

Спецкурс

по основаниям и фундаментам

«Расчет и проектирование подпор- ных сооружений»

(Общий объем 144/4:

лекции, практические занятия, СРС,

курсовая работа;

форма контроля – экзамен)

Список литературы

Справочно-нормативная литература

1. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. М., Минстрой России, 2016.
2. СП 381.1325800.2018. Сооружения подпорные. Правила проектирования. М., Минстрой России, 2018.
3. Другие действующие СП.

Основная литература

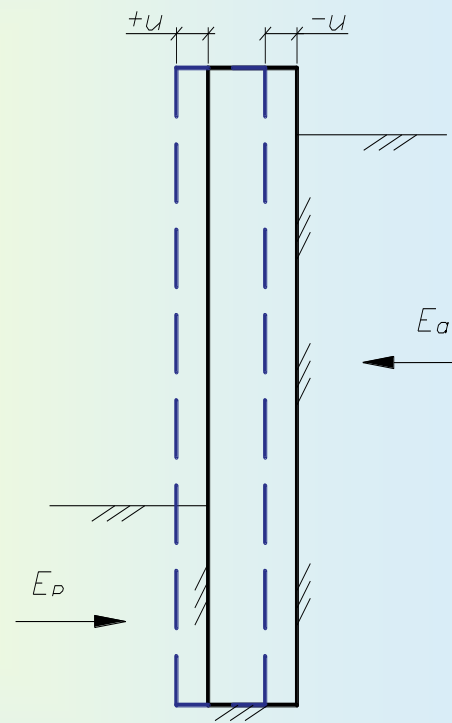
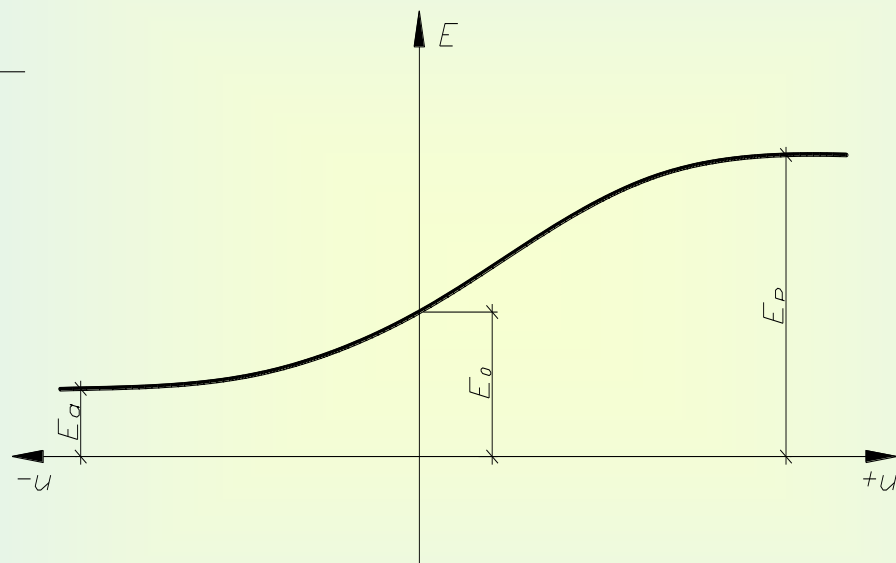
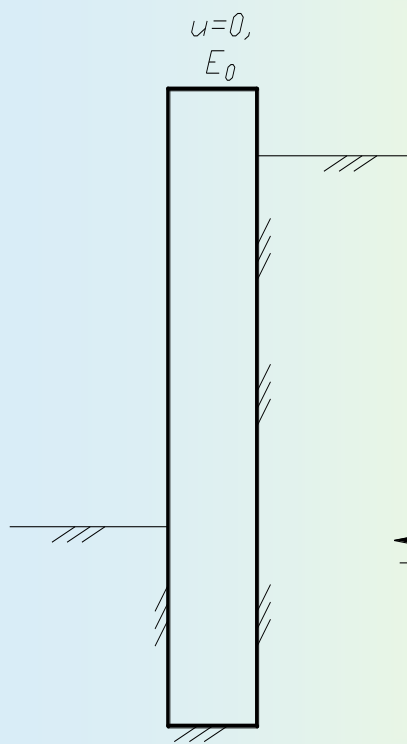
1. Далматов Б.И. *Механика грунтов, основания и фундаменты.* М., СИ, 1988 или 2012.
2. *Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения.* М., СИ, 1985 (переиздание 2007).
3. Ухов С.Б. *Механика ггрунтов, основания и фундаменты.* М., ВШ, 2010.
4. А.О.Колесников, В.К.Федоров, Д.Г.Самарин. *Проектирование подпорных стен.* Новосибирск, НГАСУ (Сибстрин), 2018.

Подпорное сооружение – сооружение или конструкция, выполняемая для восприятия горизонтального давления и удержания грунта при перепаде высотных отметок, может быть самостоятельным сооружением или служить частью объекта капитального строительства.

Активное давление – минимальное боковое давление
грунта на подпорное сооружение, реали-
зуемое при его смещении от грунта.

Пассивное давление – максимальное боковое давление грунта на подпорное сооружение, реализуемое при его смещении на грунт.

Давление грунта в покое – боковое давление грунта на подпорное сооружение, реализуемое при отсутствии его смещений и соответствующее природному значению бокового давления.



