МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (Сибстрин)

Давление грунта на подпорные стенки

Выполнила:
Ст.501 гр.
Евдокимова Е.В.

Проверил:
Молчанов В.С.

Содержание

- **Понятие об активном давлении и пассивном отпоре грунта**
- **Поверхности скольжения**
- **Давление сыпучего грунта на вертикальную подпорную стенку при отсутствии трения на задней гране**
- **Влияние сплошной равномерно распределенной нагрузки**
- **Учет сцепления**
- **Определение давления грунта на подпорную стенку графо-аналитическим методом Ш. Кулона**
- **Давление грунта на трубы и тоннели**

Откос – это элемент любого искусственного сооружения из грунта. Потеря устойчивости с обрушением откоса или его части может привести к катастрофам с тяжелыми последствиями, особенно для высоких дорожных насыпей, плотин, глубоких карьеров.

Закономерности формирования склонов и склоновые процессы изучают в инженерной геологии. Откосы искусственных грунтовых сооружений находятся под влиянием различных природных и техногенных воздействий. Поэтому проектированию откосов с количественной оценкой их устойчивости методами механики грунтов должен предшествовать детальный анализ инженерно-геологических условий. Только на его основе можно обосновать адекватные расчетные схемы и методы расчета, выбрать расчетные показатели механических свойств грунтов, а при необходимости рекомендовать оптимальные меры повышения устойчивости.

Можно выделить два подхода к решению задач устойчивости откосов:
– детальный анализ напряженно-деформированного состояния откоса и его изменения во времени вплоть до предельного состояния;
– рассмотрение напряженного состояния откоса в предельном состоянии с принятием наиболее вероятной схемы его разрушения.

Первый, более общий подход, используется в особо сложных и ответственных ситуациях, например, при проектировании высоких плотин в гидротехнике. Он требует применения сложных моделей грунта, трудоемких вычислений, а также очень тщательного определения механических характеристик грунтов, в том числе реологических.
В проектной практике промышленного и гражданского строительства обычно используют второй подход, называемый иногда “предельным анализом”. Это связано с тем, что он проводится методами теории предельного напряженного состояния (предельного равновесия), различаясь лишь в отношении степени принимаемых гипотез или упрощений.

Подпорные стенки — это сооружения, удерживающие грунт от обрушения в откосах насыпей и выемок.
Если участок расположен в местности с большим уклоном, не слишком удобным для озеленения и использования, то, как правило, вместо ровного склона создают систему террас, при этом вертикальные или очень крутые откосы закрепляют подпорными стенками, а территорию между ними выполаживают.

Без стенок откосы просто обвалятся или оплывут. В укреплении откосов (особенно крутых) нуждаются практически все благоустраиваемые водотоки и водоемы — реки, озера, пруды и т. д. При необходимости создают противооползневые подпорные стенки, которые бывают как надземными, так и подземными

По характеру работы различают отдельно стоящие стенки и связанные с примыкающими сооружениями. Также подпорные стенки бывают гидротехническими и не подверженными давлению воды.

В общестроительных работах подпорные стенки подразделяются на низкие — высотой до 10 м, средние — от 10 до 20 м и высокие — 20–30 и более метров.

В ландшафтном проектировании в большинстве случаев может быть использована та же классификация, но с уменьшением размеров в 10 раз, т.е. до 1 метра, от 1 до 2 м, 2–3 м и более. Средние и высокие стенки целесообразно рассчитывать специальными (в том числе на основе компьютерных программ) методами, а не принимать размеры, исходя исключительно из конструктивных соображений.

По принципу работы различают 4 вида подпорных стенок

1	Массивные; их устойчивость обеспечивает собственный вес, а материал испытывает сжимающие напряжения.
2	Полумассивные, устойчивость которых обусловлена как собственным весом, так и весом грунта, лежащего на фундаментной плите.
3	Тонкоэлементные, обычно состоящие из связанных друг с другом железобетонных плит; их устойчивость в основном обеспечивает вес грунта над фундаментом.
4	Тонкие, сохраняющие устойчивость с помощью защемления их в грунтовом основании.

Исходя из наклона задней грани, подпорные стенки разделяют на крутые, пологие и лежачие, имеющие как прямой, так и обратный уклон.

