

**Государственный университет морского и речного
флота имени адмирала С.О. Макарова**

**КАФЕДРА ПОРТОВ, СТРОИТЕЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА, ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ**

ЛЕКЦИЯ № 4

**Распределение напряжений в
массиве грунта**

по дисциплине: **«Механика грунтов»**

Специальность 270104.65 «Гидротехническое строительство»

Санкт-Петербург

2013

УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Определение напряжений в грунтах.
2. Построение эпюры напряжений от собственного веса грунта.

Литература

Основная:

1. Кириллов В.М. Механика грунтов. Учебное пособие. СПб.: СПГУВК.2006.
2. Далматов Б.И., Бронин В.Н., Карлов В.Д. и др. Механика грунтов. Часть 1, Основы геотехники. М.,СПб.:изд.АСВ,2000.-201с.
3. Шишлов С.Б., Кириллов В.М. Инженерная геология и свойства грунтов. СПб.:СПГУВК,2005.-172с.

Дополнительная:

1. Ухов С.Б., Семенов В.В., Знаменский В.В. Механика грунтов, основания и фундаменты. Учебное пособие. 4-е изд. М.: Высшая школа,2007.-566с.

1. Определение напряжений в грунтах

В теории линейно-деформируемых тел приняты следующие основные положения:

1. Грунт состоит обычно из трёх компонентов: минерального скелета, воды и воздуха, однако возможно его рассматривать как квазисплошное тело, то есть тело, имеющее свойства сплошного однородного тела, в котором трещины и пустоты отсутствуют. Грунт можно рассматривать как тело изотропное, обладающее одинаковыми деформационными свойствами в разных направлениях.

2. Для грунта характерно наличие остаточных деформаций. При полном снятии нагрузки все деформации не исчезают, а упругие (то есть восстанавливающиеся) бывают часто значительно менее неупругих (остаточных) деформаций. Поэтому в теории линейно-деформируемых тел рассматривается только процесс нагрузки, а процесс разгрузки, если в том есть необходимость, рассматривается особо.

3. Считается, что нагрузки на грунт не вызывают его разрушения и далеки от предельных, поэтому в грунтовой массе не возникает трещин, разрывов, срезов и т.д., то есть не нарушается "квазисплошность".

4. Связь между полными напряжениями и общими деформациями принимается линейной. Таким образом считается справедливым закон Гука, связывающий напряжения и деформации. Деформации считаются малыми.

На грунт, как линейно-деформируемое тело, влияет ряд факторов, создающих напряжение в грунте:

- инженерно-геологические и гидрологические условия площадки;
- физико-механические свойства грунтов;
- характер режима нагружения фундамента;
- размеры, форма и жёсткость фундамента;
- глубина заложения фундамента;
- время действия нагрузки.

В грунте постоянно происходят различного рода перемещения:

- смещение частиц и их агрегатов в сторону заполнения пор;
- выдавливание воды и воздуха из пор;
- частичная поломка частиц и связей между ними, сопровождающаяся возникновением новых контактов;
- пружинистые деформации частиц пластинчатой, чешуйчатой, игольчатой формы:
- сжатие, защемление пузырьков газа, заключённых в закрытых порах грунта;
- расплющивание гидратных оболочек плёнок связной воды вокруг грунтовых частиц

Распределение напряжений

Распределение напряжений в основании зависит от формы фундамента в плане. В строительстве наибольшее распространение получили ленточные, прямоугольные и круглые фундаменты. Таким образом, основное практическое значение имеет расчет напряжений для случаев плоской, пространственной и осесимметричной задач.

Напряжения от вертикальной сосредоточенной нагрузки

Пусть рассматривается отдельный малозаглубленный фундамент и нужно определить напряжение σ_z в т. M , причем $l > b$ (рис. а). Действие фундамента на грунт можно заменить сосредоточенной силой F_v , приложенной в центре подошвы (рис. б). Для этой задачи получено решение, дающее формулы для всех компонентов напряжений (Буссинеск)

Например, для напряжения σ_z :

$$\sigma_z = k \frac{F_v}{z^2}$$

где k - коэффициент, значения которого приведены в табл. 1.

