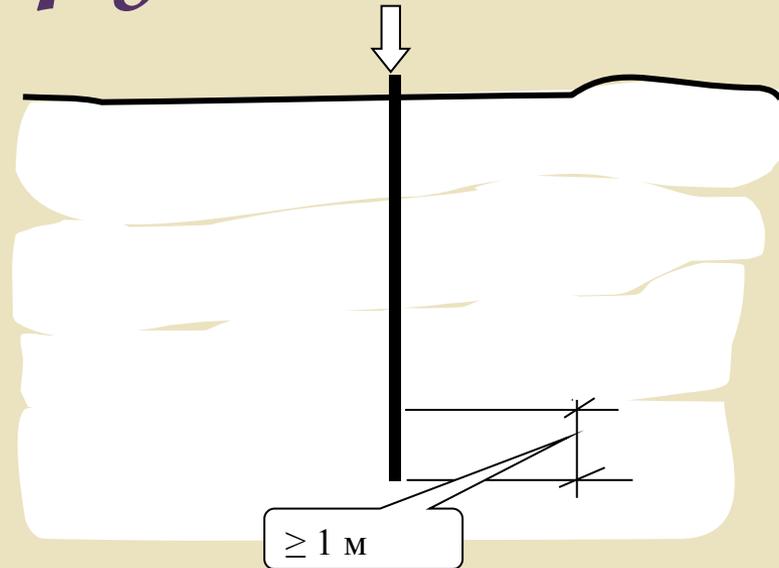


# Лекция 7

## Проектирование свайных фундаментов



# Основные положения по расчету и проектированию свайных фундаментов

Свайные фундаменты рассчитываются в соответствии с требованиями СНиП 2.02.03-85 по двум группам предельных состояний:

- а) по предельному состоянию первой группы (по несущей способности): по прочности - сваи и ростверки, и по устойчивости - основания свайных фундаментов;
- б) по предельному состоянию второй группы (по деформациям) – основания свайных фундаментов.

Расчет по несущей способности производится на усилия от расчетных нагрузок. **Этому расчету подлежат: по прочности** - все виды свай и ростверков; **по устойчивости** - основания, подвергающиеся регулярно действующим горизонтальным нагрузкам, а также основания зданий и сооружений, расположенных на откосах, и оснований свайных фундаментов из свай-стоек.

Расчет по деформациям оснований свайных фундаментов из висячих свай производится на усилия от нормативных нагрузок с учетом нормативных характеристик грунтов.

**Последовательность проектирования свайных фундаментов включает в себя следующие этапы:**

**1) Сбор нагрузок и оценка инженерно-геологических условий площадки строительства.**

**2) Выбор глубины заложения подошвы ростверка.**

**3) Определение типа, конструкции и размеров свай.**

**4) Определение несущей способности свай  $F_d$ .**

Определяется исходя из двух условий:

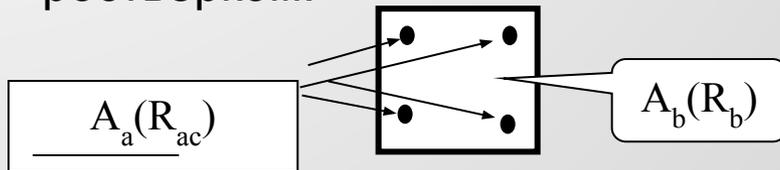
**а) прочности материала сваи;**

**б) прочности грунта, воспринимающего нагрузку от сваи.**

# Определение несущей способности свай $F_{dm}$ по материалу

$$F_{dm} = \gamma_c \varphi (\gamma_{cb} R_b A_b + \gamma_{ca} R_{ac} A_a)$$

где  $\gamma_c$  – коэффициент условия работы свай = 1;  $\varphi$  – коэффициент продольного изгиба = 1;  $\varphi < 1$  для свайных фундаментов с высоким ростверком.



Прочность ствола сваи должна быть обеспечена на всех этапах выполнения работ:

- складирования;
- транспортировки;
- забивки.