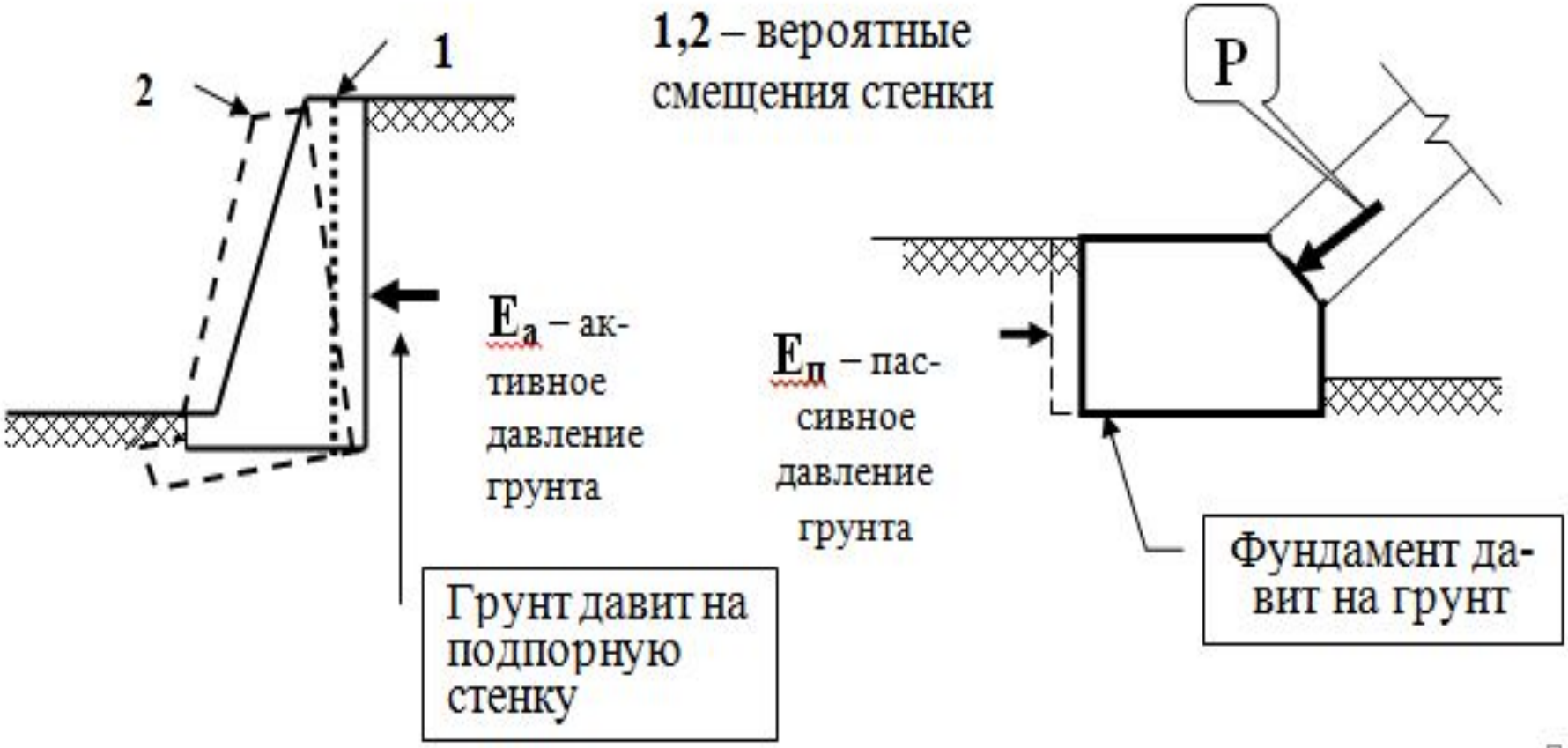
По способу возведения различают монолитные и сборные стенки. В зависимости от профиля поперечного сечения монолитные в свою очередь можно разделить на:

- прямоугольные,
- трапециедальные с наклонной передней гранью,
- трапециедальные с наклонной задней гранью,
- трапециедальные с обеими наклонными гранями,
- наклоненные в сторону засыпки,
- с выступающим передним нижним ребром,
- с ломаным профилем,
- со ступенчатым профилем,
- с разгрузочной площадкой,
- уголкового профиля и т. д.

Как правило, за подпорной стенкой скапливается вода. С этим явлением необходимо бороться, устраивая продольный или поперечный дренаж, регулярные водовыпуски, а также собирая и отводя поступившую воду спомощью открытой или закрытой водоотводящей сети в ближайший водоприемник (ручей, овраг, дорожный кювет и т.д.).

