

Тема № 6:
Деформации грунтов

Виды деформаций

Вид деформации	Процесс	Типы грунтов
Осадка	Уплотнение под нагрузкой от сооружения	Все типы, кроме скальных
Просадка	Уплотнение за счет нарушения структуры при увлажнении или оттаивании	Лессы, мерзлые грунты
Усадка	Уменьшение в объеме при высыхании	Глинистые грунты
Подъем (морозное пучение)	Увеличение в объеме при промерзании	Глины, суглинки, мелкие и пылеватые пески
Подъем (набухание)	Увеличение в объеме при	Глины ²

Осадка – вертикальное перемещение поверхности основания, возникшее вследствие уплотнения слоев грунта в зоне сжимаемой толщи.

Определение глубины зоны сжимаемой границы грунта

В соответствии с СП 22.13330. 2011 или СНиП 2.02.01-83 (актуализированный) глубина сжимаемой толщи определяется исходя из условия

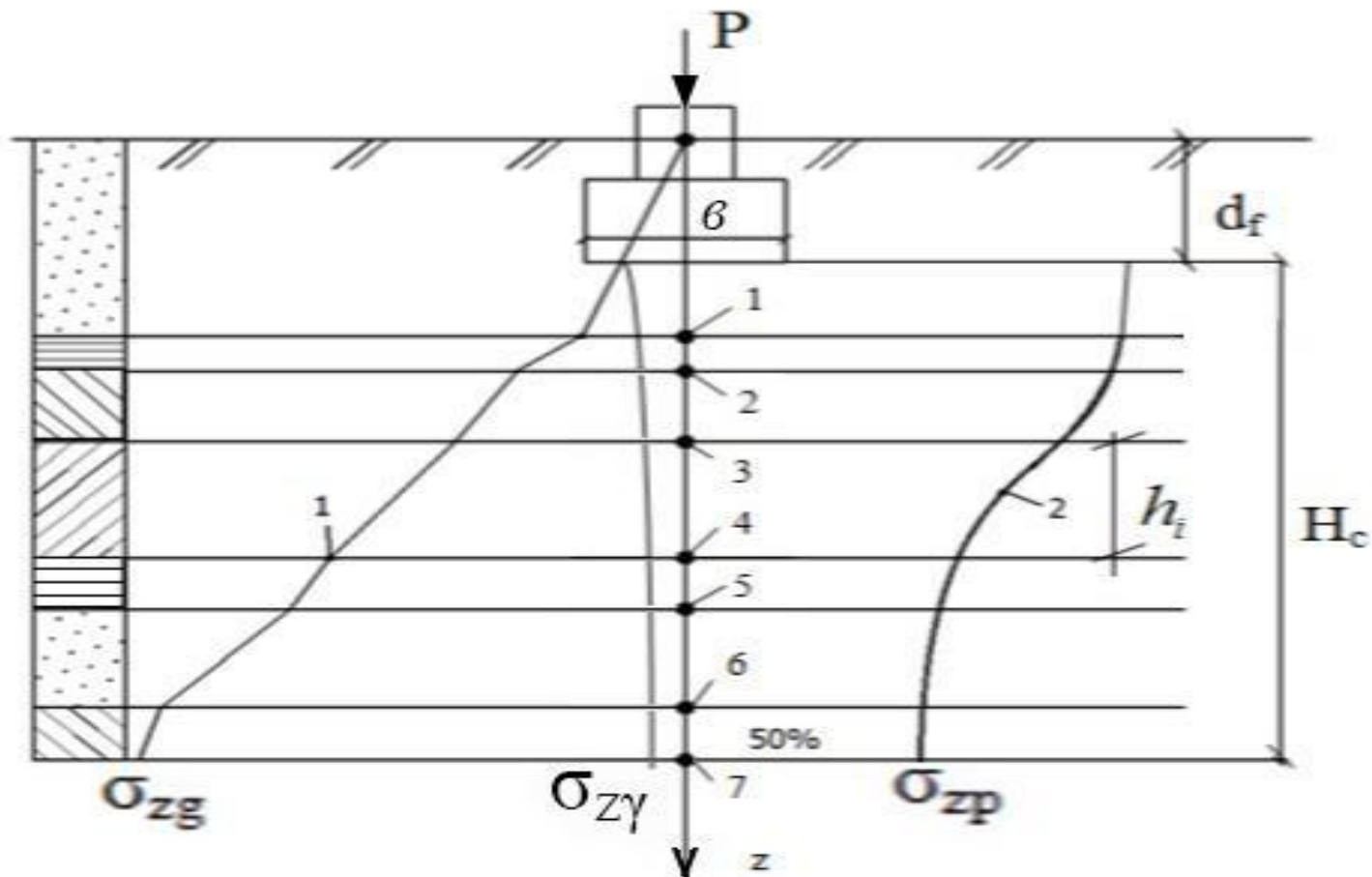
То есть, нижняя граница сжимаемой толщи оснований назначается на глубине, где ордината эпюры дополнительных напряжений (напряжений от внешней нагрузки) составляет 50% от ординаты природного давления (напряжений от собственного веса грунта)