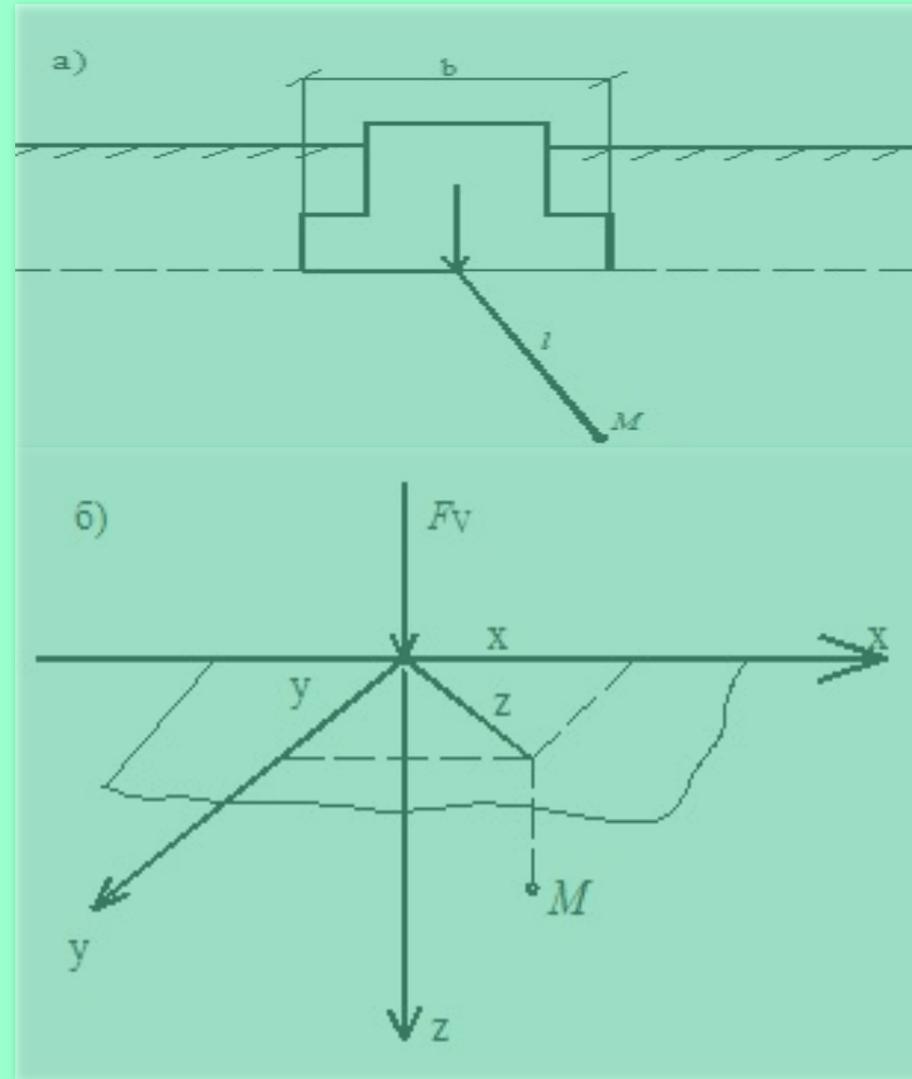
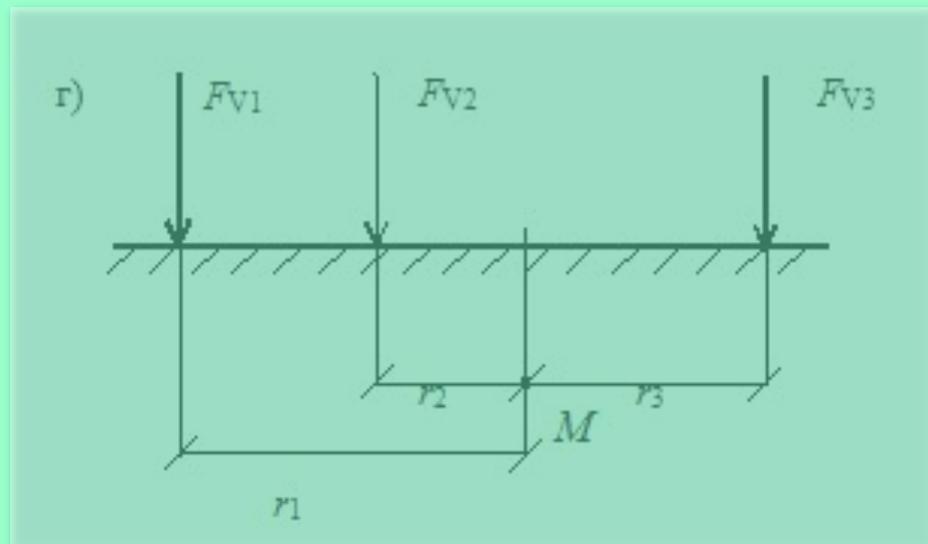