на транспортно-складских операциях теряется до 10% свай

Прочность при забивке свай, прежде всего, обеспечивается правильным выбором сваебойного оборудования:

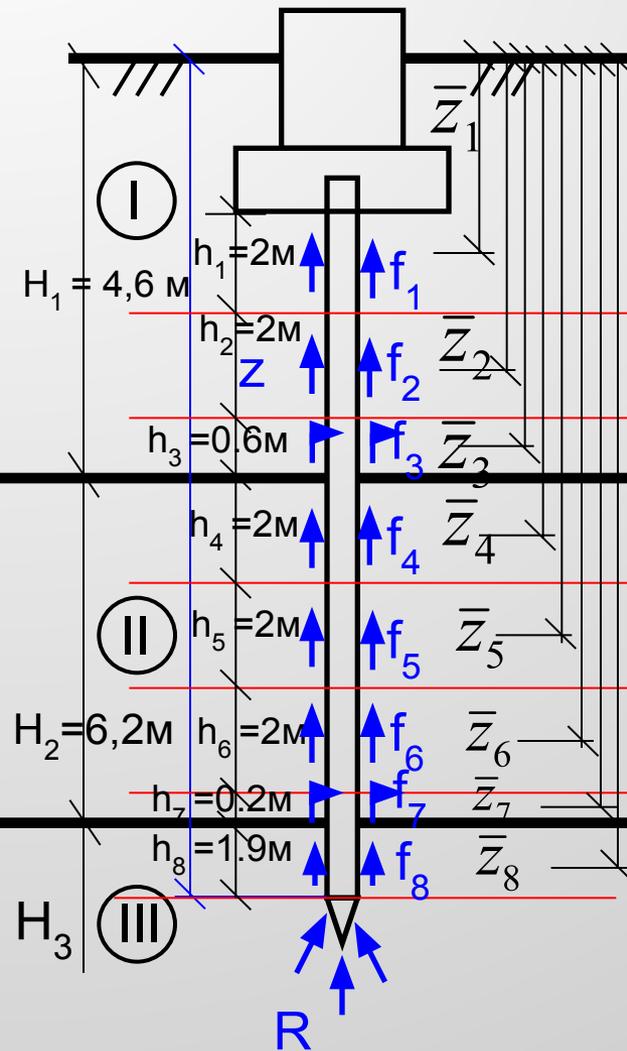
$$Q = (1,0 \dots 1,5)q$$
$$15p \leq \mathcal{E} \leq 25p$$

Где  $Q$  – вес ударной части молота;  $q$  – вес свай;  
 $\mathcal{E}$  – энергия удара;  $p$  – несущая способность свай.



# Определение несущей способности висячей сваи по грунту расчетным методом

$$F_d = \gamma_c \left( \gamma_{cR} RA + U \sum_{i=1}^n \gamma_{cf} f_i h_i \right), \quad \text{где}$$



$\gamma_c$  – коэффициент условий работы сваи в грунте;  $\gamma_{cR}$ ,  $\gamma_{cf}$  – коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и по боковой поверхности сваи, зависят от способа изготовления сваи;

$A$  – площадь опирания сваи на грунт;

$R$  – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, зависит от типа грунта и от глубины погружения нижнего конца сваи  $z$ ;

$U$  – периметр поперечного сечения сваи;

$h_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта, принимается  $\leq 2 \text{ м}$ ;

$f_i$  – расчетное сопротивление по боковой поверхности сваи  $i$ -го слоя грунта, зависит от типа грунта и средней глубины расположения слоя.

## Определение несущей способности сваи - стойки по грунту расчетным методом

$$F_d = \frac{\gamma_c}{\gamma_q} RA$$

Где R – расчетное сопротивление грунта под острием сваи;  
A – площадь поперечного сечения сваи;  
 $\gamma_c$  – коэффициент условия работы сваи;  
 $\gamma_q$  – коэффициент надежности.

**5) Определение нагрузки, допускаемой на сваю (по минимальному значению несущей способности сваи по грунту и по материалу).**

$$P_{св} = \frac{F_d}{\gamma_k}$$

где  $\gamma_k$  – коэффициент надежности, зависящий от способа определения несущей способности сваи.

