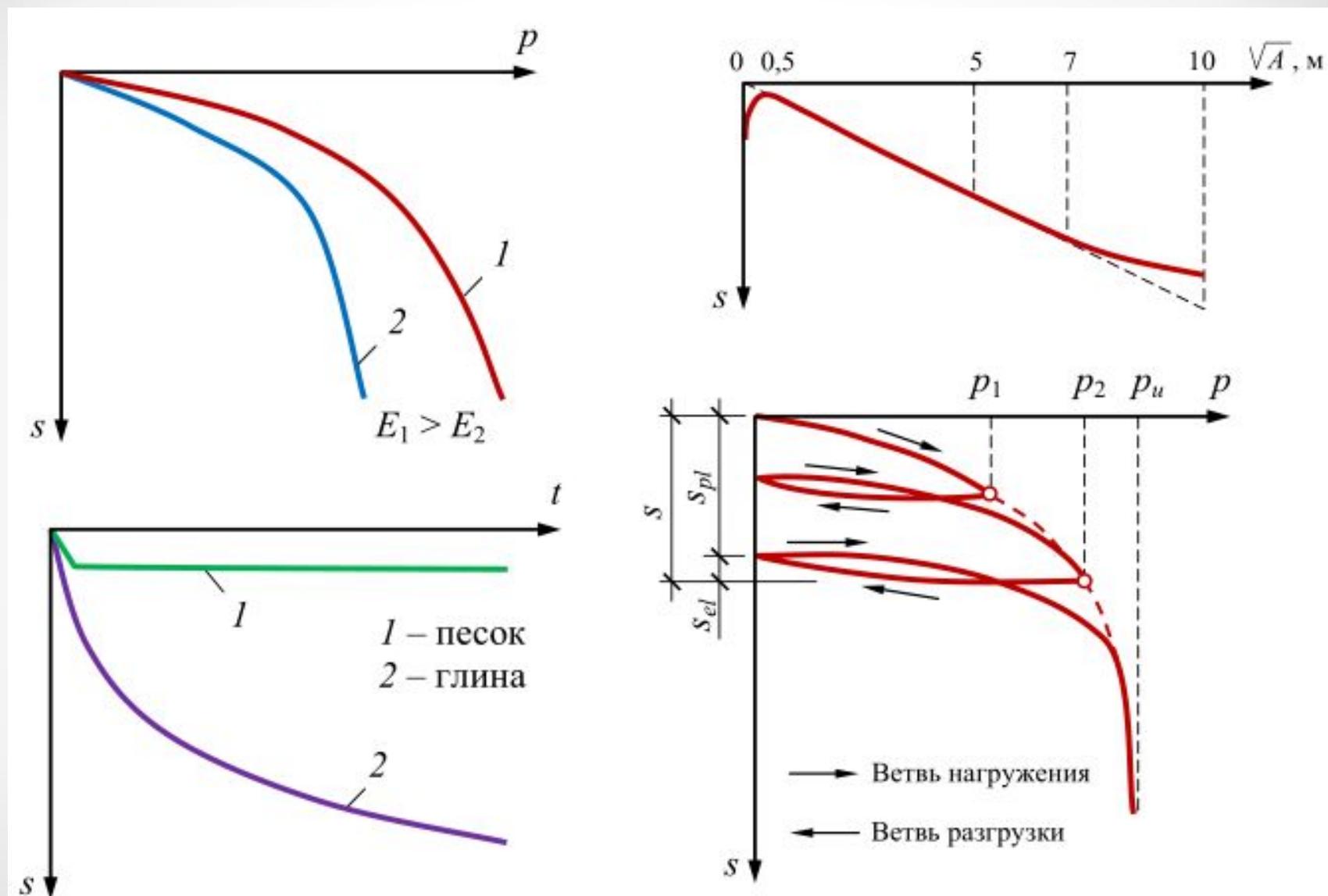


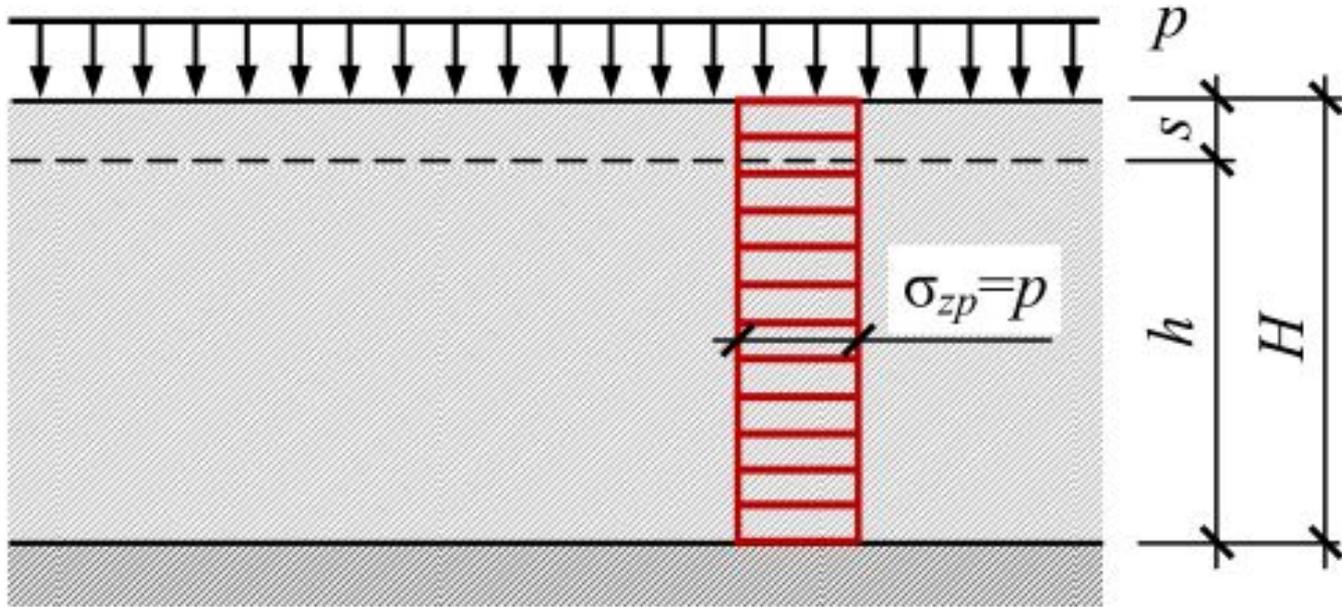
Лекция 7

# Осадки оснований (грунтовых массивов)

# Влияние различных факторов на осадку сооружений



# Осадка слоя конечной толщины



Несжимаемый подстилающий слой

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_z &= \frac{s}{H} \\ m_v &= \frac{\varepsilon_z}{p} \end{aligned} \right\}$$