Таблица 1 – Значения коэффициента

r/z	κ	r/z	κ	r/z	κ
0	0,48	0,6	0,22	1,5	0,025
0,1	0,46	0,7	0,18	1,8	0,02
0,2	0,43	0,8	0,14	2,0	0,009
0,3	0,38	0,9	0,11	2,5	0,003
0,4	0,33	1,0	0,08	3,0	0,0015
0,5	0,27	1,25	0,04	4,0	0,0004

Если необходимо определить напряжение от группы сосредоточенных сил, рассчитываются и суммируются напряжения от каждой силы (принцип суперпозиции):

$$\sigma_z = \frac{1}{Z^2} \sum_{i=1}^n \kappa_i F_{vi}$$



Напряжения от нагрузки, равномерно распределенной на прямоугольной площадке

Пусть нагрузка p распределена на площадке с размерами b и l . Тогда напряжения в любой точке основания можно определить аналогично предыдущей формуле, приняв элементарную вертикальную нагрузку в виде $dF = p \cdot dx \cdot dy$ и заменив суммирование интегрированием по площади. В итоге напряжение определяется по простой формуле:

$$\sigma_z = \alpha p,$$

где α – коэффициент рассеяния напряжений с глубиной, зависящий от положения рассматриваемой точки и формы загруженной площадки.

Например, для точки на вертикали под центром площадки α есть функция двух безразмерных параметров

$$\eta = l/b \text{ и } \xi = 2z/b$$

(табл. 2)

Таблица 2 - Значение углов								
$2z/b$	Круг	Значения α для прямоугольной площадки при $\eta = l/b$						
		1,0	1,4	1,8	2,4	3,2	5	Полоса $l/b > 10$
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,949	0,960	0,972	0,975	0,976	0,977	0,977	0,977
0,8	0,756	0,800	0,848	0,866	0,876	0,879	0,881	0,881
1,2	0,547	0,606	0,682	0,717	0,739	0,749	0,754	0,755
1,6	0,390	0,449	0,532	0,578	0,612	0,629	0,639	0,642
2,0	0,285	0,336	0,414	0,462	0,505	0,530	0,545	0,550
2,4	0,214	0,257	0,325	0,374	0,419	0,449	0,470	0,477
2,8	0,165	0,201	0,260	0,304	0,349	0,383	0,410	0,420
3,2	0,130	0,160	0,210	0,251	0,294	0,329	0,360	0,374
3,6	0,106	0,131	0,173	0,209	0,250	0,285	0,319	0,337

Определение напряжений в массиве грунта от сосредоточенной силы (задача Буссинеска, 1985 г.)