**Несущую способность сваи** определяют следующими способами:

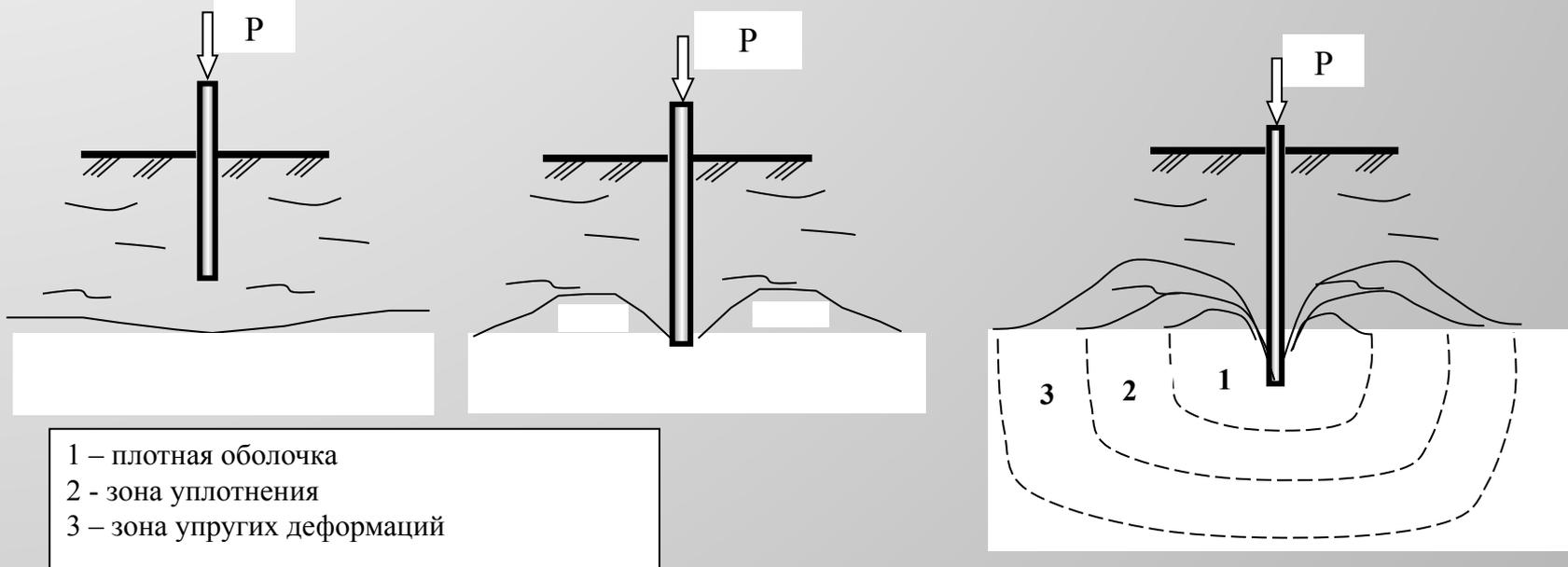
- расчетным;
- экспериментальными

Несущая способность сваи, полученная расчетом, часто оказывается ниже фактической, найденной по испытаниям. Данное обстоятельство объясняется тем, что в расчетах используются осредненные табличные значения величин  $f_i$ , что является приближенным.