Классификация
подпорных сооружений

Подпорные сооружения разделяют по следующим параметрам:

– пространственной компоновке

(линейные – протяженные объекты (подпорные стены, ограждение траншей и т.п.) и точечные – ограждение котлованов, колодцев и т.п.; однородные и многорядные – из нескольких рядов отдельно стоящих связанных или не связанных друг с другом ПС);

Колодец (камера) из буросекущихся свай (2 – обвязочный пояс)



● — армированная свая;

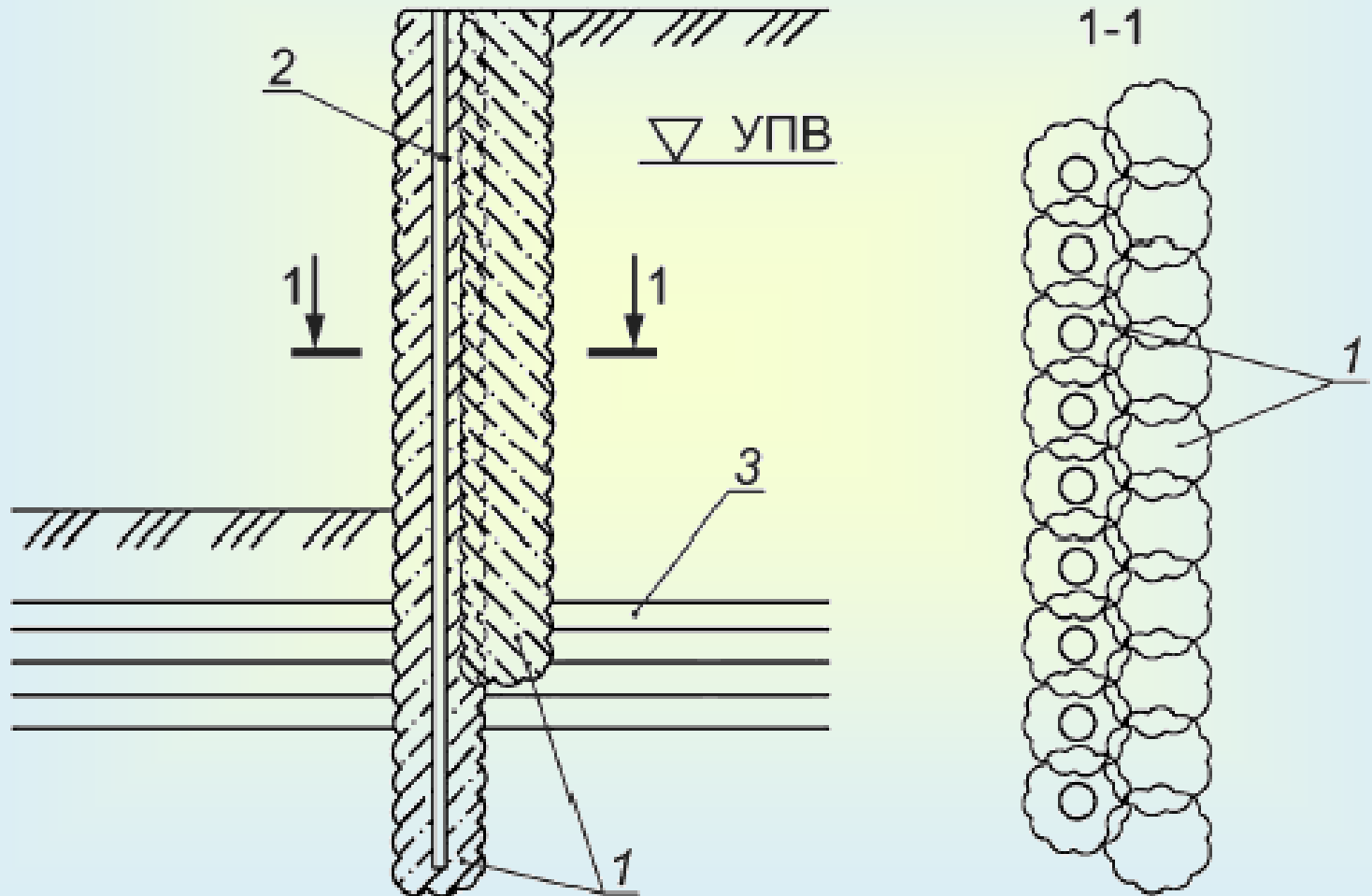
○ — неармированная свая

– способу изготовления:

возводимые до формирования поддерживаемого грунта или насыпи (устраиваемые в насыпях, предварительно разработанных котлованах или широких траншеях – массивные и уголкового подпорные стены);

устраиваемые после формирования поддерживаемого грунта (из сборных элементов, погружаемые забивкой или вдавливанием без выемки грунта; в предварительно разработанных скважинах или узких траншеях путем заполнения их различными материалами; путем изменения свойств грунта в месте устройства и др.);

элементы, 2 – армирующий элемент, 3 – водоупор)



– сроку службы:

постоянные (используют в период строительства и эксплуатации объекта);

временные (используют только в период строительства);

– виду воспринимаемых нагрузок:

несущие (воспринимают давление грунта и подземных вод, вертикальные нагрузки от проектируемого здания);

ненесущие (воспринимают только давление грунта и подземных вод);

– способу распределения нагрузки:

сплошные (непрерывная конструкция без зазоров между элементами);

дискретные (отдельные конструктивные элементы, погружаемые на некотором расстоянии друг от друга);

– отношению к водоносным горизонтам:

совершенного типа (условно непроницаемые для подземных вод рассматриваемого водоносного горизонта);

несовершенного типа (проницаемые для подземных вод рассматриваемого водоносного горизонта);

– характеру взаимодействия с грунтом:

массивные;

угловые;

гибкие;

