^2}$$

где  $N$ ,  $M_x$ ,  $M_y$  – соответственно расчетная вертикальная нагрузка кН, и расчетные изгибающие моменты кН·м, относительно главных центральных осей  $x$  и  $y$  плана своей в плоскости подошвы ростверка:

$n$  – число свай в фундаменте;

$x_1$ ,  $y_1$  – расстояния от главных осей до оси каждой сваи, м;

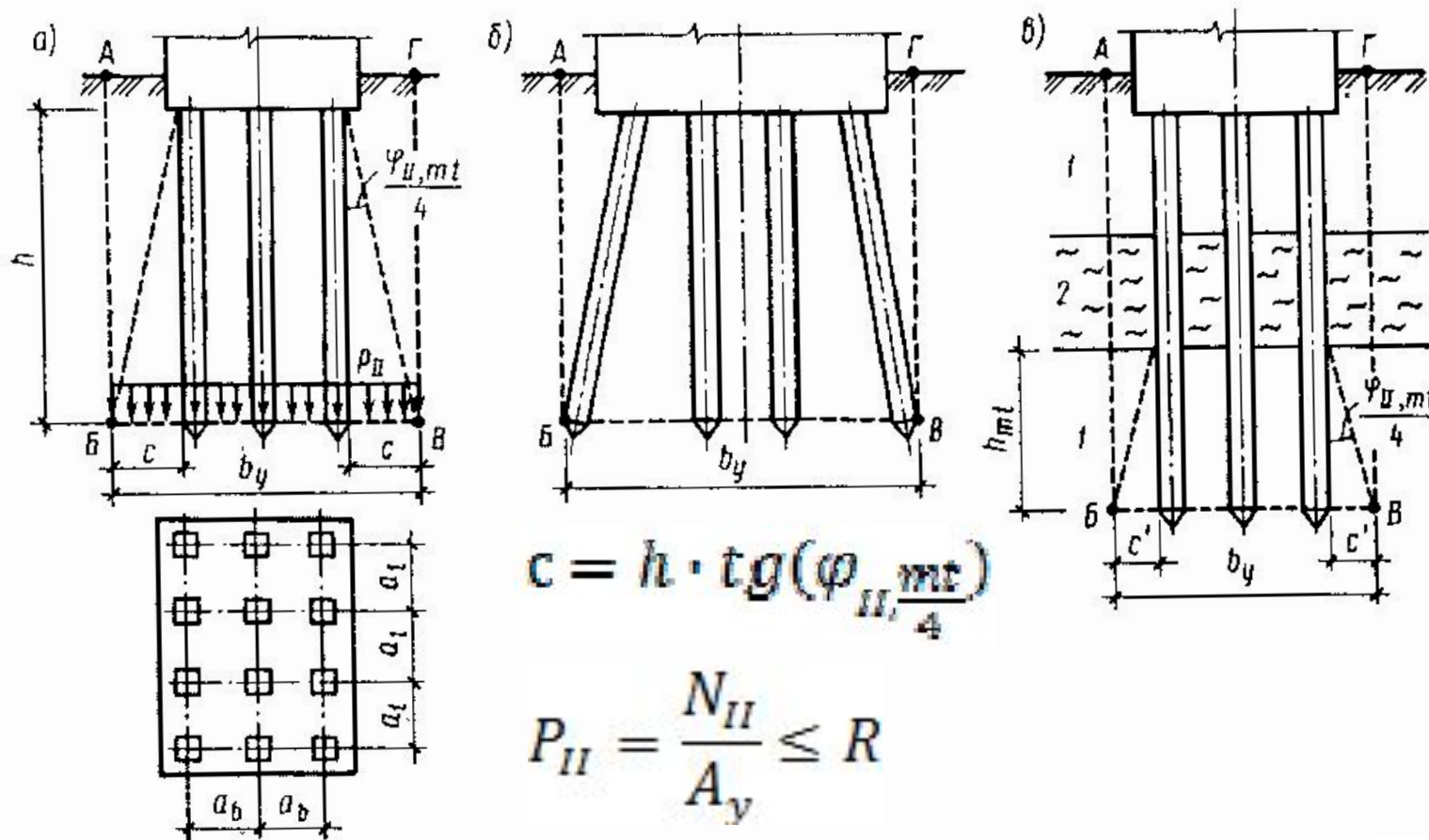
$x$ ,  $y$  – расстояния от главных осей до оси каждой сваи, для которой вычисляется расчетная нагрузка, м



# Свайные фундаменты

## Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки

### Расчет осадки свайного фундамента



Схемы условных фундаментов для расчета по второй группе предельных состояний

# Список используемой литературы

- Конспект лекций
- [http://metallo-konstruktsii.ru/svaynye\\_fundammenty](http://metallo-konstruktsii.ru/svaynye_fundammenty)
- <https://kommtex.ru/visyachie-svai-i-ikh-osobennosti>
- <https://cyberleninka.ru/article/n/rabota-visyachih-svay-v-grunte-osnovaniya-i-ih-raschet-po-osadke>