Полупространство ∞
простилающееся вниз

Определить значения

вертикальных напряжений σ_z и
касательных напряжений $\tau_{zx}; \tau_{zy}$
в точке M, расположенной на
площадке параллельной плоскости
ограничивающий массив.

$$\sigma_r = \frac{3}{2} \frac{P \cos \beta}{\pi R^2}$$

$$\tau_{zy} = K \cdot \frac{P \cdot Y}{Z^3}$$

$$\tau_{zx} = K \cdot \frac{P \cdot X}{Z^3}$$

$$K = f\left(\frac{r}{Z}\right) \text{ - опред. по таблице}$$

Напряжения от полосовой равномерно распределенной нагрузки

Грунт работает в условиях плоской задачи. При этом нормальное напряжение вдоль оси y постоянно, касательные в плоскости xz отсутствуют и напряженное состояние в осях xoz характеризуется:

$$\sigma_x, \sigma_z, \tau$$

Такое напряженное состояние возникает под ленточными фундаментами стен, насыпями земляного полотна и др. Расчетная схема приведена на рис.. Требуется определить напряжения в произвольной точке M .

Очевидно, что для этого случая можно также использовать формулу

$$\sigma_z = \alpha p,$$

принимая α по последнему столбцу табл. 2.

Формулы для главных напряжений

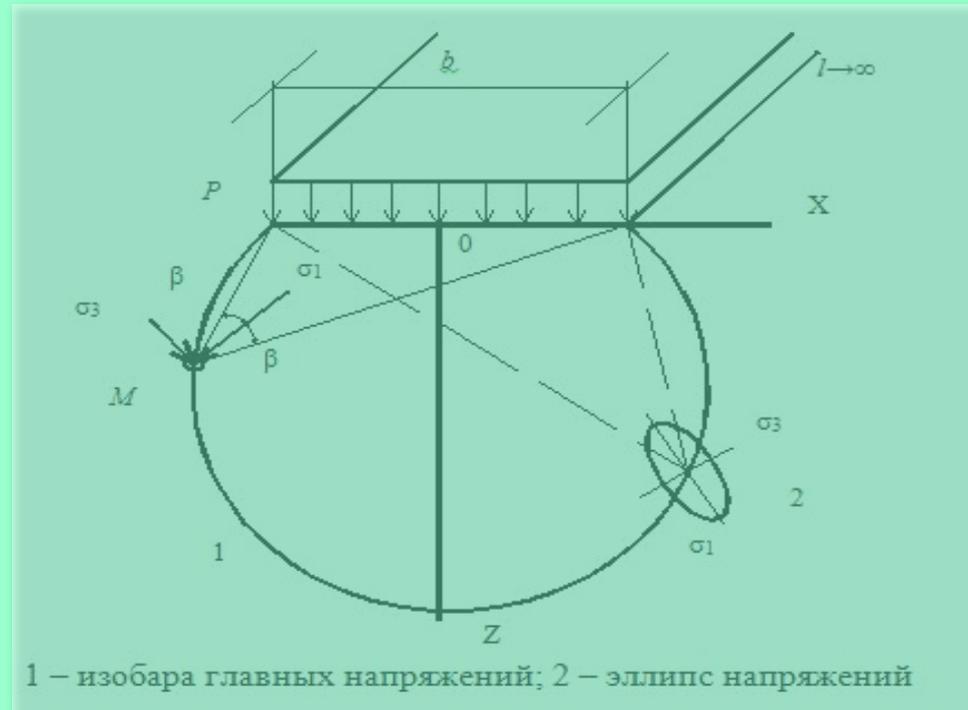
$$\sigma_1, \sigma_3$$

При этом в точках на осевой вертикали в силу симметрии будет $\sigma_1 = \sigma_z$ и $\sigma_3 = \sigma_x$.