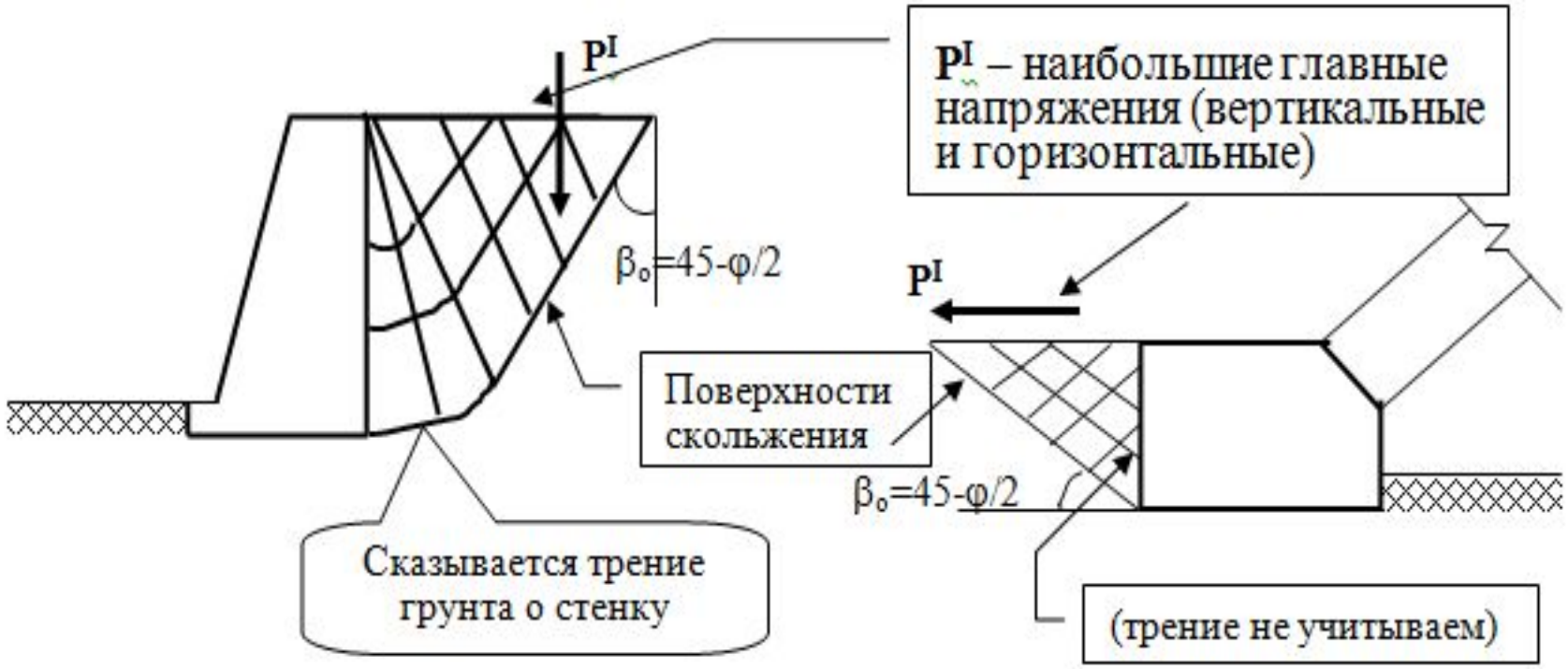
Сложнее, если нижняя часть противооползневой или иной стенки должна пропускать постоянный или временный поток грунтовых вод (верховодки). В этом случае в качестве фундамента используется так называемый свайный ростверк, состоящий из ряда свай, которые заглублены на несколько метров в грунт. При этом грунтовые воды свободно проходят между сваями, не создавая подпора, опасного для стенки и склона.