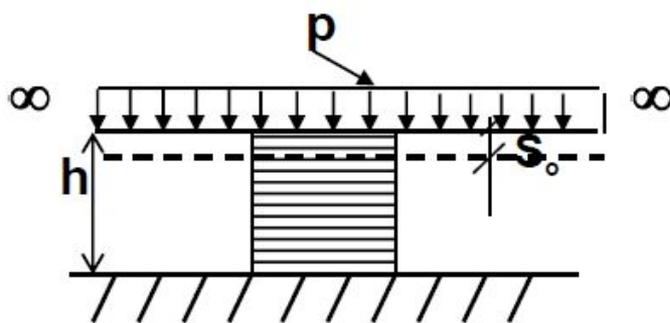
$$s = \varepsilon_z H = m_v p H$$

где

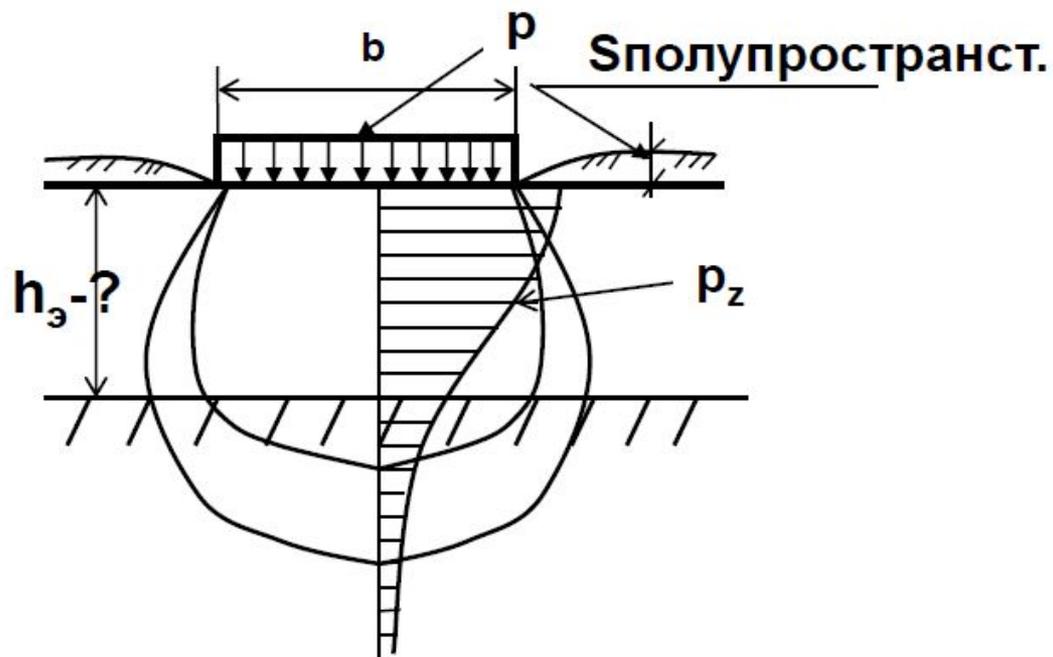
$$m_v = \frac{\beta}{E}; \quad \beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}$$

# Осадка методом эквивалентного слоя

Эквивалентным слоем грунта называется слой, осадка которого при сплошной нагрузке в точности равна осадке фундамента на мощном массиве грунта



$$S_0 = h_3 m_v p$$



# Осадка методом эквивалентного слоя

$$S_{пол} = \frac{\omega \times b \times p(1 - \mu^2)}{E_0}$$

- формула Шлейхера – Буссенеска.

Из определения  $\rightarrow$

$$S_0 = S_n \quad \text{Тогда:}$$

$$h \times m_V \times p = \frac{\omega \times b \times p(1 - \mu^2)}{E_0} \quad E_0 = \frac{\beta}{m_V} = \left(1 - \frac{2\mu^2}{1 - \mu}\right) \frac{1}{m_V}$$