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

Определение осадок методом послойного суммирования

Этот метод рекомендован СП (СНиПом) и является основным при расчете осадок фундаментов зданий и сооружений.

Порядок расчета



1) Производится привязка фундамента и инженерно – геологической ситуации; строится литологическая колонка грунтов

2) Грунт под подошвой фундамента делится на слои так, чтобы в пределах одного слоя грунт был однородным, а толщина слоя не превышала $h_i \leq 0.4b$

3) Определяют напряжения от собственного веса грунта σ_{zg} , напряжения от внешней нагрузки σ_{zp} и напряжения от веса грунта, вынутаго из котлована $\sigma_{z\gamma}$.

$\sigma_{zg,0}$ – напряжение от собственного веса грунта на отметке подошвы фундамента.

Строят эпюры: по σ_{zg} – эпюра 1; по σ_{zp} – эпюра 2, по $\sigma_{z\gamma}$ – эпюра 3.

$$\sigma_{zg}^i = \sum \gamma_i \cdot h_i$$

$$\sigma_{z\gamma} = \alpha_i \cdot \sigma_{zg,0}$$

$$\sigma_{zp}^i = \alpha_i \cdot p$$

4. Определяет границу сжимаемой толщи грунта по условию

$$\sigma_{zp} \leq 0,5\sigma_{zg}$$

H_c – глубина сжимаемой толщи грунта

5. Определяют осадку основания фундамента:

$$S = \beta \sum \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{z\gamma,i}) \cdot h_i}{E_i} + \beta \sum \frac{\sigma_{z\gamma,i} \cdot h_i}{5E_i}$$

где β – безразмерный коэффициент равный 0,8
 E_i – модуль деформации i – го слоя грунта, кПа.

6. Полученную осадку сравнивают с нормативной.

$$S < S_{\text{норм}}$$

Если условие не выполняется, то увеличивают ширину подошвы фундамента или укрепляют основание.

– Если глубина котлована меньше 5м, допускается не учитывать второе слагаемое:

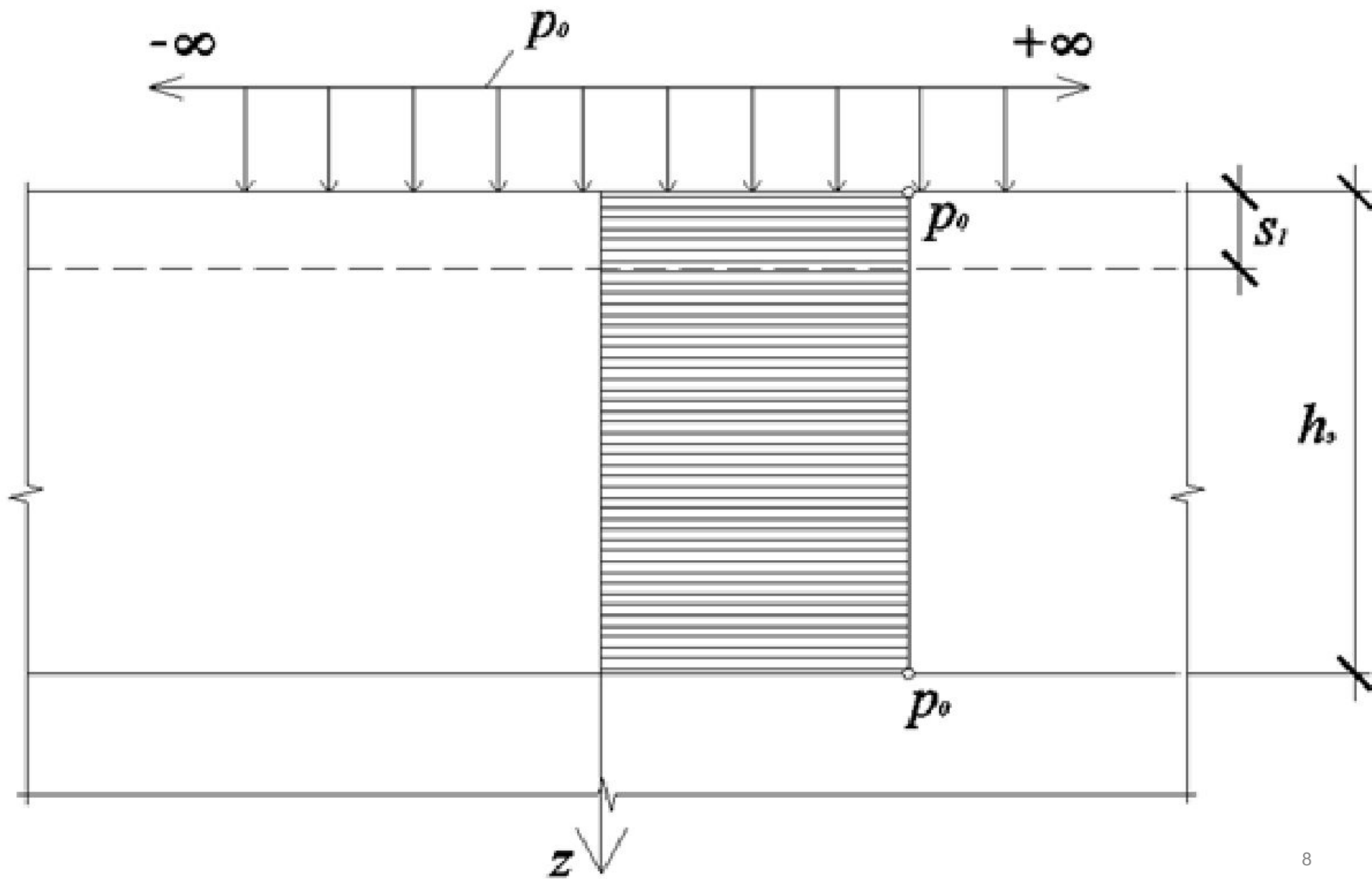
– Если среднее давление по подошве фундамента