Главные напряжения равны:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_1 \\ \sigma_3 \end{array} \right\} = \frac{p}{\pi} (2\beta \pm \sin 2\beta),$$

где 2β – угол, под которым видны края полосы из т. M (угол видимости)



Из формулы очевиден вид изолиний главных напряжений: это окружности с центром на оси z , проходящие через точку M и края полосы. Во всех точках $2\beta = \text{const}$, поскольку угол опирается на одну и ту же хорду – нагруженную полосу шириной b . Напряженное состояние в любой точке удобно характеризовать эллипсом напряжений (см.рис.)

2. Построение эпюры напряжений от собственного веса грунта

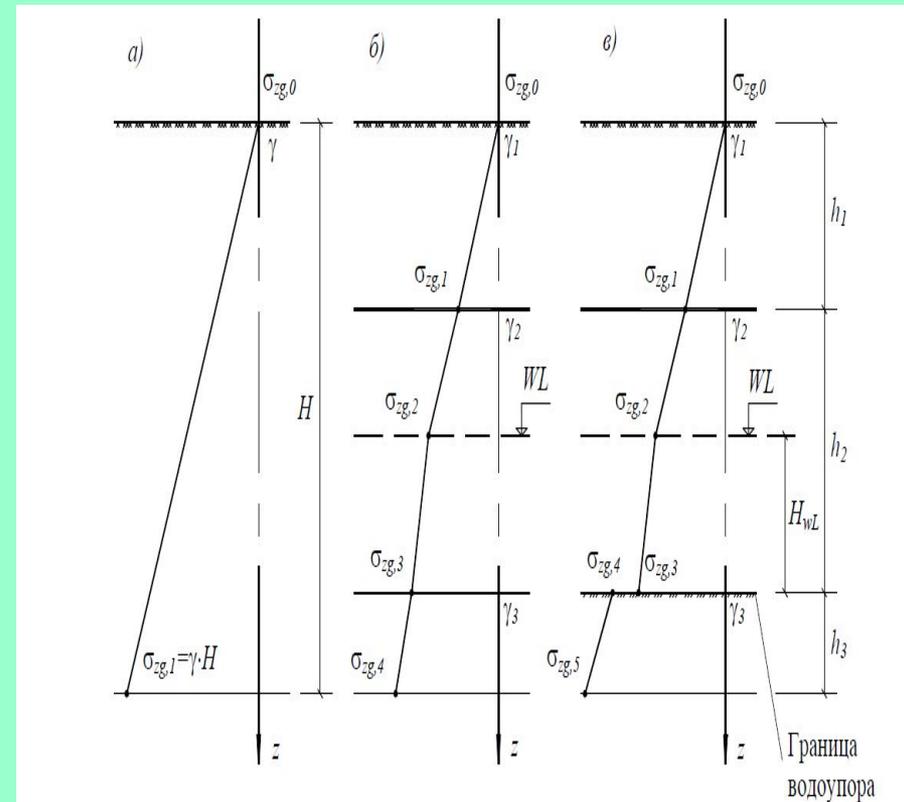
Вертикальные напряжения от собственного веса грунта называют бытовыми давлениями, а график их изменения по глубине – эпюрой бытовых давлений. Напряжения от собственного веса грунта определяются на основании следующих упрощающих гипотез:

- 1) напряженным состоянием грунта при действии его собственного веса является осесимметричное компрессионное сжатие;
- 2) вертикальные напряжения в грунте определяются суммированием напряжений от веса элементарных слоев грунта;
- 3) грунт, находящийся ниже уровня грунтовых вод, испытывает взвешивающее действие воды;
- 4) слой грунта, находящийся ниже водоносного слоя, называется водоупором и испытывает на своей поверхности гидростатическое давление водяного столба

Характерные эпюры распределения бытовых напряжений

а-однородный массив;. **б**- массив из трех инженерно-геологических элементов;