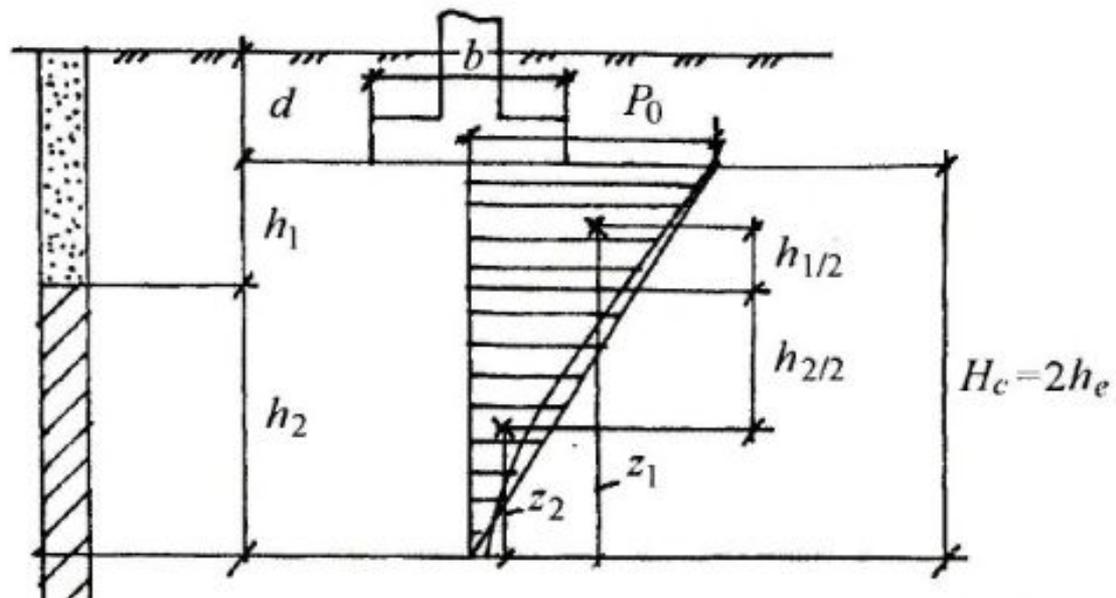
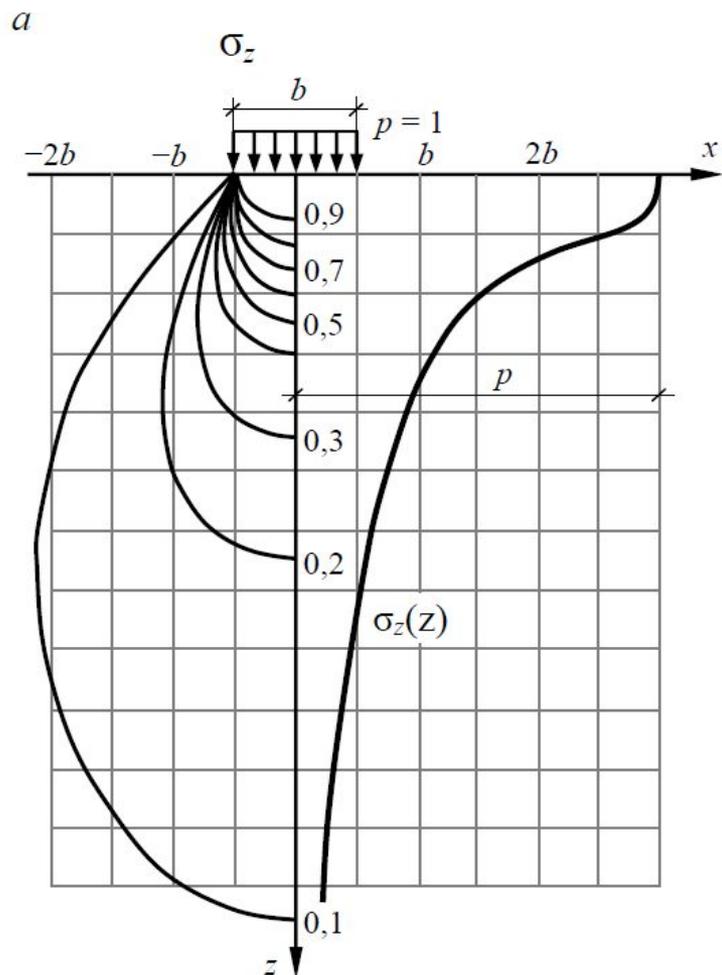
$$E_0 = \frac{1 - \mu - 2\mu^2}{1 - \mu} \times \frac{1}{m_V} = \frac{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}{1 - \mu} \times \frac{1}{m_V} \quad \text{- подставляем в исходную формулу:}$$

$$h_3 m_V = \frac{\omega \times b(1 - \mu)(1 + \mu)(1 - \mu)m_V}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)} \quad h_3 = \frac{(1 - \mu)^2}{1 - 2\mu} \times \omega b$$