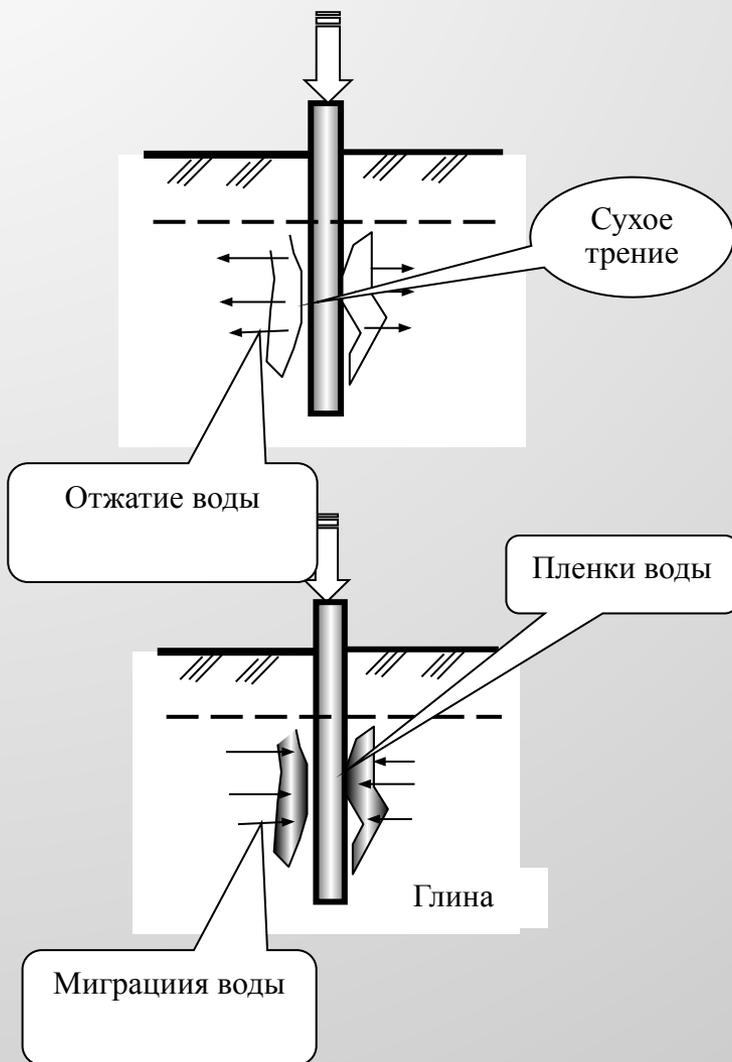
Для определения истинной (фактической) несущей способности сваи рекомендуется проводить испытания свай непосредственно на площадке строительства.

### ***Испытания свай динамическим методом***

#### **1. Явления, происходящие в грунте при забивке свай.**



# Отказ при забивке свай. Понятие об истинном и ложном отказе.



Величина погружения сваи при ударе (забивке) носит название **отказ**.

При погружении свай через **песчаные грунты** величина отказа с глубиной резко уменьшается и в некоторых случаях может достигнуть **нуля**.

В данном случае под острием сваи образуется переуплотненное ядро, а вдоль ствола сваи за счет отжатия воды возникает «сухое» трение.

Отток воды от источника колебаний в песчаных грунтах связан с хорошей фильтрующей способностью последних. Свая перестает погружаться, отказ сваи становится равным нулю.

При забивке в **глинистых грунтах** величина отказа ( $e$ ) с глубиной или становится постоянной, или увеличивается.

После отдыха в течение 3...6 недель (снятие динамических воздействий) величина отказа уменьшается. Это явление получило название **«засасывание свай»**.

Отказ ( $e$ ) сваи во время забивки получил название **«ложный»**.

Отказ ( $e$ ) сваи после отдыха – **«истинный»**.

- Получение истинного отказа сваи в глинистых грунтах приводит к увеличению ее несущей способности.

Насколько повышается несущая способность сваи после отдыха?