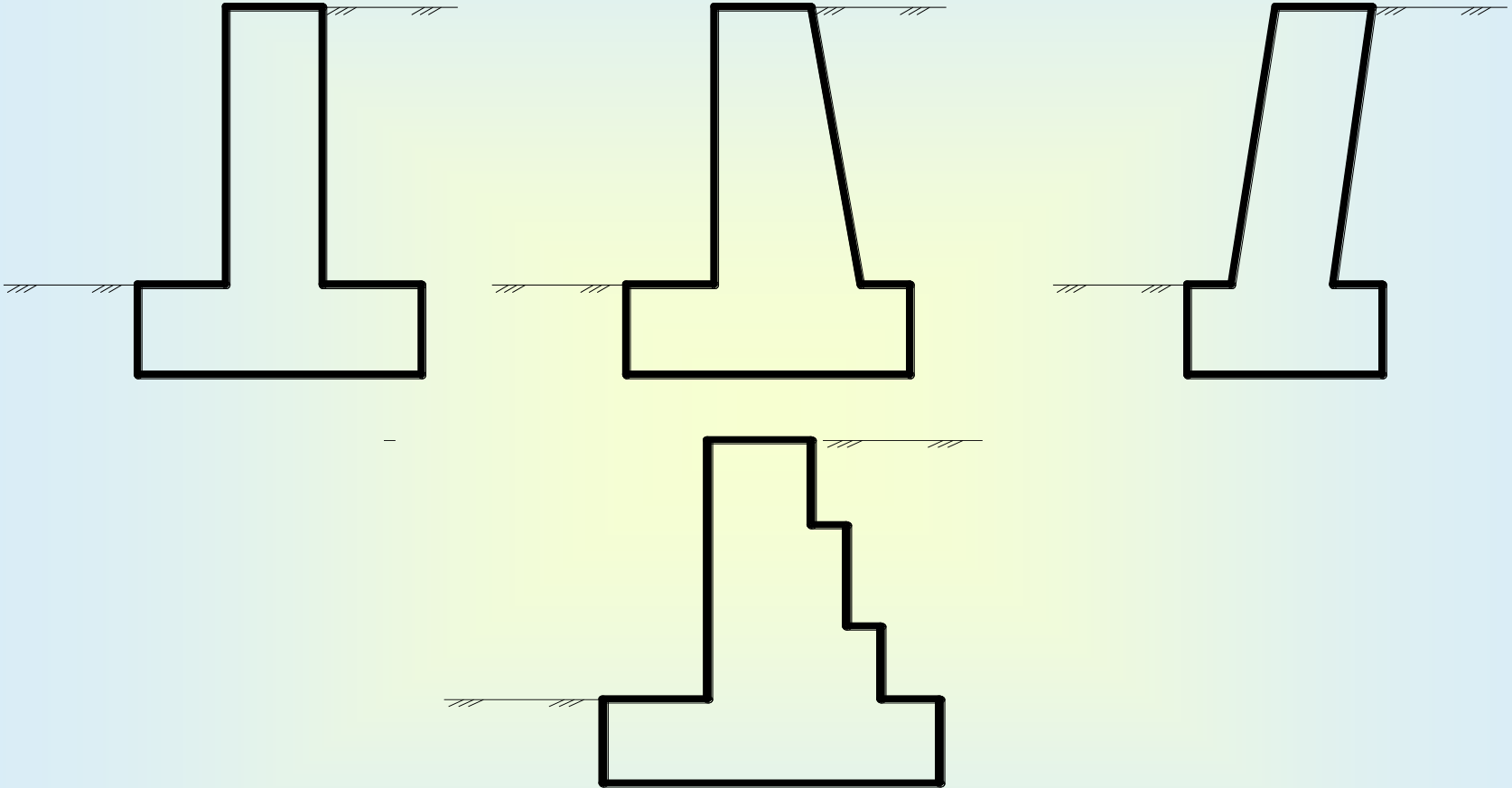
– способу обеспечения устойчивости:

гравитационные;

с грунтовым противовесом;