Понятие об активном давлении и пассивном отпоре грунта



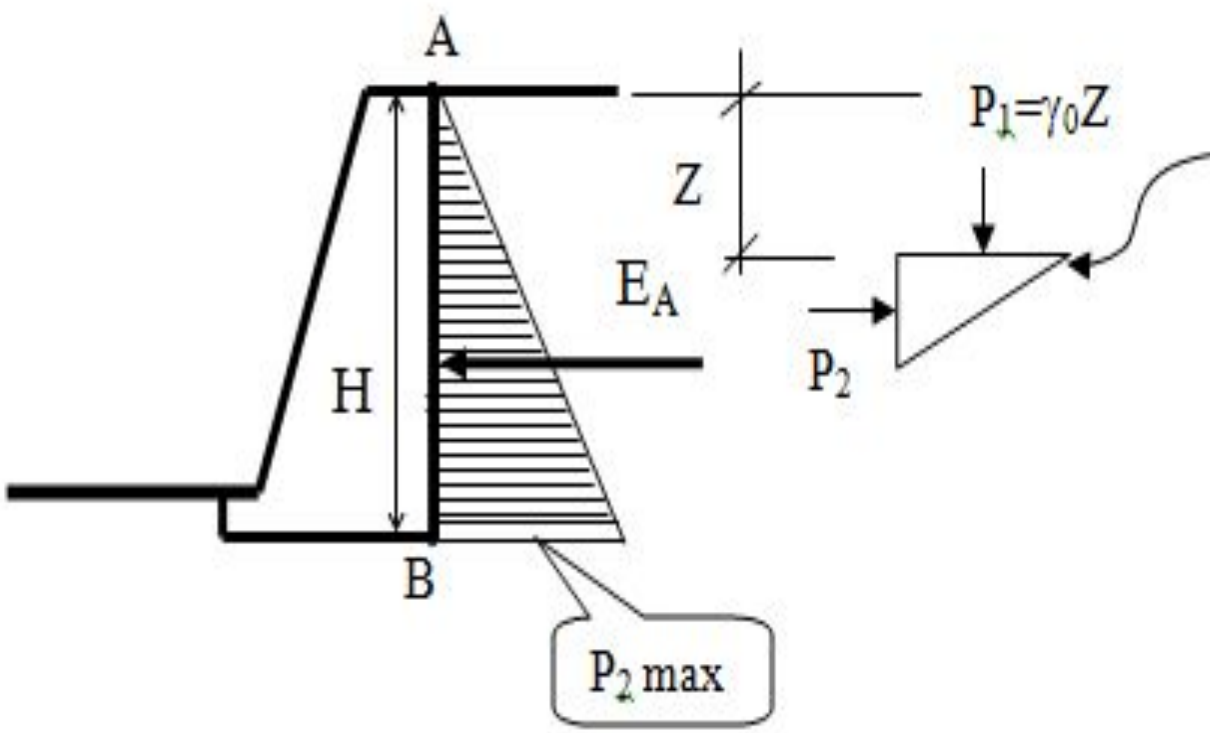
Поверхности скольжения

Поверхности скольжения строят на основе теории предельного равновесия



С использованием теории построения поверхностей скольжения можно определять давление на подпорные стенки

Давление сыпучего грунта на вертикальную подпорную стенку при отсутствии трения на задней грани



Вырезаем в массиве грунта призму с главными площадками

Условия предельного равновесия:

$$\frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2} = \sin\varphi$$

(см. лекцию 4)

Или $\frac{P_2}{P_1} = tg^2(45 - \frac{\varphi}{2})$, $\mathbf{P_{2\,max}}$- наибольшие горизонтальные напряжения

$P_2 = P_1 \cdot tg^2(45 - \frac{\varphi}{2}) = \gamma_0 \cdot Z \cdot tg^2(45 - \frac{\varphi}{2})$ - давление на стенку передается в виде Δ эпюры

P_{2max} - при Z=H; $\boxed{P_{2\,max} = \gamma_0 \cdot H \cdot tg^2(45 - \frac{\varphi}{2})}$

E_A = площади эпюры P_2; $E_A = \frac{P_{2\,max}}{2} \cdot H$;

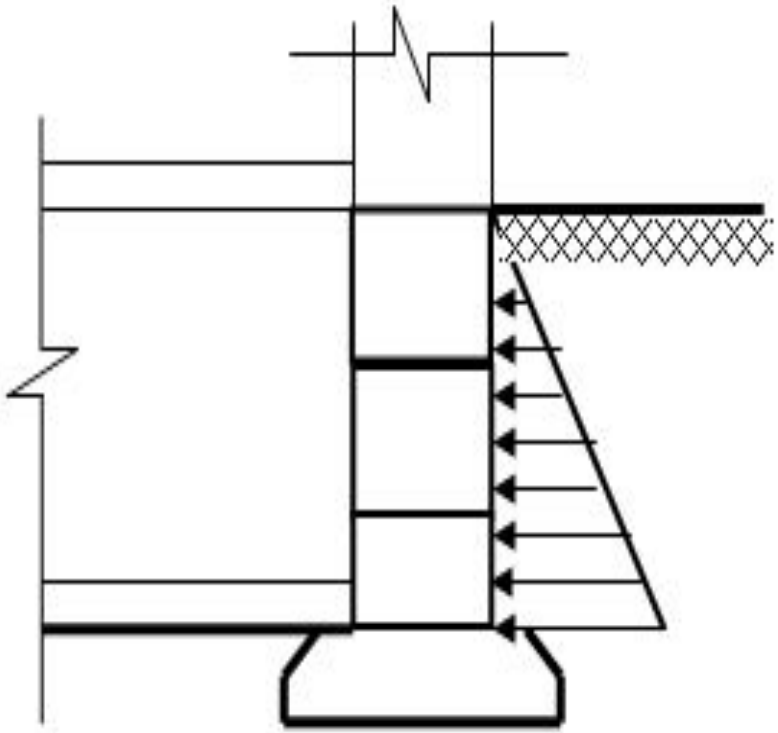
$$E_A = \frac{\gamma_0 \cdot H^2}{2} \cdot tg^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