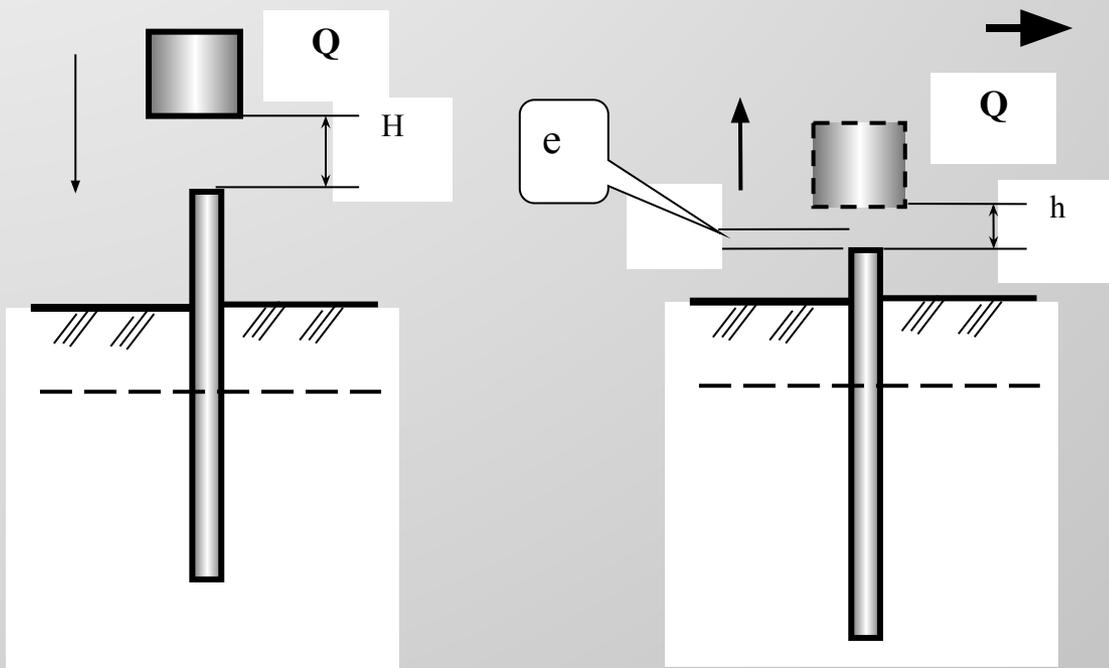
В супесях – в 1,1...1,2 раза

В суглинках – в 1,3...1,5 раз

В глинах – в 1,7...6 раз

Почти максимальная несущая способность при забивке

Необходимо учитывать повышение несущей способности



Достоинства

- Простота
- Малая стоимость

Недостатки

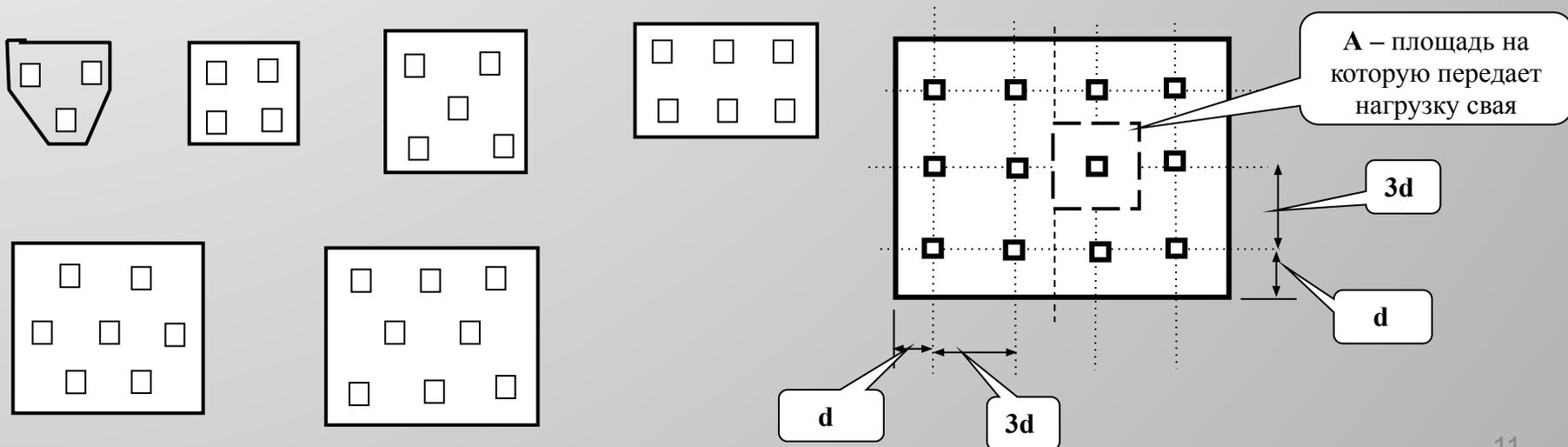
- Не точные результаты для глинистых грунтов