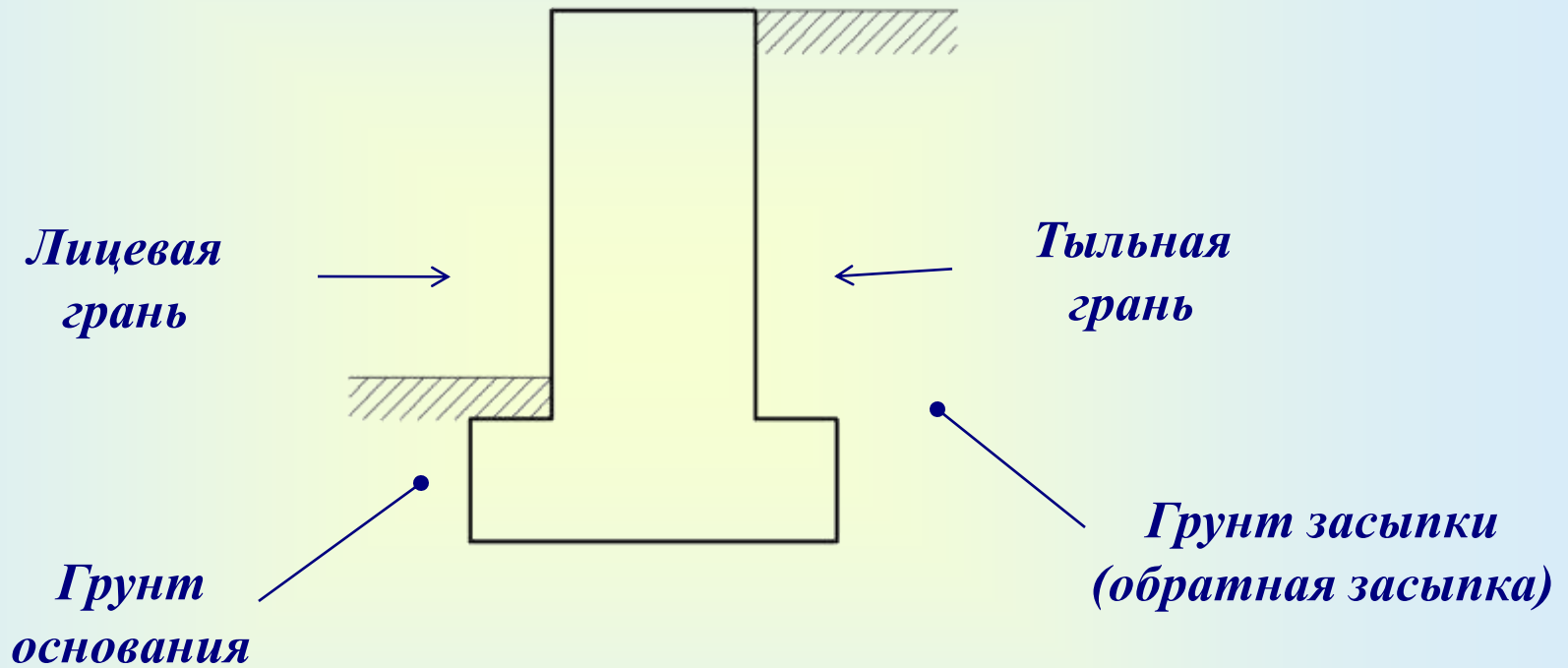
с заделкой в грунте.

Массивные подпорные стены



Устойчивость на сдвиг и опрокидывание массивных стен обеспечивается их собственным весом.

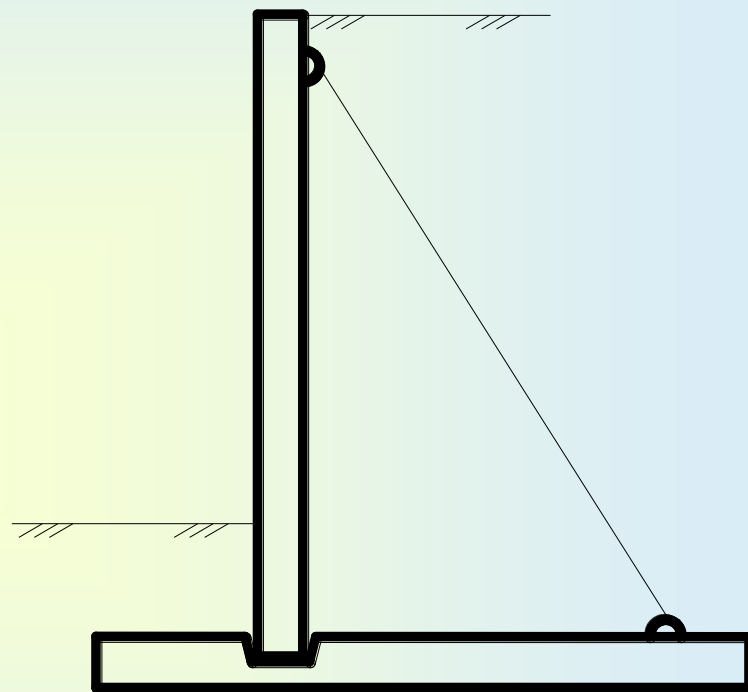
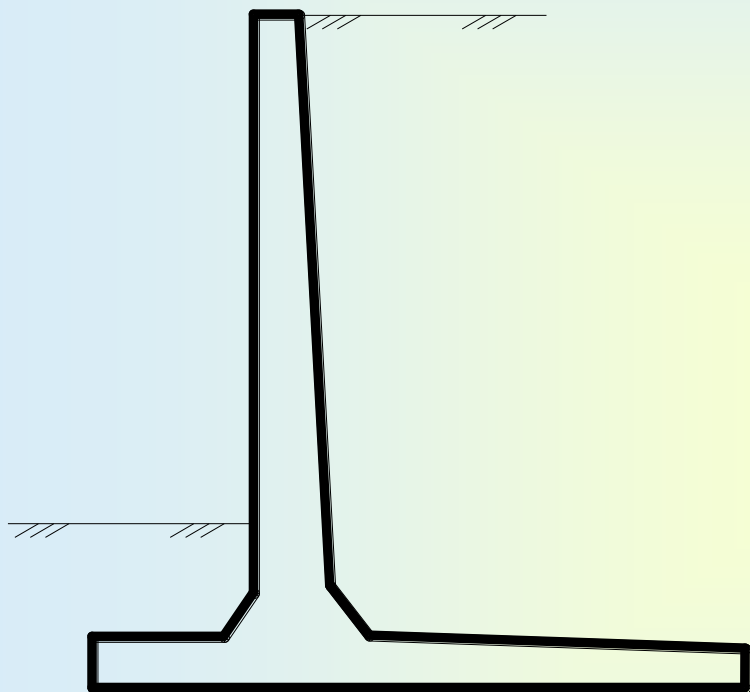
Массивные подпорные сооружения устраивают в предварительно разработанных широких траншеях (ширина траншеи существенно превышает толщину подпорного сооружения) или на поверхности грунта.