Активное давление грунта на вертикальную подпорную стенку при горизонтальной отсыпке

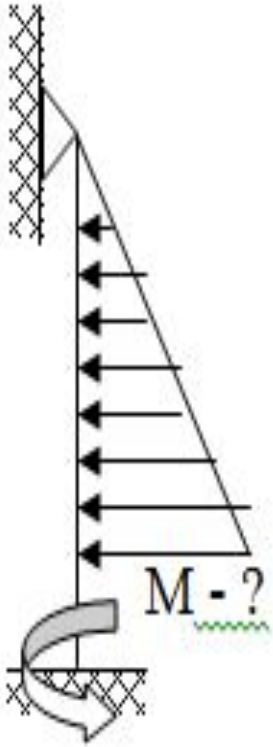
$$E_n = \frac{\gamma_0 \cdot H^2}{2} \cdot tg^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)$$

пассивный отпор грунта

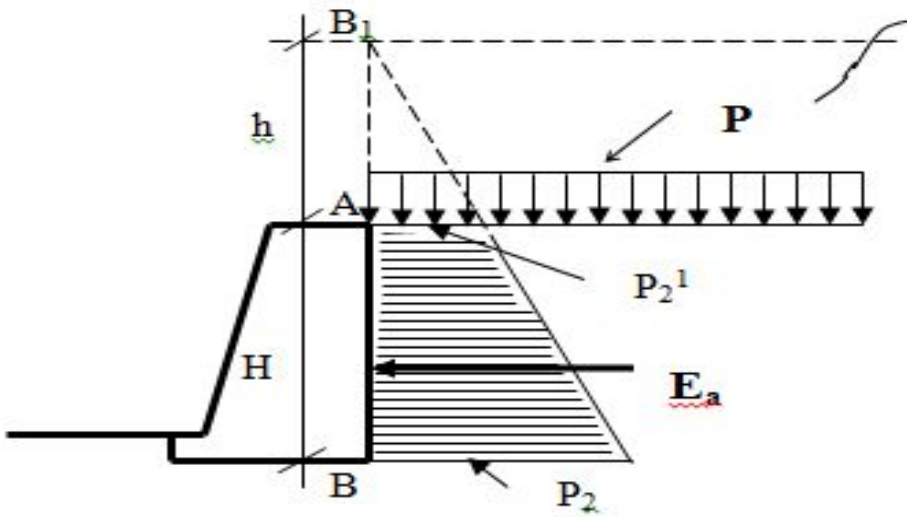
Пример активного давления грунта на фундаментную стенку здания с подвалом



Расчетная схема



Влияние сплошной равномерно распределенной нагрузки



Представим эту нагрузку как некоторый слой грунта давлением $P = \gamma_0 h$. $h = P/\gamma_0$

Тогда эпюра будет строиться из верхней точки B_1.

$$P_2^1 = \gamma_0 \cdot h \cdot tg^2(45 - \frac{\varphi}{2})$$

$$P_2 = \gamma_0 (H + h) tg^2(45 - \frac{\varphi}{2})$$

E_a - ? (*приложена в ц.т. трапеции*)