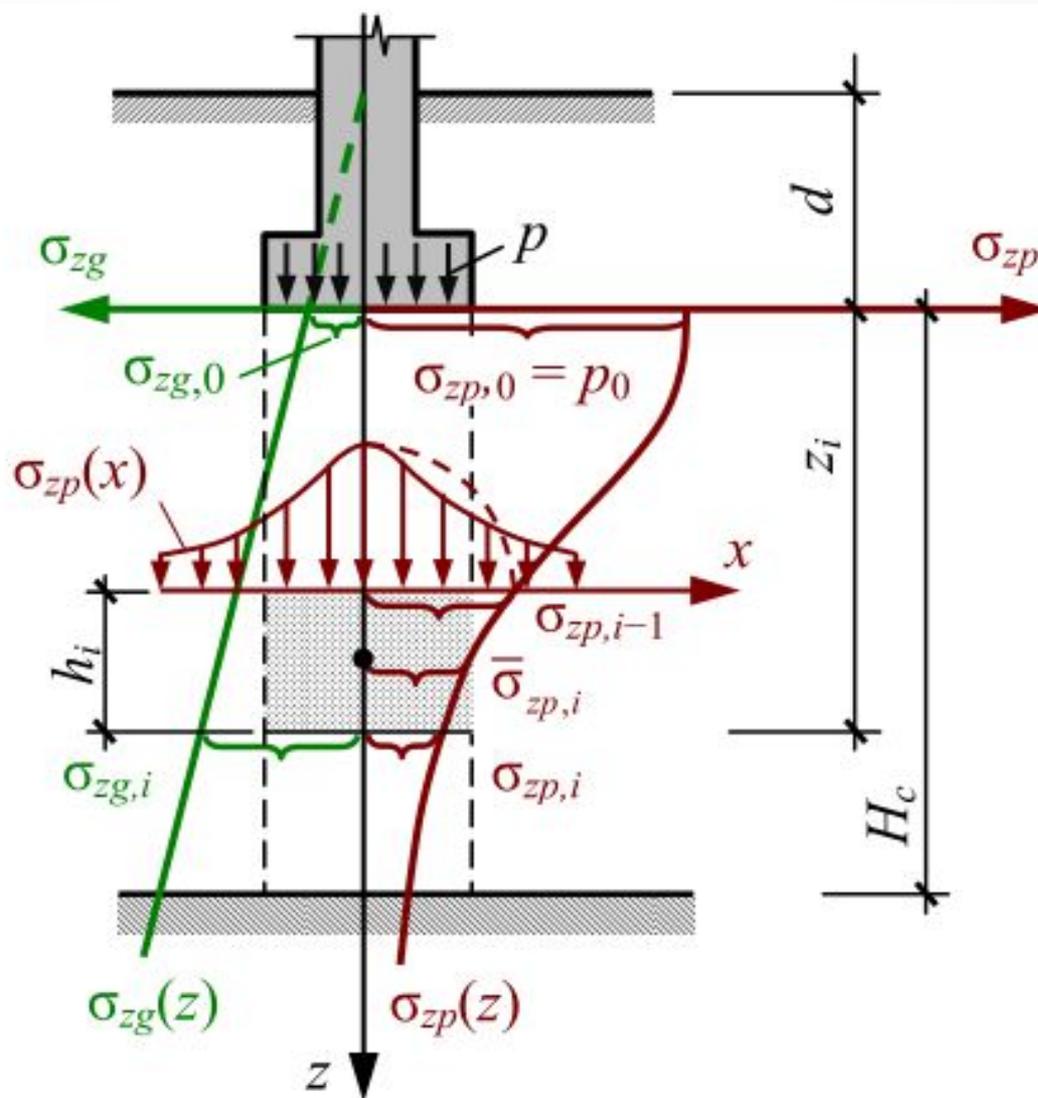
$$h_3 = A \omega b$$

$$S = h_3 m_V p$$

# Осадка методом эквивалентного слоя



# Расчет осадки методов послойного суммирования (по СНиП 2.02.01-83)



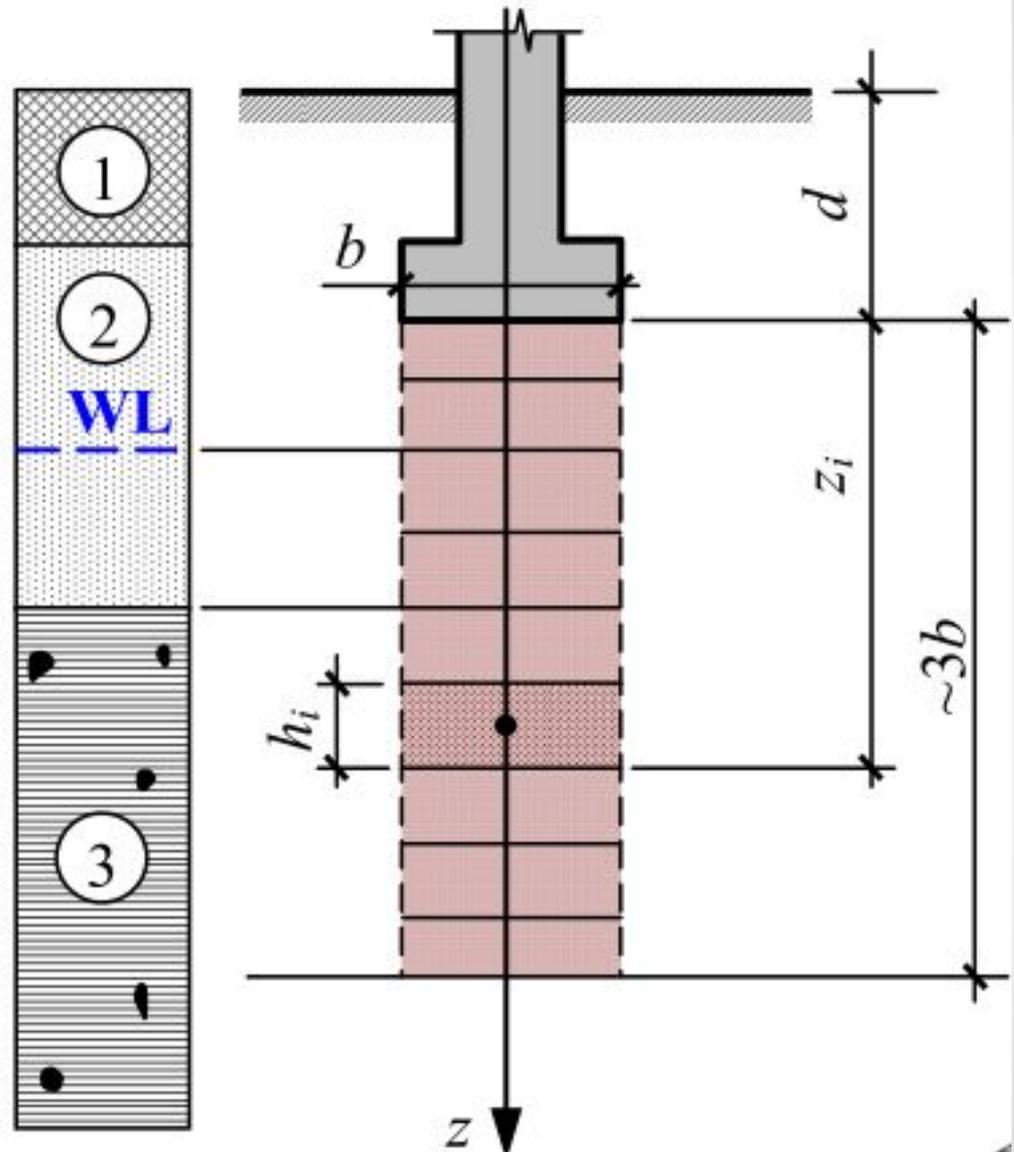
## Основные допущения и положения метода

1. Грунт – сплошная, однородная, изотропная, линейно деформируемая среда.
2. Деформации грунта в пределах полупространства определяются по теории линейной упругости.
3. Осадка фундамента определяется от действия местной гибкой равномерно распределенной нагрузки.
4. Осадка фундамента происходит только за счет уплотнения столба грунта, расположенного непосредственно под подошвой фундамента (боковое расширение грунта в прямом виде не учитывается). Допущение приводит к занижению осадки.
5. Для компенсации возможной ошибки по п.4 в расчет вводится максимальное вертикальное напряжение под центром подошвы фундамента.
6. Вводится ограничение сжимаемой толщи.
7. Осадка основания равна сумме осадок элементарных слоев в пределах мощности сжимаемой толщи  $H_c$ .

# Порядок расчета

1) Разделяют  
грунтовое основание  
фундамента до нижней  
границы сжимаемой  
толщи (до глубины  $\sim 3b$ )  
на элементарные  
однородные слои  
толщиной  $h_i \leq 0,4b$ .

2) Вычисляют  
значения вертикальных  
напряжений от  
собственного веса  
грунта  $\sigma_{zg}$  на границах  
элементарных слоев.



## Порядок расчета

3) Вычисляют значения вертикальных напряжений  $\sigma_{zp}$ , действующих на границах элементарных слоев по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента, от давления  $p_0$ :

$$\sigma_{zp} = \alpha p_0 = \alpha \sigma_{zp,0}$$

$\alpha$  – коэффициент влияния, определяемый по таблице 1 приложения 2 СНиП 2.02.01–83\* в зависимости от относительной глубины  $\xi = 2z / b$  и соотношения размеров подошвы  $\eta = l / b$  (причем  $l > b$ ) или по строгой формуле:

$$\alpha = \frac{2}{\pi} \left[ \arctg \frac{bl}{2z\sqrt{b^2 + l^2 + 4z^2}} + \frac{2blz(b^2 + l^2 + 8z^2)}{(b^2 + 4z^2)(l^2 + 4z^2)\sqrt{b^2 + l^2 + 4z^2}} \right]$$

$$\arctg \frac{bl}{2z\sqrt{b^2 + l^2 + 4z^2}} = x^\circ = x^\circ \frac{\pi}{180^\circ} = \dots \text{ рад}$$

Вычислив  $\sigma_{zp}$ , строят эпюру вертикальных сжимающих напряжений от давления  $p$ .