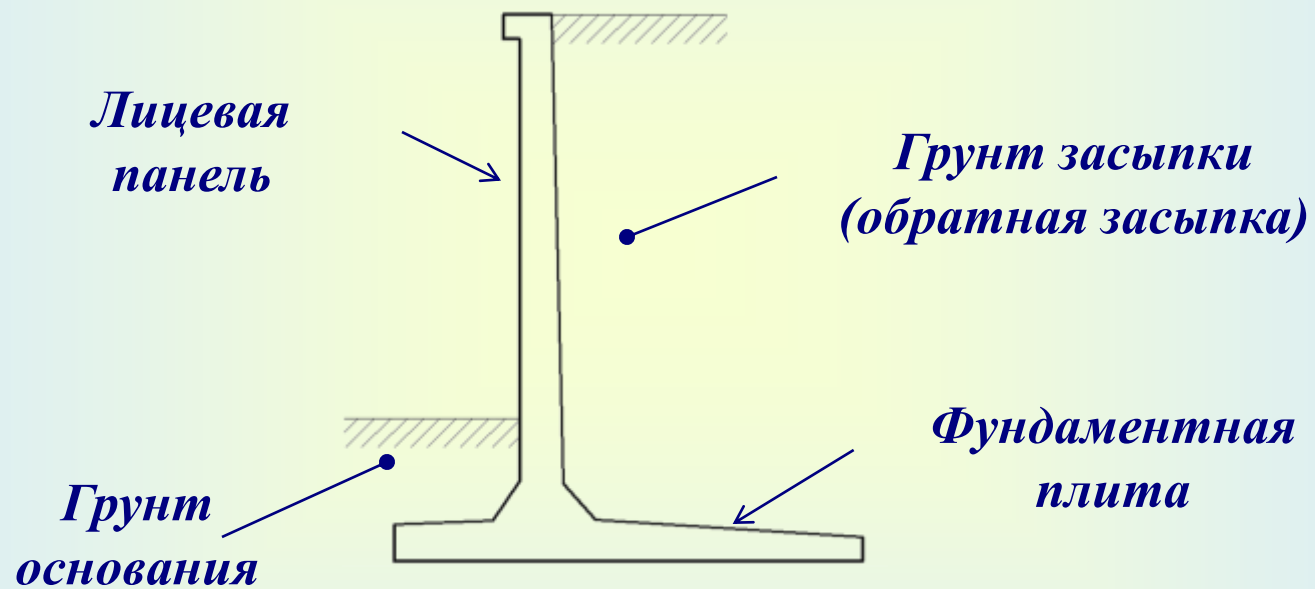


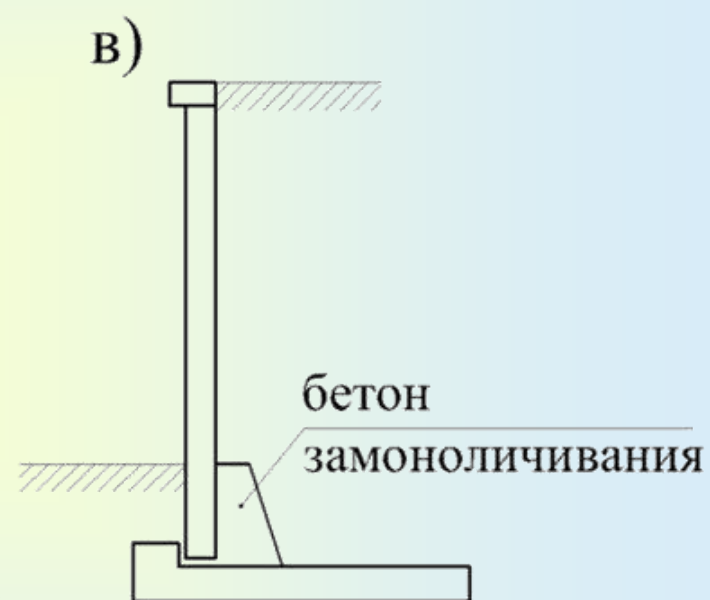
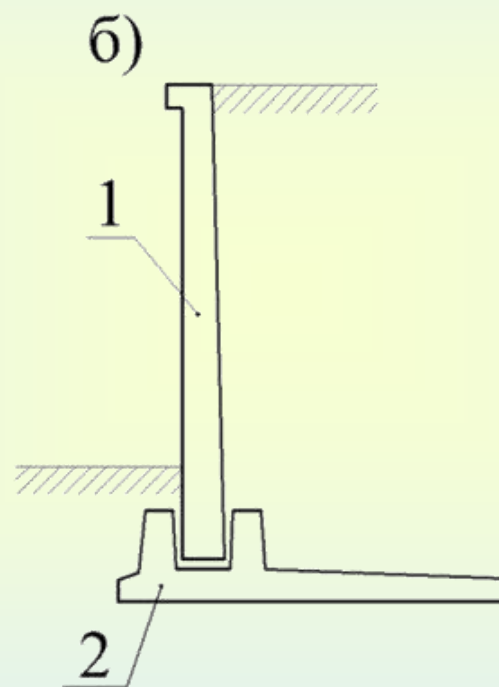
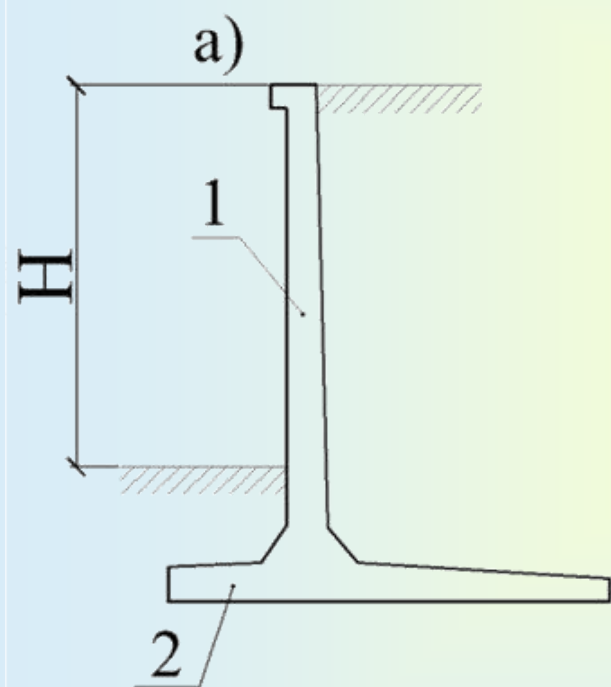
Угловые и аналогичные подпорные стены