$$E_a = \frac{P_2^1 + P_2}{2} \cdot H$$

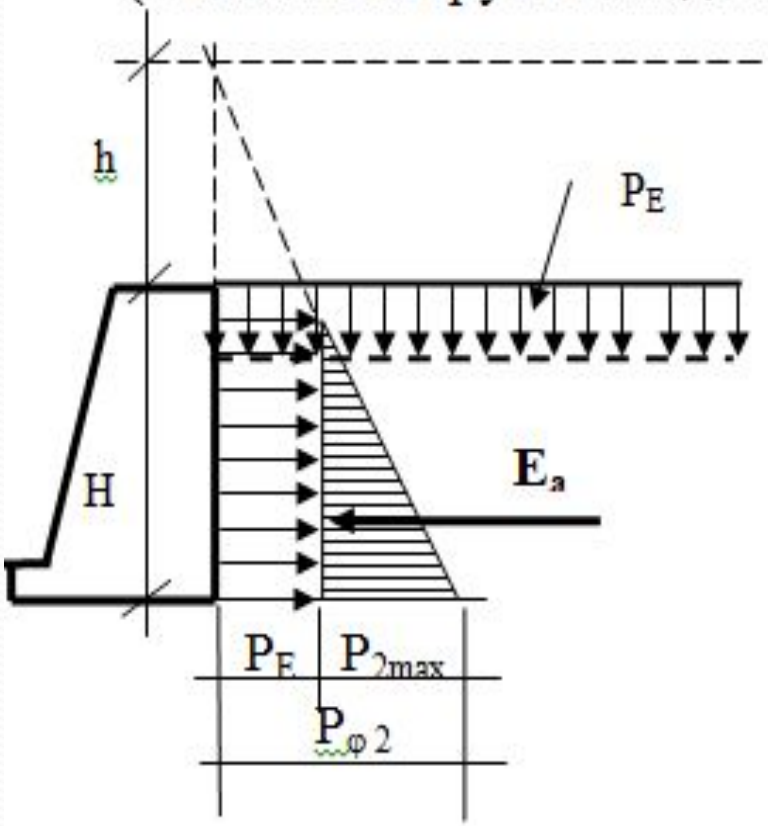
Подставляем значения P_2^1 и P_2 и получим:

$$E_a = \frac{\gamma_0}{2}(H^2 + 2hH) tg^2(45 - \frac{\varphi}{2})$$

$h = \frac{P}{\gamma_0}$, где γ_0 удельный вес грунта

Учет сцепления

(Глинистый грунт обладает трением и сцеплением, стенка гладкая)



Сцепление заменяем эквивалентным давлением P_E- давлением связности (см. лекцию 4)

$$P_E = \frac{C}{tg\varphi} = C \cdot ctg\varphi$$

Вертикальное P_E – заменяем некоторым фиктивным слоем грунта h.

$$h = \frac{P_E}{\gamma} = \frac{C}{\gamma \cdot tg\varphi}$$

$$P_{2\,max} = \gamma_0 (H + \frac{C}{\gamma_0 tg\varphi}) tg^2 (45 - \frac{\varphi}{2}) - P_E$$

Подставляя P_E и производя вычисления получаем: (см. лекцию 4):

$$P_{2max} = \underbrace{\gamma_0 H tg^2(45 - \frac{\varphi}{2})}_{P_{\varphi 2}\text{ – без учета сцепления}} - \underbrace{2ctg(45 - \frac{\varphi}{2})}_{P_{c2}\text{ – влияние сцепления}}$$

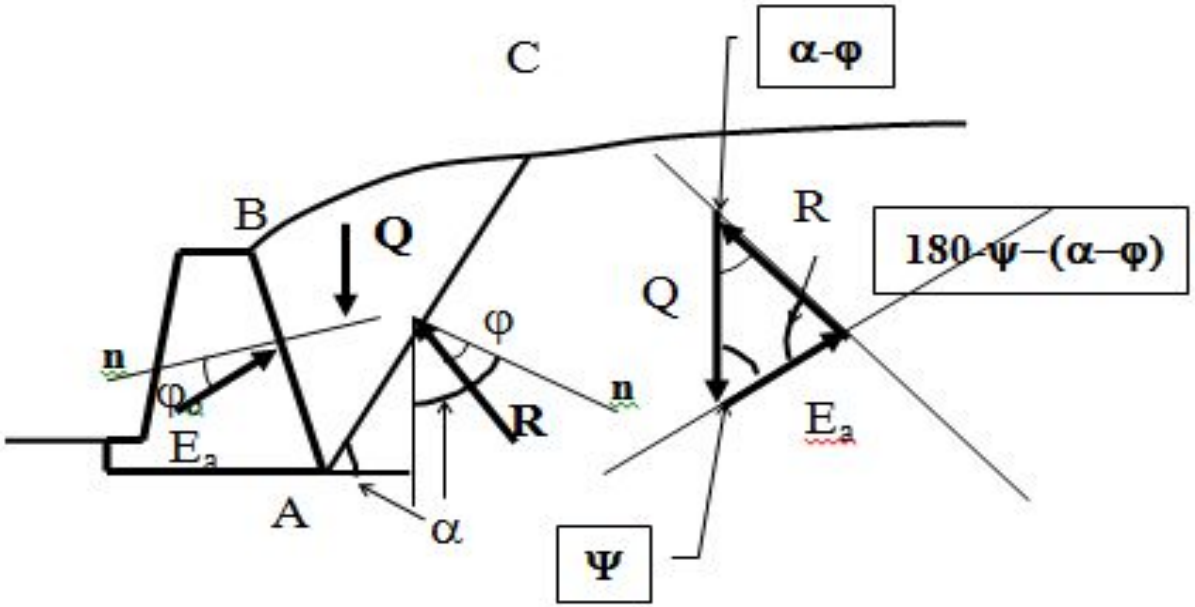
$$P_2 = P_{\varphi 2} - P_{c2}$$

- в общем виде.