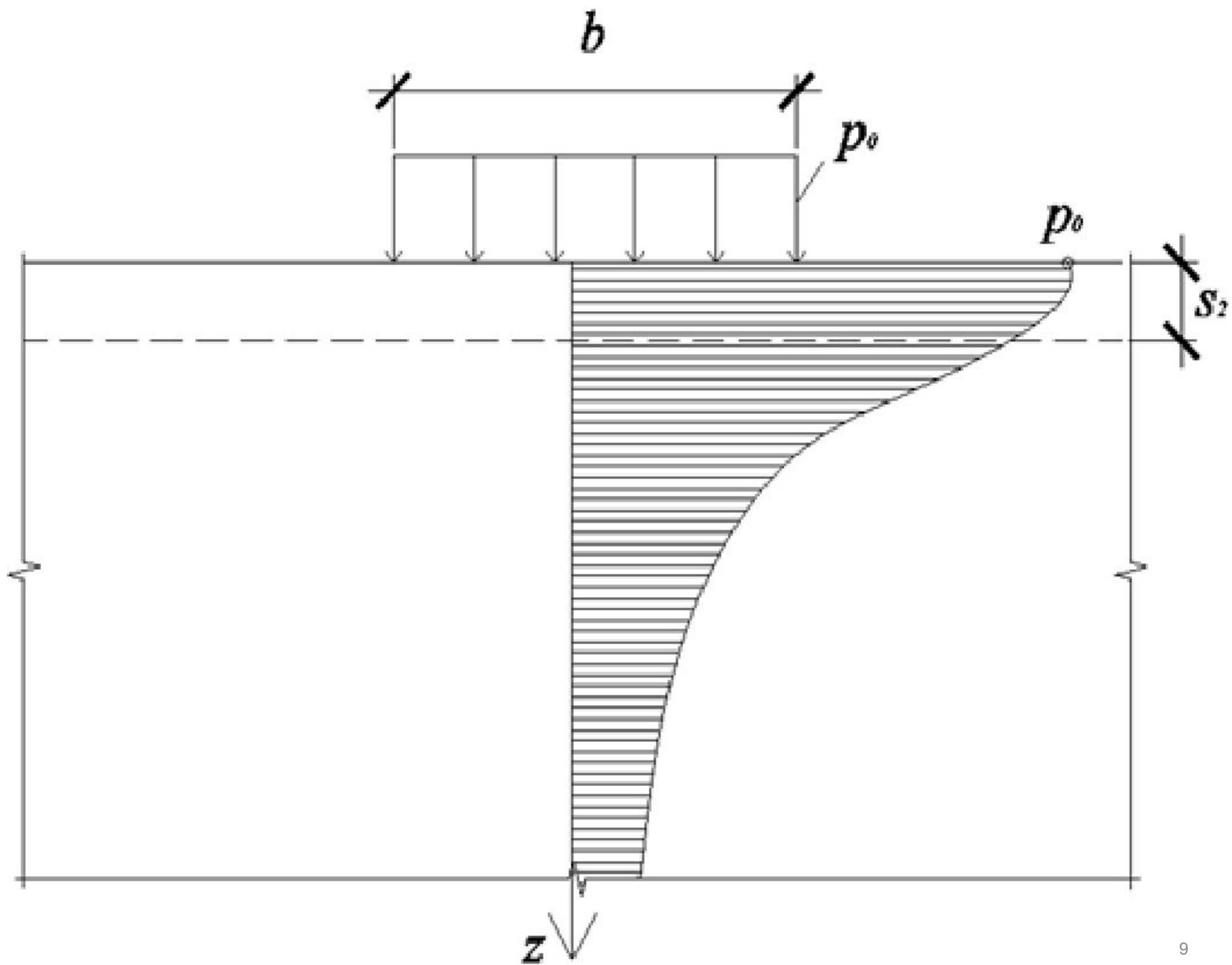
$$p \leq \sigma_{zg,0}, \text{ осадку фундамента определяют по}$$

формуле
$$S = \beta \sum \frac{\sigma_{zp,i} \cdot h_i}{5E_i}$$

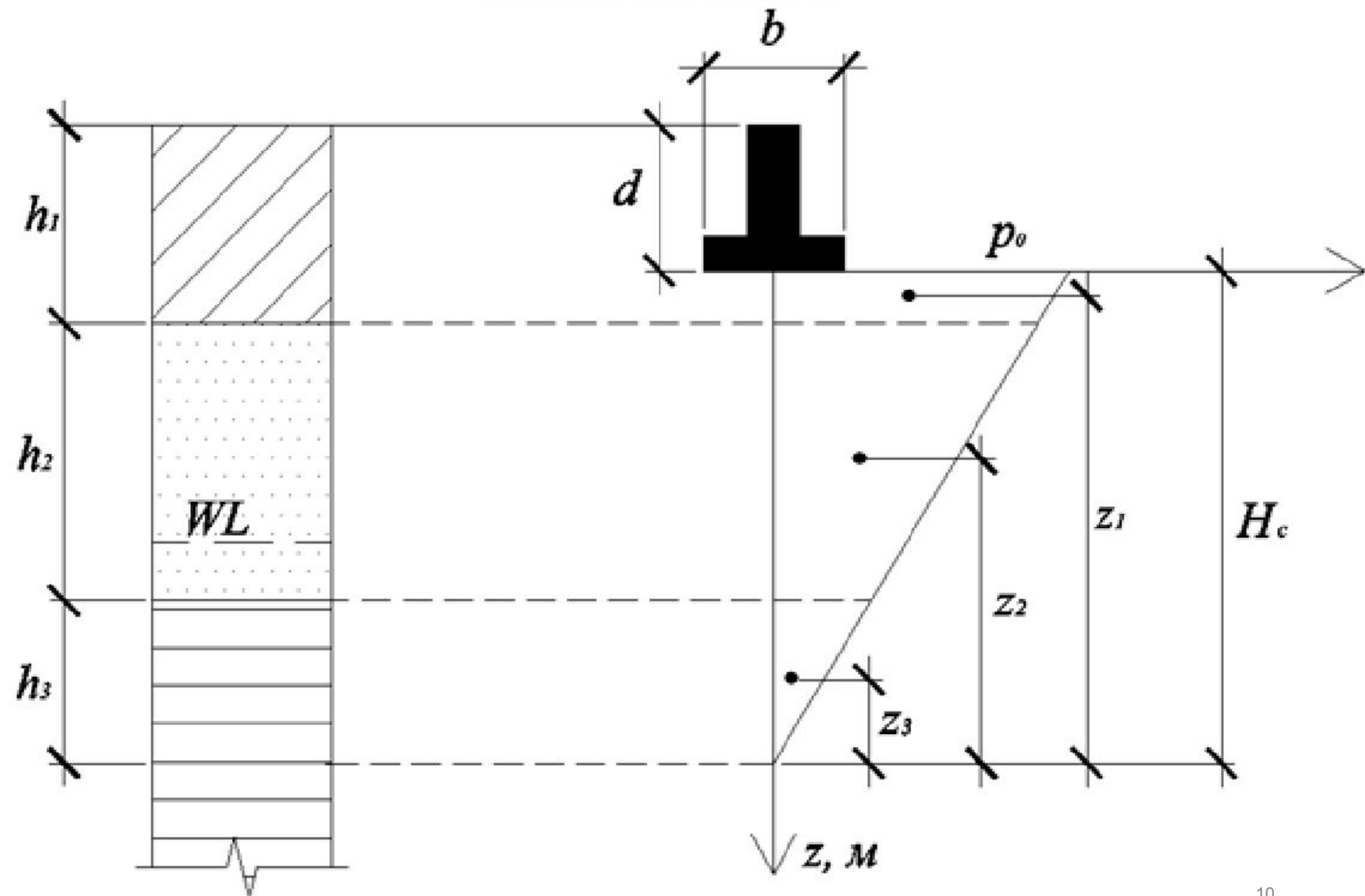
Определение осадок методом эквивалентного слоя грунта (Н.А. Цытовича)