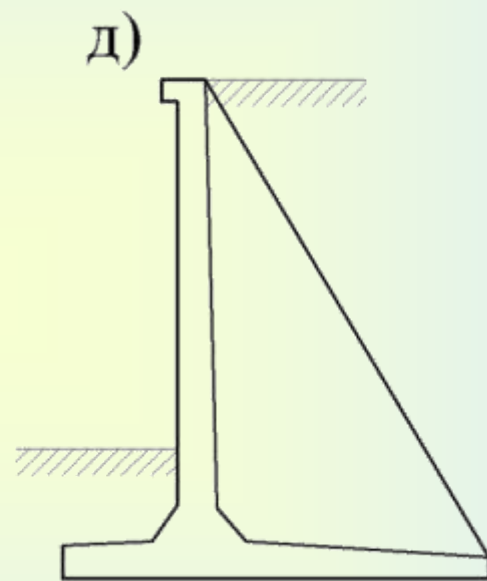
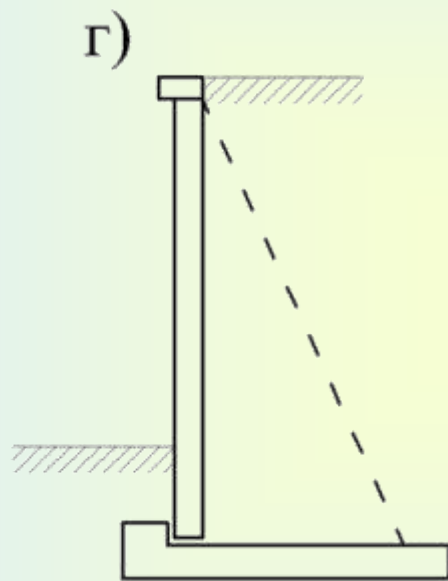
Устойчивость обеспечивается собственным весом стены и грунта, вовлекаемого ею в работу (дополнительный пригруз).

Устраивают в предварительно разработанных широких траншеях (ширина траншеи существенно превышает толщину подпорного сооружения) или на поверхности грунта на естественном основании или на свайном основании.

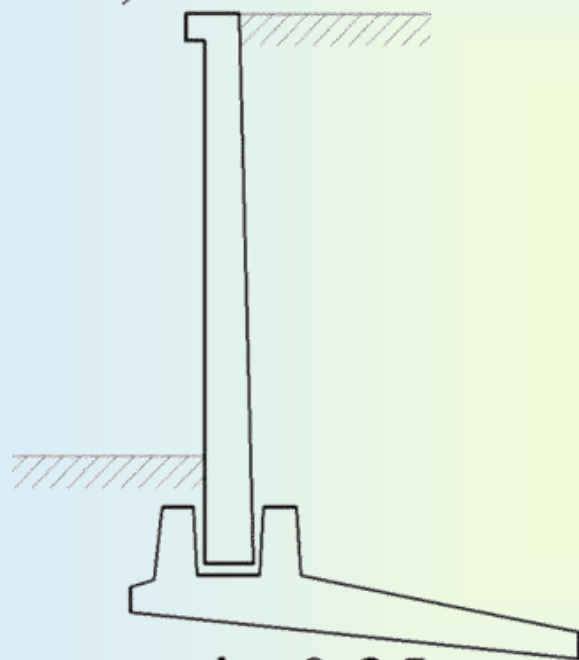






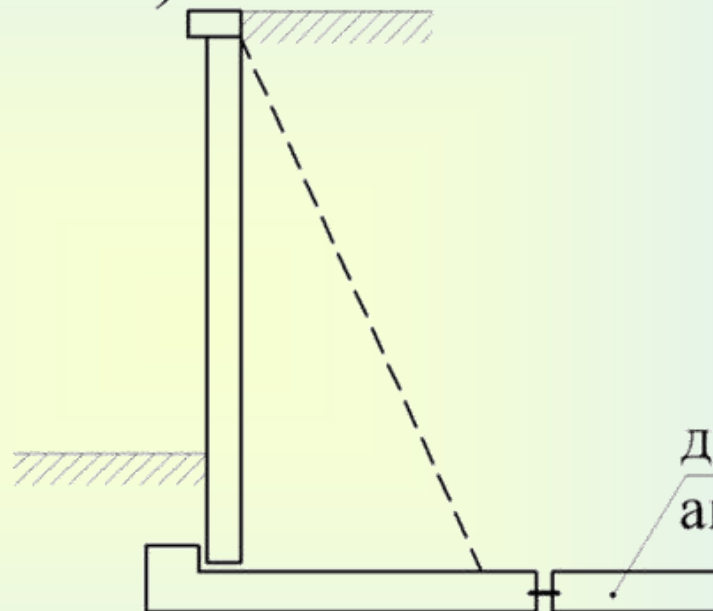


е)



$$i \leq 0,25$$

ж)