Самое общее решение для расчета подпорных стенок сделал еще Кулон – (более 200 лет назад).

Определение давления грунта на подпорную стенку графо-аналитическим методом Ш. Кулона

(Графо-аналитический метод следует рассматривать как универсальный метод, позволяющий получать решения с точностью ± 2%)



Допущения:

1. поверхность скольжения (АС)– плоская
2. обрушение поверхности скольжения происходит при max давлении грунта на подпорную стенку

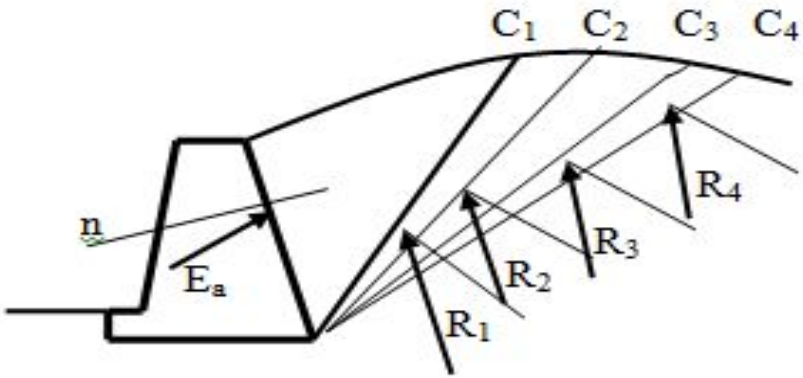
Кулон рассматривал эту задачу ***на основе уравнения статики***.

1. Вес ABC – можно найти с любой заданной точностью Q;
2. По стороне AC действует реактивное давление R , φ_0 – угол трения между грунтом и поверхностью стенки;
3. E_a – активное давление грунта;
4. Строим многоугольник сил, который должен быть замкнутым в условиях равновесия, и вычисляем соотношения:

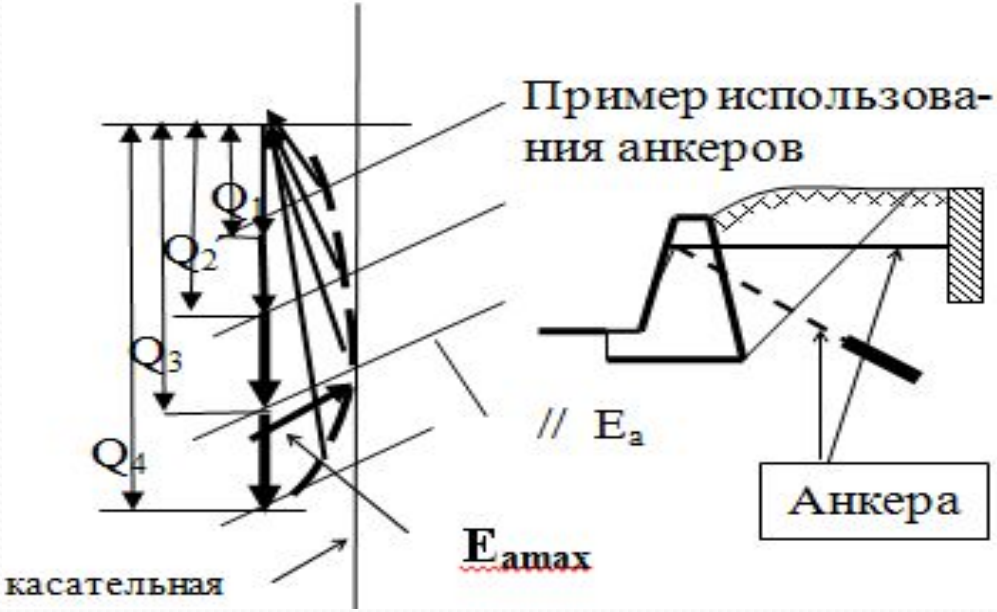
$$\frac{E_a}{Q} = \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\sin[\psi + (\alpha - \varphi)]};$$

$$E_a = Q\frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\sin(\psi + \alpha - \varphi)}$$

Если известно АС – то легко можно найти E_a, но АС нам неизвестно. Поэтому решаем задачу методом последовательных приближений.