## 6) Определение количества свай в ростверке

$$n = \frac{N_{vI}}{P_{св}}$$

## 7) Размещение свай в плане и конструирование ростверка.

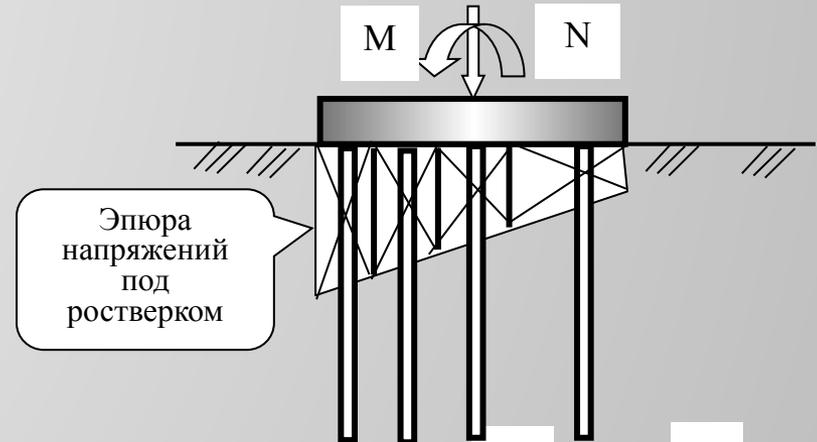
При размещении принятого количества свай ( $n_{св}$ ) в плане необходимо стремиться к минимальным размерам ростверка



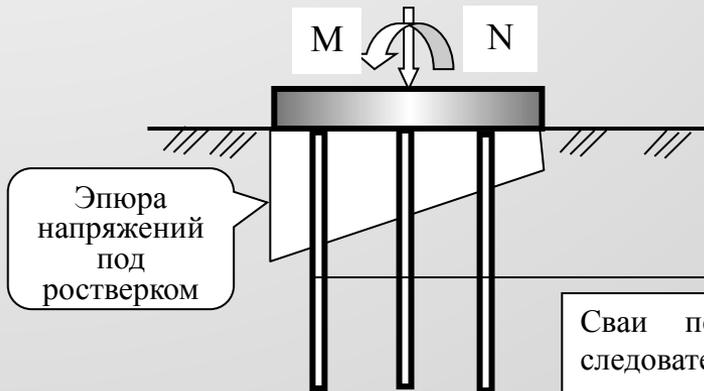
## 8) Определение фактической нагрузки на сваю.

- при центральной нагрузке:

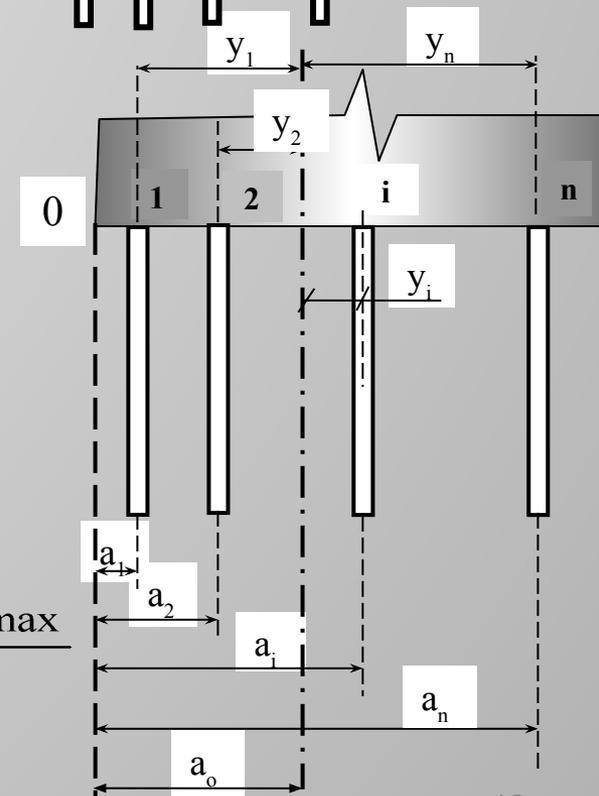
$$N_i = \frac{N_{vI} + N_{pI} + N_{qI}}{n}$$



- при внецентренной нагрузке:



Сваи получают неравномерную нагрузку, следовательно, возможна и неравномерная осадка.



$$N_i = \frac{N_{vI} + N_{pI} + N_{qI}}{n} \pm \frac{M_{xI} \cdot y_{\max}}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \pm \frac{M_{yI} \cdot x_{\max}}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$$