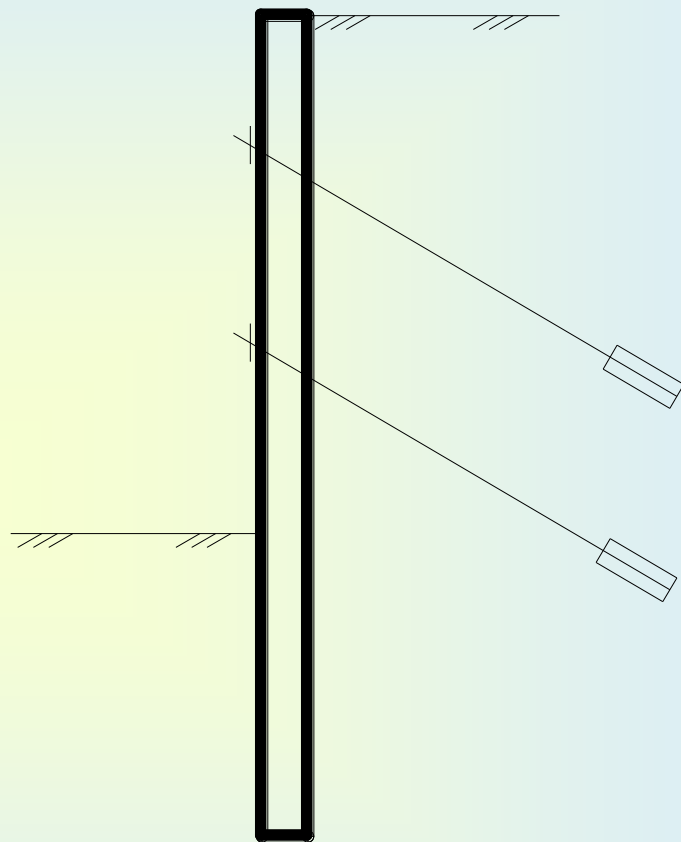
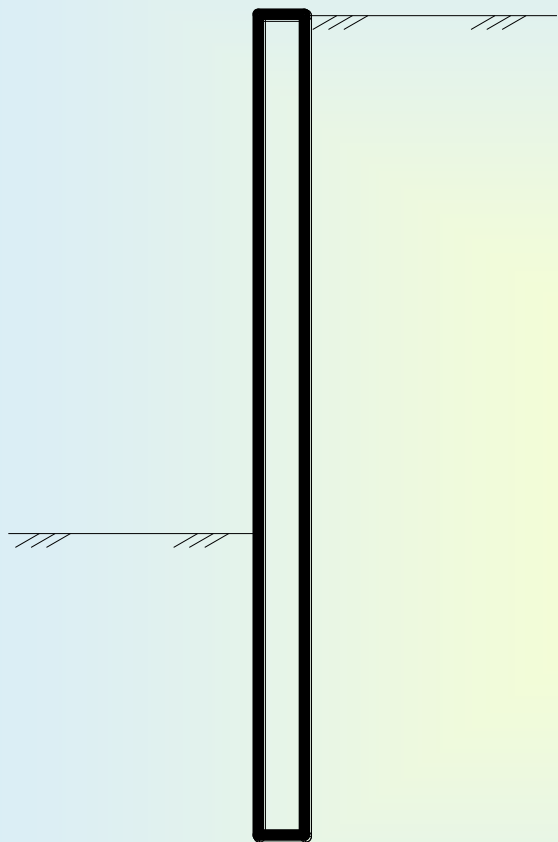


дополнительная
анкерная плита

Гибкие подпорные стены

Удерживают грунт за счет заделки в грунт и, в некоторых случаях, конструкций крепления (распорок, анкеров и т.п.).

Устраивают в предварительно разработанных скважинах, в узких траншеях (ширина траншеи соизмерима с толщиной подпорного сооружения) или без предварительной разработки грунта.



При выборе типа подпорного сооружения учитывают:

- местный опыт устройства подобных сооружений;*
- наличие машин, механизмов, квалифицированных подрядных организаций;*
- геометрию и рельеф площадки строительства, инженерно-геологические и гидрогеологические условия;*
- наличие в зоне влияния существующих сооружений;*
- специфические особенности региона предполагаемого строительства.*

Материалы, используемые при устройстве подпорных сооружений

- бетон (класс от B15 до B35; марка по морозостойкости от F75 до F300; марка по водонепроницаемости от W2 до W6);
- арматура (класс от A400 до A600, распределительная – A240 и B500);
- раствор (марка от M50 до M200);
- кирпич, камень (марка от M150 до M200).

В конструкциях постоянных массивных и уголкового подпорных стен, расположенных на открытом воздухе, следует предусматривать устройство деформационных и температурно-усадочных швов. Швы следует располагать преимущественно таким образом, чтобы подошва каждой из секций опиралась на однородный грунт сходного генезиса.

Расстояние между швами в конструкциях подпорных сооружений следует устанавливать расчетом на температурно-климатические воздействия согласно строительным нормам проектирования конструкций из соответствующего материала, а также расчетом по деформациям.

***Без расчета допускается принимать
расстояние между швами:***

№ п/п	Конструкция	Расстояние между швами по длине стены, м
1.	<i>Монолитные бетонные и бутобетонные (без конструктивного армирования)</i>	≤ 10
2.	<i>Каменные (без конструктивного армирования)</i>	≤ 15
3.	<i>- Монолитные бетонные с конструктивным армированием</i>	≤ 20
4.	<i>- Монолитные и сборно-монолитные железобетонные</i>	≤ 25
5.	<i>Сборные железобетонные</i>	≤ 30

Конструкции постоянных подпорных сооружений должны быть защищены от коррозии.