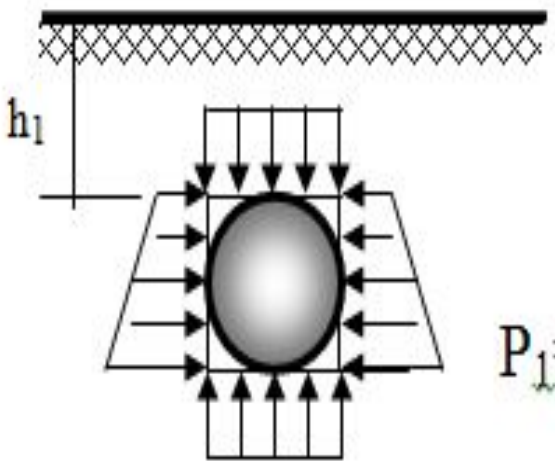


1. задаемся несколькими поверхностями скольжения AC_1; AC_2; AC_3; AC_4 – и для каждой находим E_a
2. строим многоугольник сил
3. получаем огибающую значений E_a
4. проводим касательную и находим E_{amax}



Точность этого графо-аналитического метода ≈ 2% - для грунтов, обладающих только трением

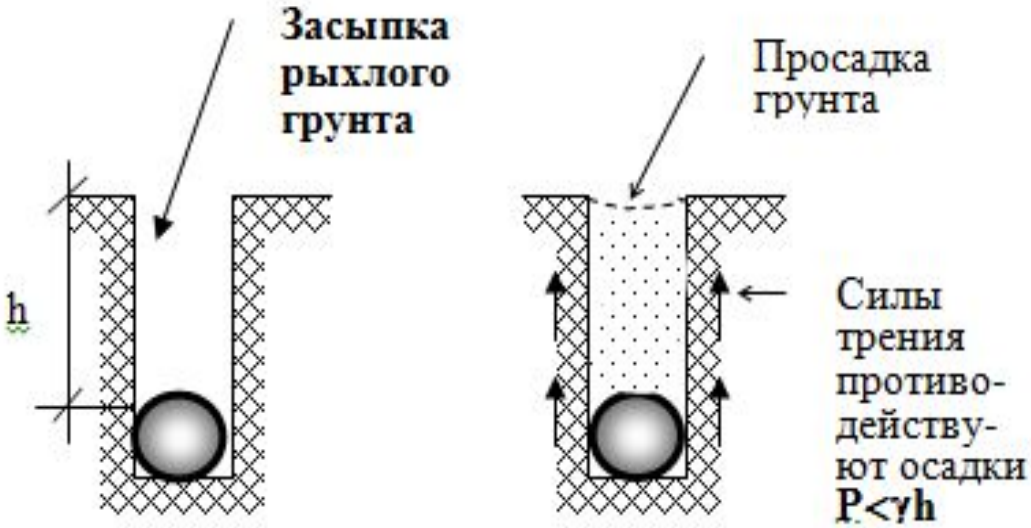
Давление грунта на трубы и тоннели



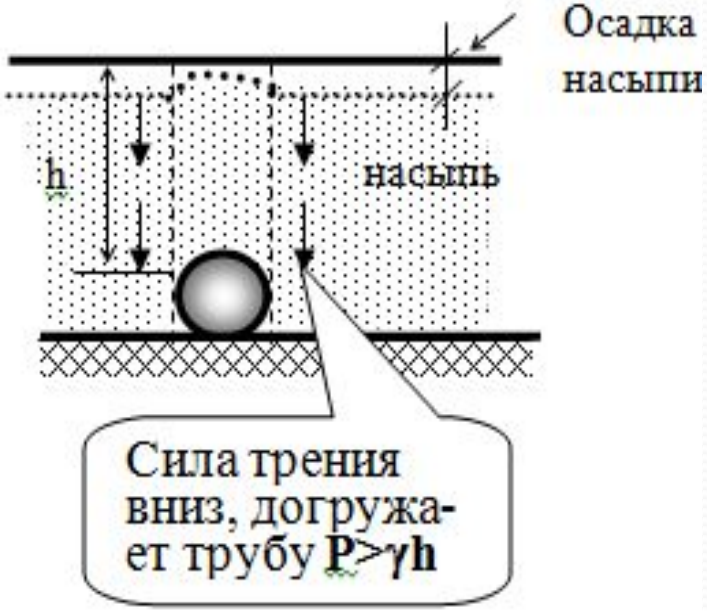
Решить эту задачу в общем виде не сложно. Но нужно различать 3 принципиальных различных способа прокладки трубопроводов.

$P_1=\gamma_0 h_1$

а) в траншеях



б) труба в насыпи



в) закрытая проходка (прокол, микротуннелирование)

Спасибо за внимание