## Порядок расчета

### 4) Определяют мощность сжимаемой толщи $H_c$

Нижняя граница сжимаемой толщи основания располагается на глубине  $z = H_c$ , отсчитываемой от подошвы фундамента, где выполняется условие:

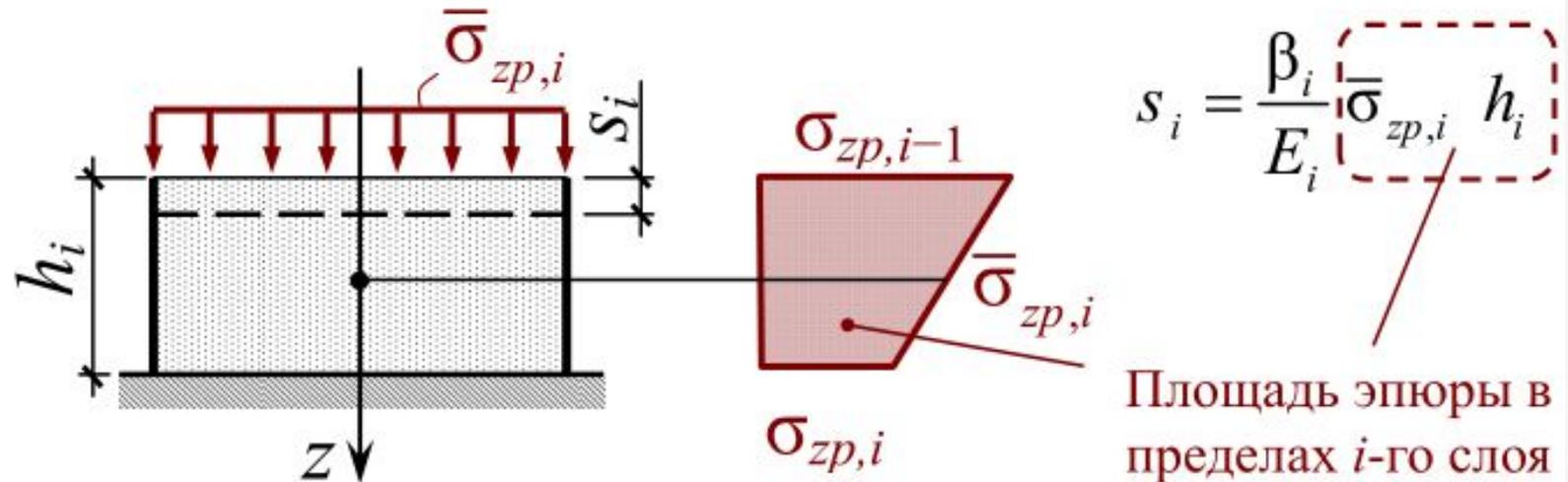
$$\sigma_{zp} = 0,2 \sigma_{zg}.$$

Если найденная по данному условию нижняя граница сжимаемой толщи находится в слое грунта с модулем деформации  $E \leq 5$  МПа или такой слой залегает непосредственно ниже глубины  $z = H_c$ , то нижнюю границу сжимаемой толщи принимают расположенной на глубине, где выполняется условие:

$$\sigma_{zp} = 0,1 \sigma_{zg}.$$

## Порядок расчета

5) Вычисляют значения конечных (стабилизированных) осадок элементарных слоев в пределах сжимаемой толщи



$$\beta_i = 1 - \frac{2 \nu_i^2}{1 - \nu_i}$$

$\beta = 0,8$  – при расчетах по СНиП 2.02.01–83\*

Среднее напряжение  $\sigma_{zp}$  в  $i$ -ом элементарном слое толщиной  $\delta_i$ :

$$\bar{\sigma}_{zp,i} = \frac{\sigma_{zp,i-1} + \sigma_{zp,i}}{2}$$

## Порядок расчета

Ориентировочные значения коэффициент относительной поперечной деформации (по п. 5.4.7.5 ГОСТ 12248–96):

- $\nu = 0,30 \dots 0,35$  – для песков и супесей;
- $\nu = 0,35 \dots 0,37$  – для суглинков;
- $\nu = 0,20 \dots 0,30$  – для глин при  $I_L < 0$ ;
- $\nu = 0,30 \dots 0,38$  – для глин при  $0 \leq I_L \leq 0,25$ ;
- $\nu = 0,38 \dots 0,45$  – для глин при  $0,25 < I_L \leq 1,0$ .

При этом меньшие значения  $\nu$  принимают при большей плотности грунта.

Формула Н. А. Цытовича:  $\nu \approx 0,05 + 0,45 I_L$ .

**б) Вычисляют конечную (стабилизированную) осадку основания фундамента:**

$$S = \sum_{i=1}^n S_i$$

$n$  – количество элементарных слоев в пределах сжимаемой толщи.