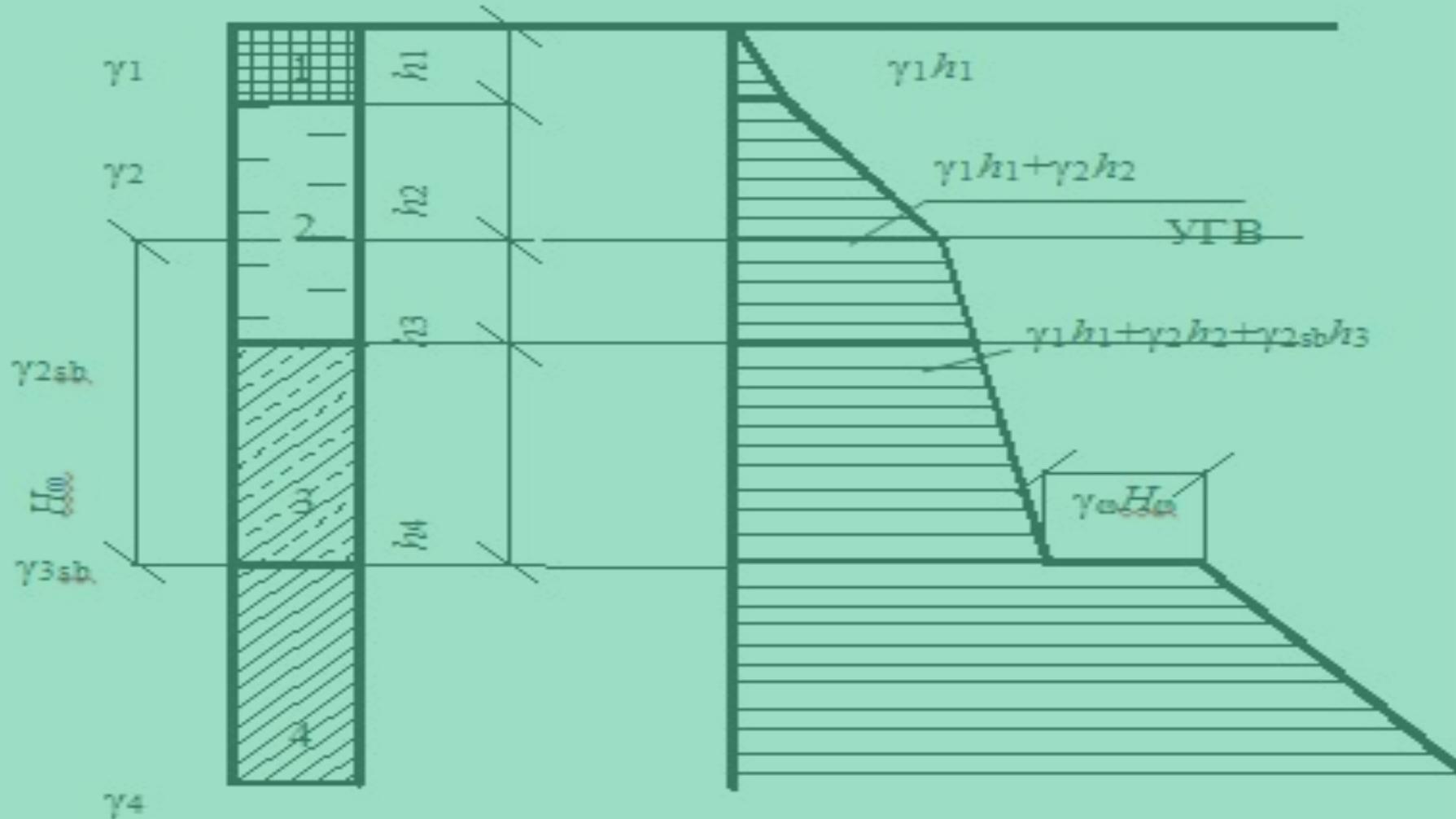
в- то же, но третий слой является водоупором



Эпюра напряжений:

1 – насыпной слой с удельным весом γ_1 ;

2 – песок; 3 – супесь; 4 – суглинок



Спасибо за внимание