Эквивалентный слой грунта ($h_{\text{э}}$) – это ограниченный по мощности слой, осадка (S_1), которого при сплошной равномерно распределенной нагрузке равна осадке (S_2) фундамента ограниченных в плане размеров при той же интенсивности нагрузки и тех же инженерно-геологических условиях.





Расчетная схема



Для однородного основания

$$s = \frac{\beta}{E} h_{\text{э}} \cdot p_0,$$

Для слоистых оснований

$$s = \overline{m}_v \cdot h_{\text{э}} \cdot p_0,$$

$$\overline{m}_v = \frac{1}{2h_{\text{э}}^2} \sum m_{vi} h_i z_i$$

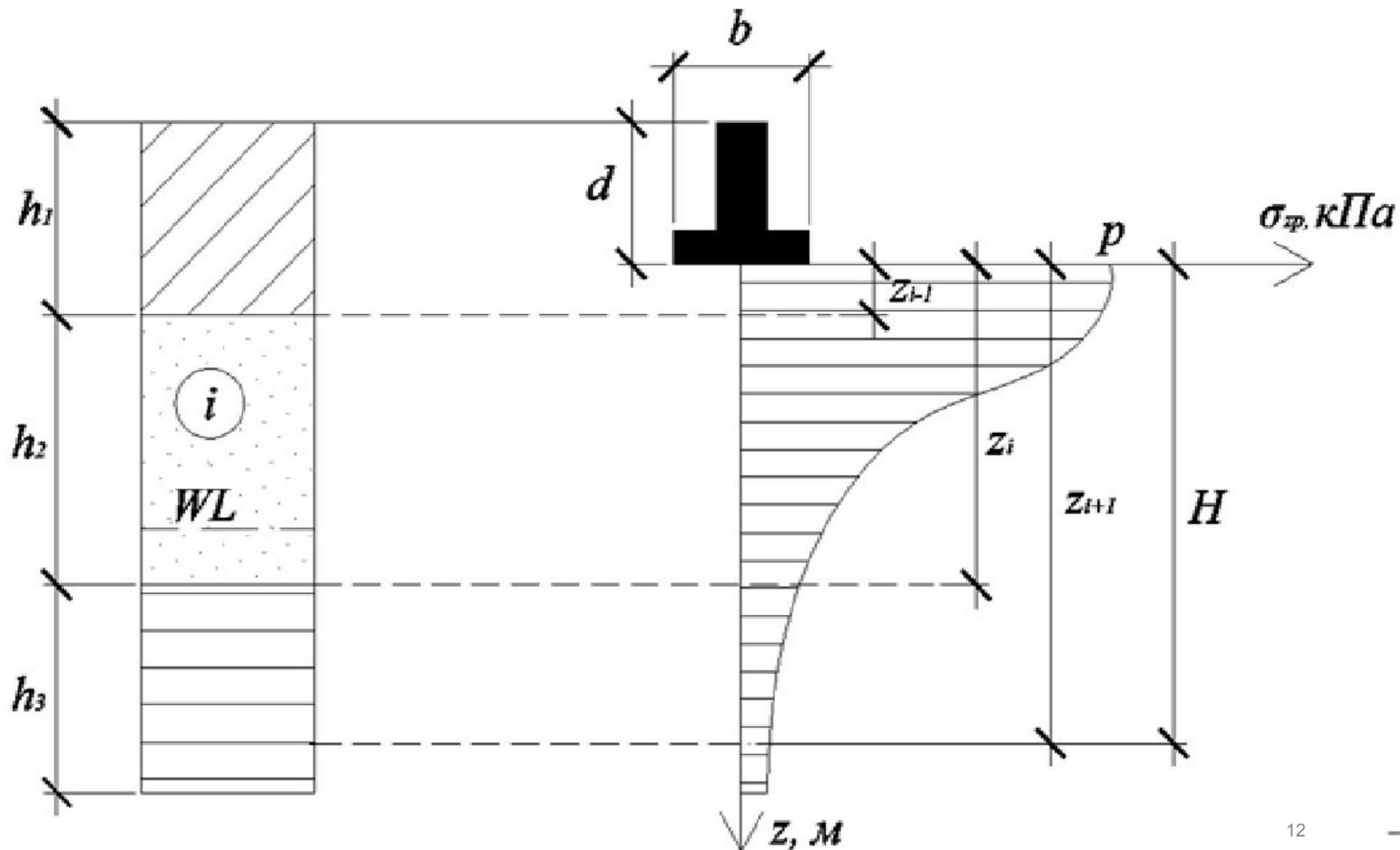
$$m_{vi} = \frac{\beta_i}{E_i}$$

$$H_c = 2h_{\text{э}}, \quad h_{\text{э}} = A\omega b, \quad p_0 = p - \sigma_{zg,0}$$

p_0 – дополнительное давление на основание; z – расстояние от вершины треугольной эпюры до середины рассматриваемого слоя; ω – коэффициент, зависящий от формы и жесткости фундамента; A – коэффициент, зависящий от бокового расширения грунта.

Определение осадок методом линейно деформируемого слоя (К.Е. Егорова)

Расчетная схема



$$s = \frac{k_c}{k_m} pb \sum_{i=1}^n \frac{k_i - k_{i-1}}{E_i}$$

H – толщина линейно деформируемого слоя; $H = (9 + 0.15b)k_p$ – для глинистых грунтов, $H = (6 + 0.1b)k_p$ – для песчаных грунтов; $k_p = 0,8 \dots 1,2$ соответственно при среднем давлении под подошвой фундамента $p = 100 \dots 500$ кПа; z – расстояние от подошвы фундамента до подошвы слоя. Для фундаментов шириной $b < 10$ м принимается $p = p_0$.

$$k_c = f(\zeta)$$

$$k_m = f(E, b)$$

Относительная толщина слоя $\zeta = \frac{2H}{b}$	k_c
$0 < \zeta \leq 0.5$	1,5
$0.5 < \zeta \leq 1$	1,4
$1 < \zeta \leq 2$	1,3
$2 < \zeta \leq 3$	1,2
$3 < \zeta \leq 4$	1,1
$\zeta > 5$	1,0

Среднее значение модуля деформации грунта основания E , МПа	k_m при b , м		
	$b < 10$	$10 \leq b \leq 15$	$b > 15$
$E < 10$	1	1	1
$E \geq 10$	1	1,35	1,5

$$k_i = f\left(\frac{2z_i}{b}, \frac{l}{b}\right) \text{ – определяется по таблице.}$$

Пределные допустимые деформации основания

Вид сооружения	s, см
Производственные и гражданские одноэтажные и многоэтажные здания с полным железобетонным каркасом:	
• Сборным	10
• Монолитным	15
Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами из панелей, крупных блоков или кирпичной кладки без армирования	12