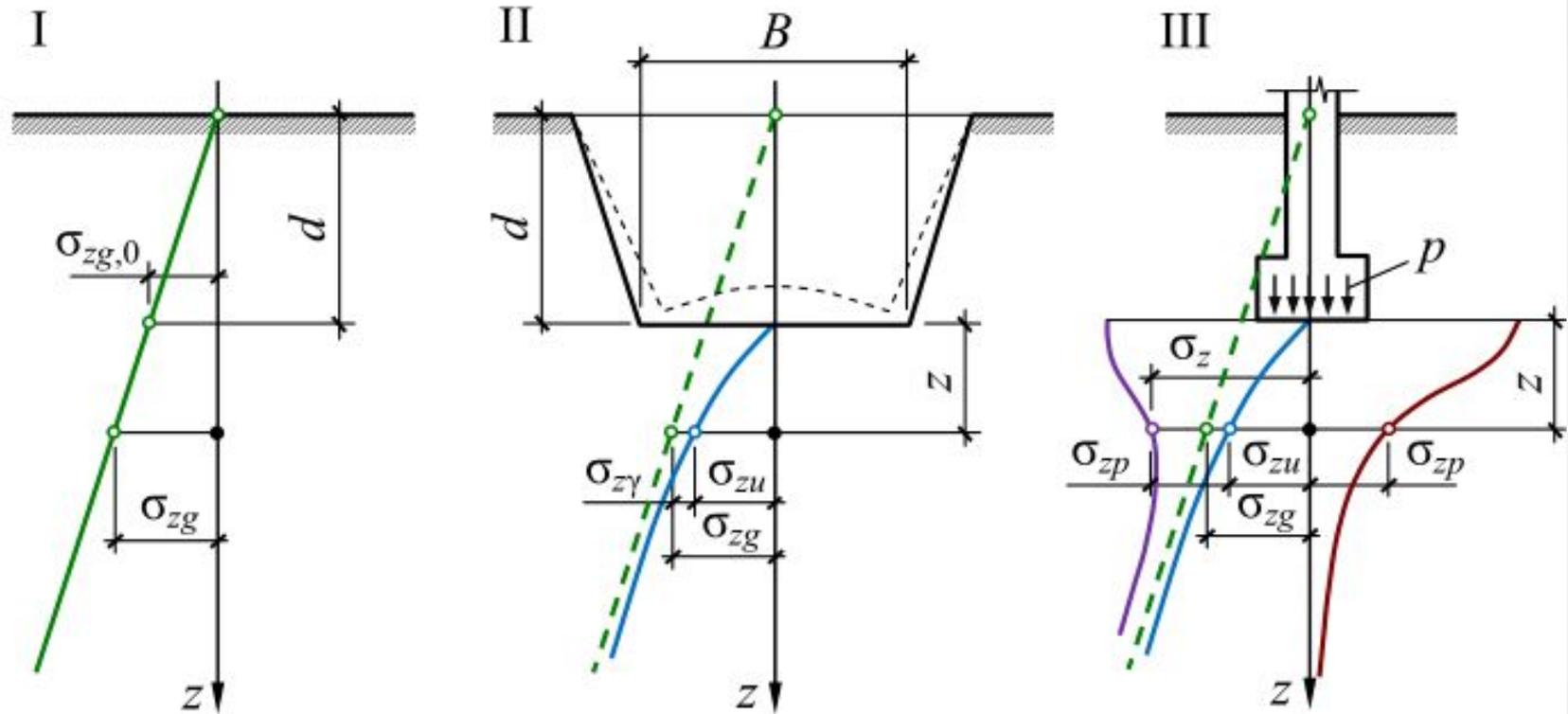
# Порядок расчета

Результаты расчета осадок элементарных слоев  
в пределах сжимаемой толщи (метод СНиП 2.02.01–83\*)

Номер слоя	$z_i, \text{ м}$	$h_i, \text{ м}$	$\gamma_i, \text{ М}$	$\sigma_{zg,i},$ кПа	$\eta$	$\xi_i$	$\alpha_i$	$\sigma_{zp,i},$ кПа	$\bar{\sigma}_{zp,i},$ кПа	$E_i,$ кПа	$s_i,$ мм
—	0	—	—	$\sigma_{zg,0}$	...	0	1,00	$p_0$	—	—	—
1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$i$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$n$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

$$\alpha_i = f(\eta; \xi_i); \quad \xi_i = 2z_i / b$$

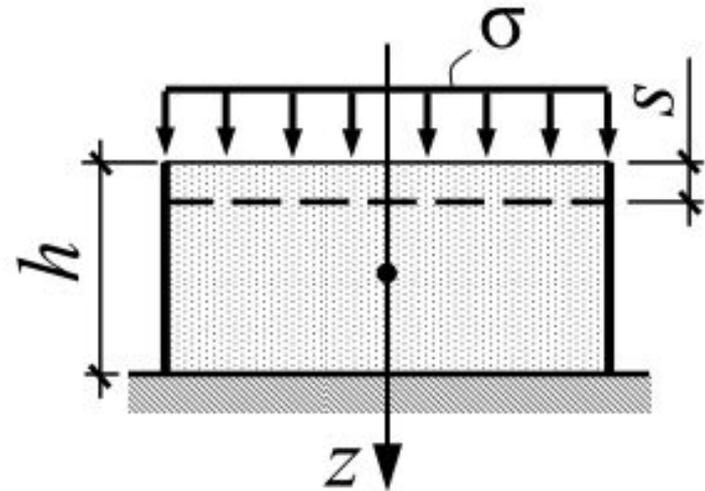
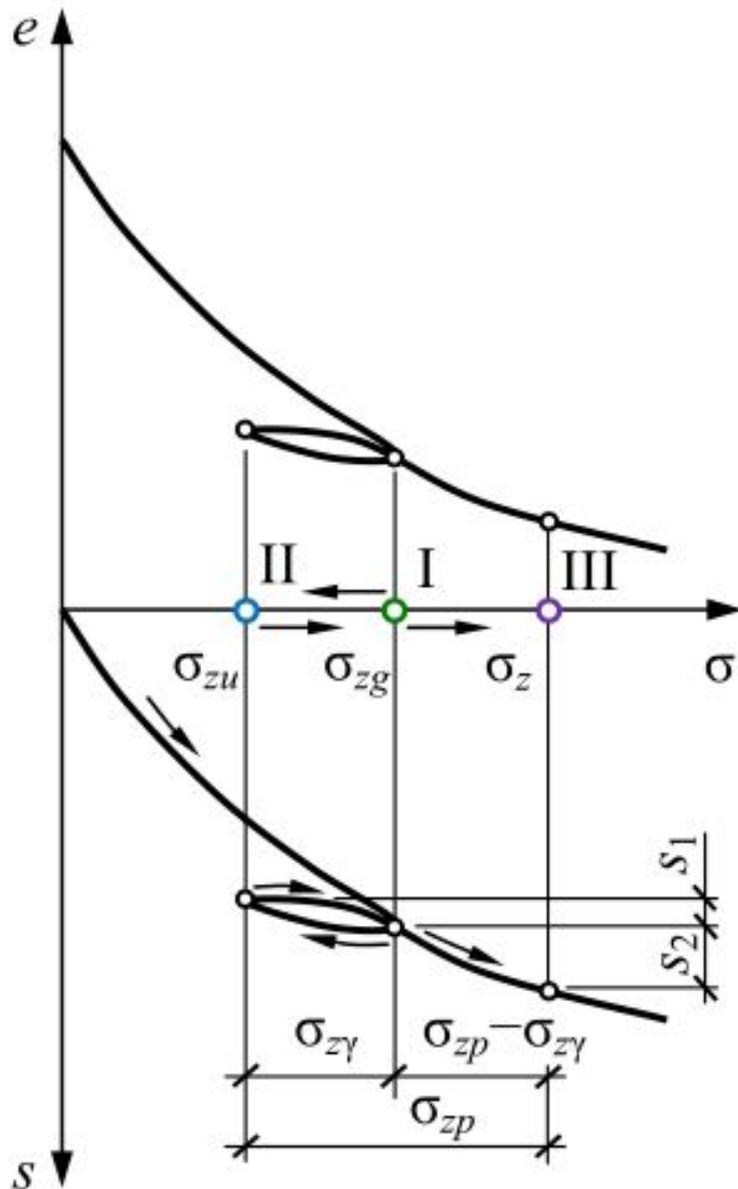
# Расчет осадки основания методом послойного суммирования с учетом разуплотнения грунта при разработке котлована (СП 22.13330.2011)