## 9) Проверка усилий, передаваемых на сваю.

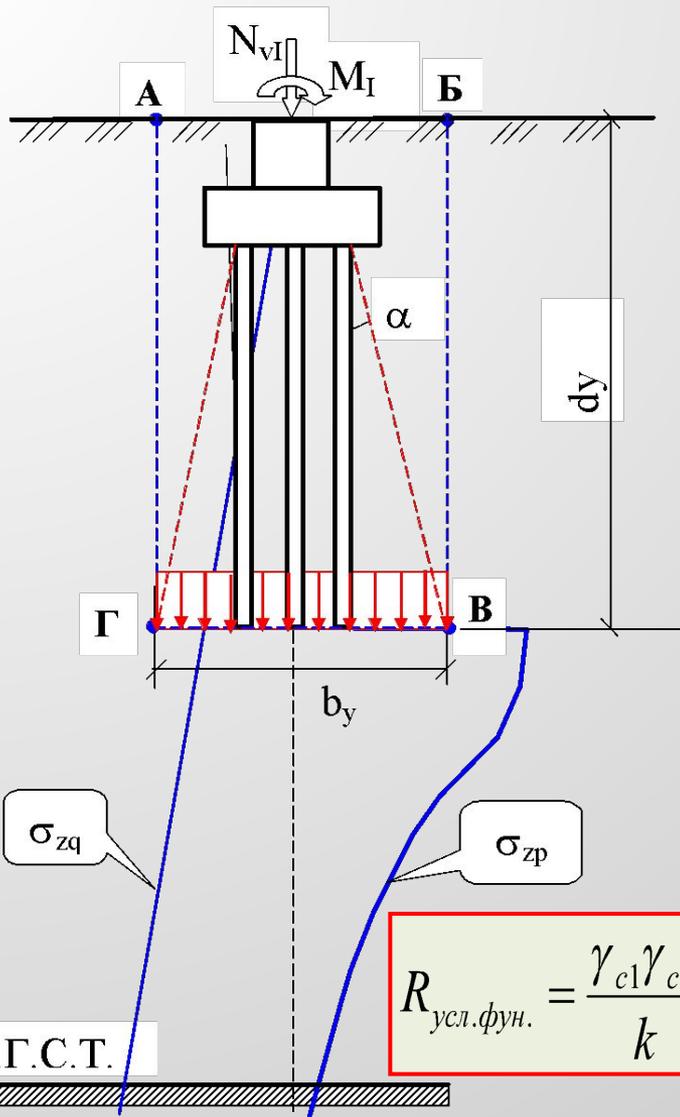
$$N_i \leq P_{св}$$

## 10) Проверка прочности ростверка.

Расчет выполняется по I группе предельных состояний и заключается в проверке прочности ростверка: на продавливание колонной; угловой сваей; по поперечной силе в наклонных сечениях; на смятие под торцом колонны; на изгиб плитной части (выполняется в разделе ЖБК).

## 11) Расчет осадки свайного фундамента (расчет по деформациям).

Расчет по деформациям производится методом послойного элементарного суммирования **для условного фундамента.**



$\varphi_{cp} = \frac{\sum \varphi_i \cdot h_i}{\sum h_i}$  - средневзвешенный угол внутреннего трения

$\alpha = \frac{\varphi_{cp}}{4}$  - угол рассеивания напряжений по длине ствола сваи.

$$b_{yc} \boxtimes_{yc} = A_{yc}$$

Давление по подошве условного фундамента:

$$P_{усл} = \frac{N_{vII} + N_{св} + N_{рост} + N_{зр}}{A_{yc}} \leq R_{усл.фун.}$$

$$R_{усл.фун.} = \frac{\gamma_{c1} \gamma_{c2}}{k} \left[ M_{\gamma} k_z b_{y.ф.} \gamma_{II} + M_q d_{1y.ф.} \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c C_{II} \right]$$

Необходимое соблюдение условия:

$$s \leq s_u$$

(Расчет по II предельному состоянию)

АБВГ – условный фундамент

Н.Г.С.Т.