Вертикальные нормальные напряжения в основании:

- $\sigma_{zg}$  — от собственного веса грунта до вскрытия котлована
- $\sigma_{zu}$  — от собственного веса грунта после вскрытия котлована
- $\sigma_z$  — после нагружения фундамента (суммарные напряжения)
- $\sigma_{zp}$  — от давления  $p$ , передаваемого фундаментом на основание

# Стадии возведения фундамента



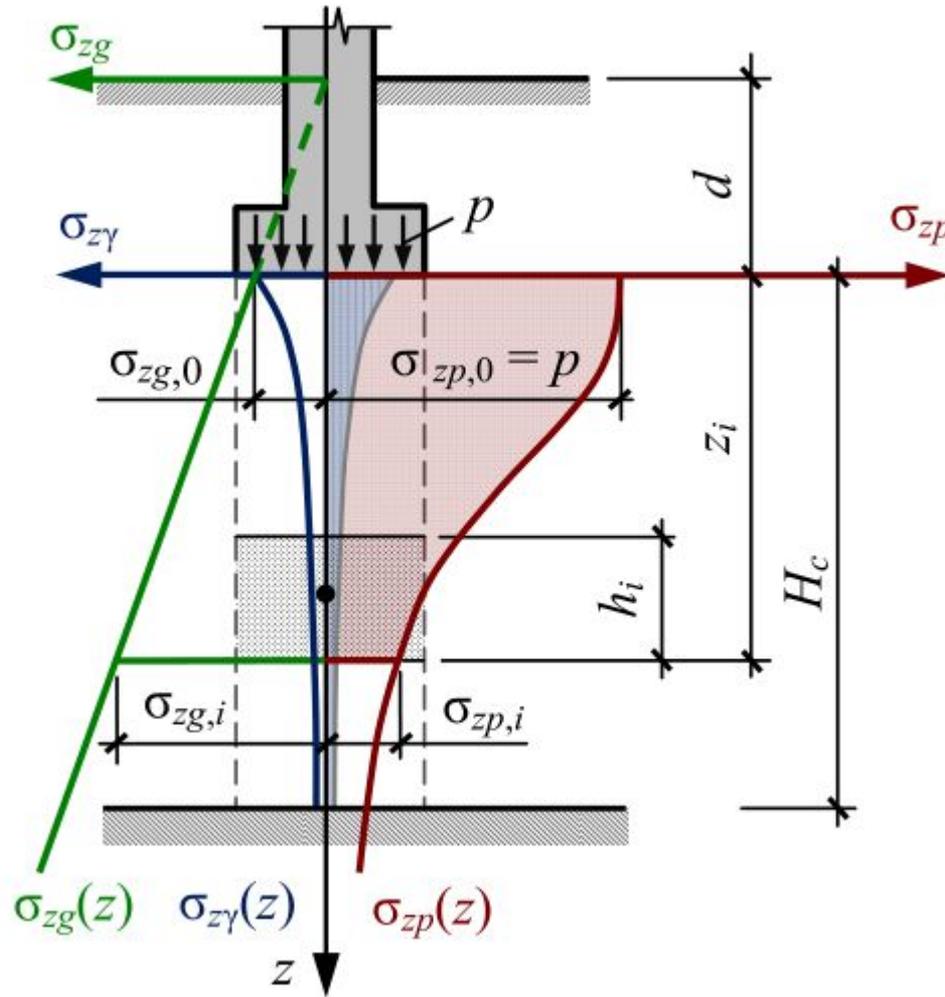
$$s = s_1 + s_2$$

$$s_1 = \sigma_{z\gamma} h \frac{\beta}{E_e}$$

$$s_2 = (\sigma_{zp} - \sigma_{z\gamma}) h \frac{\beta}{E}$$

I, II и III – стадии напряженного состояния основания

# Расчетная схема сооружения



## Порядок расчета

Пункт 1-3 – аналогично, как и в предыдущем методе.

### 4) Определение глубины сжимаемой толщи

Нижняя граница сжимаемой толщи основания располагается на глубине  $z = H_c$ , отсчитываемой от подошвы фундамента, где выполняется условие:

$$\sigma_{zp} = 0,5 \sigma_{zg}.$$

При этом для фундаментов шириной  $b \leq 10$  м мощность сжимаемой толщи  $H_c$  не должна быть меньше  $0,5b$ .

Если найденная по данному условию нижняя граница сжимаемой толщи находится в слое грунта с модулем деформации  $E \leq 7$  МПа или такой слой залегает непосредственно ниже глубины  $z = H_c$ , то этот слой включают в сжимаемую толщу, а за  $H_c$  принимают минимальное из значений, соответствующих подошве слоя или глубине, где выполняется условие:

$$\sigma_{zp} = 0,2 \sigma_{zg}.$$

## Порядок расчета

5) Вычисляют значения разгружающих вертикальных напряжений  $\sigma_{z\gamma}$ , действующих на границах элементарных слоев по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента, вызванных вскрытием котлована (т. е. снятием напряжения  $\sigma_{zg,0}$ ):

$$\sigma_{z\gamma} = \alpha \sigma_{zg,0}$$

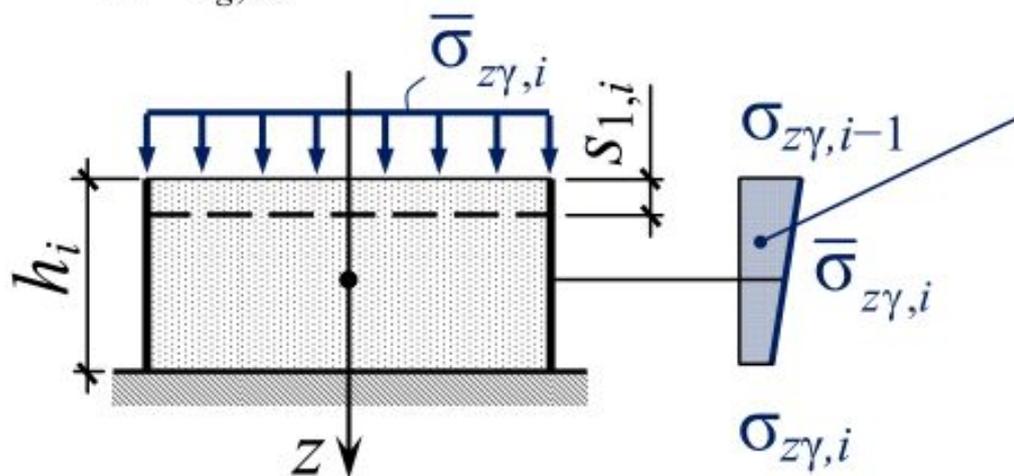
$\alpha$  – коэффициент влияния, определяемый по таблице 5.8 СП 22.13330.2011 в зависимости от относительной глубины  $\xi = 2z/B$  и соотношения размеров котлована  $\eta = L/B$  (причем  $L > B$ ) или по строгой формуле:

$$\alpha = \frac{2}{\pi} \left[ \operatorname{arctg} \frac{B L}{2z \sqrt{B^2 + L^2 + 4z^2}} + \frac{2 B L z (B^2 + L^2 + 8z^2)}{(B^2 + 4z^2)(L^2 + 4z^2) \sqrt{B^2 + L^2 + 4z^2}} \right]$$

Вычислив  $\sigma_{z\gamma}$ , строят эпюру вертикальных разгружающих напряжений.

## Порядок расчета

б) Вычисляют значения конечных (стабилизированных) осадок элементарных слоев в пределах сжимаемой толщи, обусловленных изменением напряжений от  $\sigma_{zu}$  до  $\sigma_{zg}$  (т.е. в результате возрастания давления по подошве фундамента от 0 до  $\sigma_{zg,0}$ ):



Площадь эпюры  $\sigma_{z\gamma}$  в пределах  $i$ -го слоя

$$s_{1,i} = \frac{\beta_i}{E_{e,i}} \bar{\sigma}_{z\gamma,i} h_i$$

Деформационные характеристики при повторном нагружении

При расчетах по СП 22.13330.2011:  $\beta = 0,8$ ;

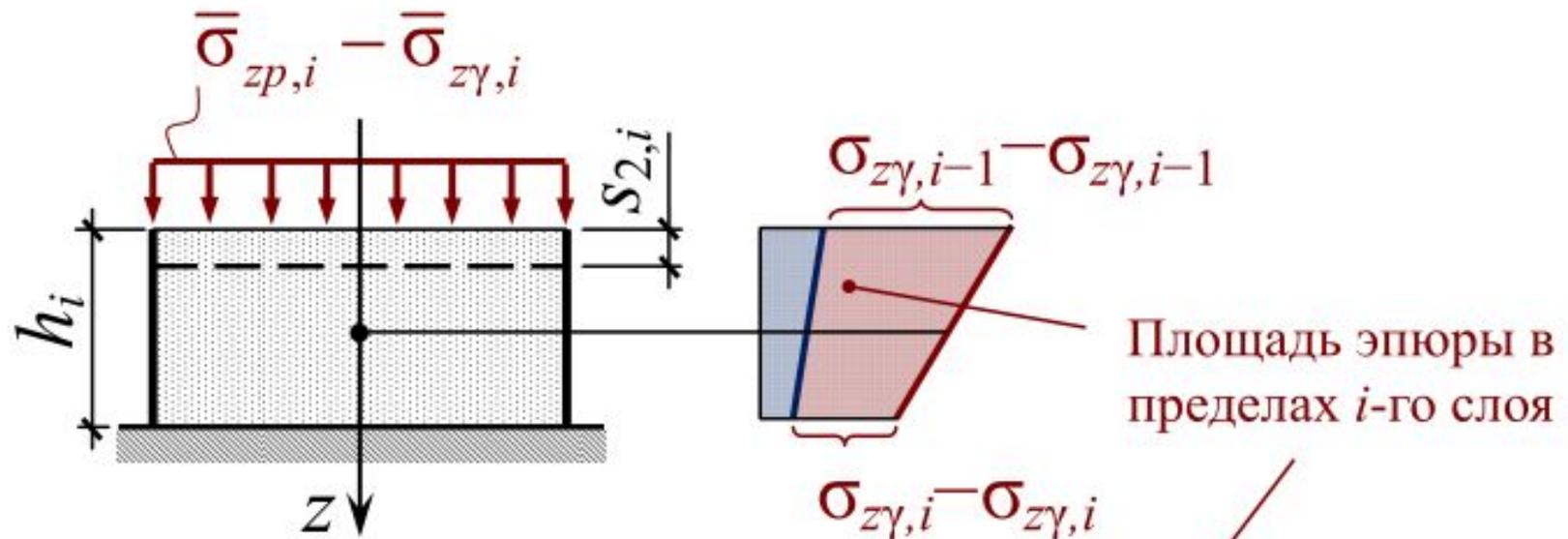
$E_e = 5 E$  (кроме сооружений I уровня ответственности).

Среднее напряжение  $\sigma_{z\gamma}$  в  $i$ -ом элементарном слое толщиной  $\delta_i$ :

$$\bar{\sigma}_{z\gamma,i} = \frac{\sigma_{z\gamma,i-1} + \sigma_{z\gamma,i}}{2}$$

## Порядок расчета

7) Вычисляют значения конечных (стабилизированных) осадок элементарных слоев в пределах сжимаемой толщи, обусловленных изменением напряжений от  $\sigma_{zg}$  до  $\sigma_z$  (т.е. в результате возрастания давления по подошве фундамента от  $\sigma_{zg,0}$  до  $p$ ):



$$s_{2,i} = \frac{\beta_i}{E_i} \left( \bar{\sigma}_{zp,i} - \bar{\sigma}_{z\gamma,i} \right) h_i$$

## Порядок расчета

**8) Вычисляют конечную (стабилизированную) осадку основания фундамента:**

$$S = S_1 + S_2 = \sum_{i=1}^n S_{1,i} + \sum_{i=1}^n S_{2,i}$$

$n$  – количество элементарных слоев в пределах сжимаемой толщи.







euroradio.fm

[www.tvoystroy.ru](http://www.tvoystroy.ru)