Поверхность подпорных сооружений, обращенных в сторону обратной засыпки, следует защищать гидроизоляцией (окрасочная, оклеечная и т.п.).

Грунты обратной засыпки (СП 45.13330)

Обратную засыпку пазух подпорных сооружений следует производить дренирующими грунтами – песчаными или крупнообломочными (щебень).

При обосновании допускается использовать местные связные грунты:

супеси, суглинки (сухие) – твердой и полутвердой консистенции в условиях природного сложения.

Не допускается применять:

глины тяжелые и пластичные, любые грунты при содержании органических и растворимых включений более 5% по весу.

Отсыпку и уплотнение грунтов в обратных засыпках следует выполнять послойно, отдельными картами (захватками) и на каждой из них отдельными этапами с таким расчетом, чтобы на каждом этапе выполнялось по 3-6 проходов катка (груженого автомобильного самосвала), либо один проход вибрационной, виброударной машины.

Уплотнение необходимо производить с перекрытием следов уплотняющего механизма на величину 0,05-0,1 ширины следа.

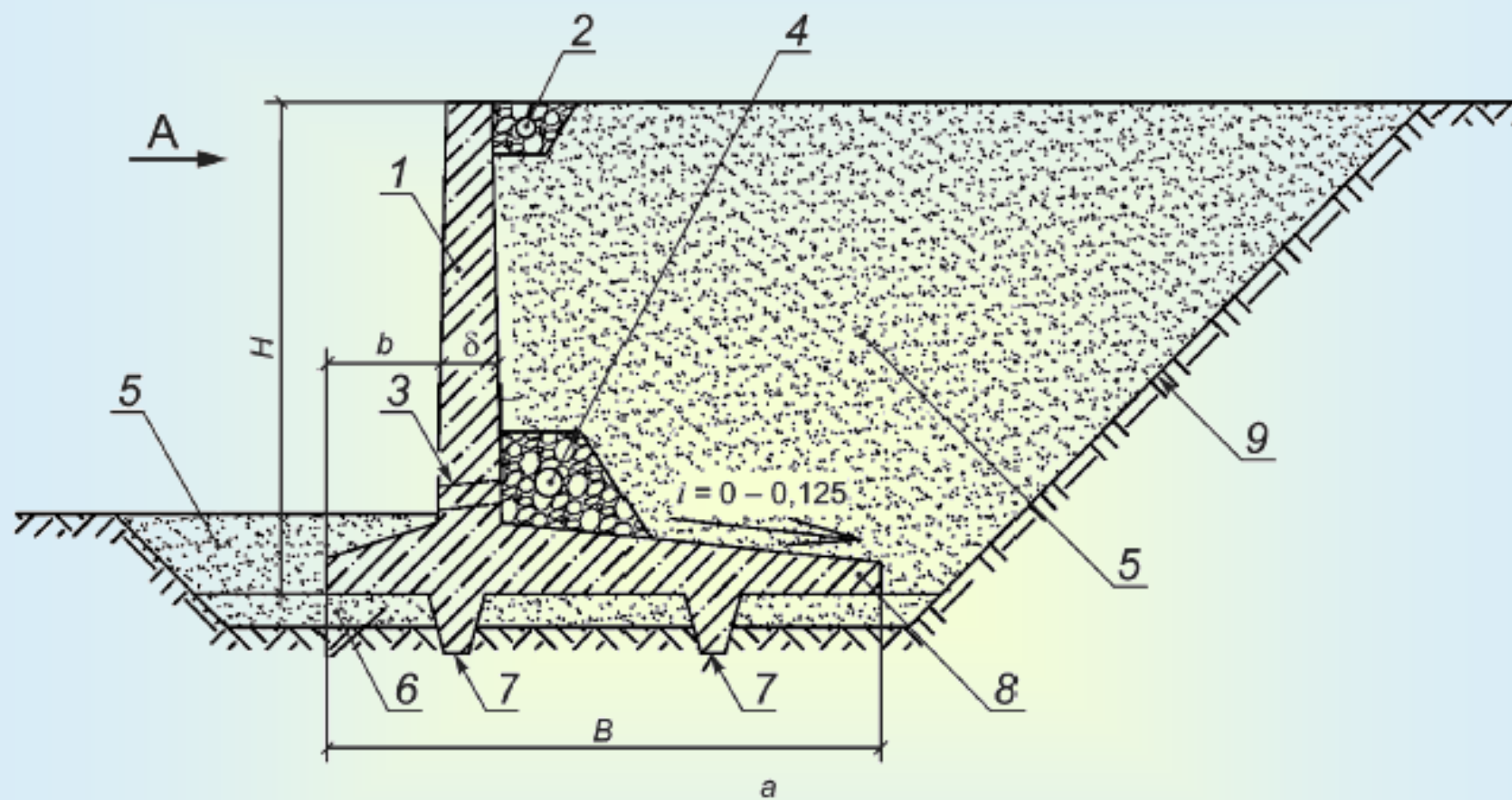
Наибольшее распространение получило уплотнение катками статического действия: гладкими, кулачковыми, катками на пневмошинах.

Катки гладкие и с ребристыми вальцами уплотняют грунт до 10 см, кулачковые – до 30 см, в песчаных грунтах – 35-50 см. Масса катков – 5-30 т.

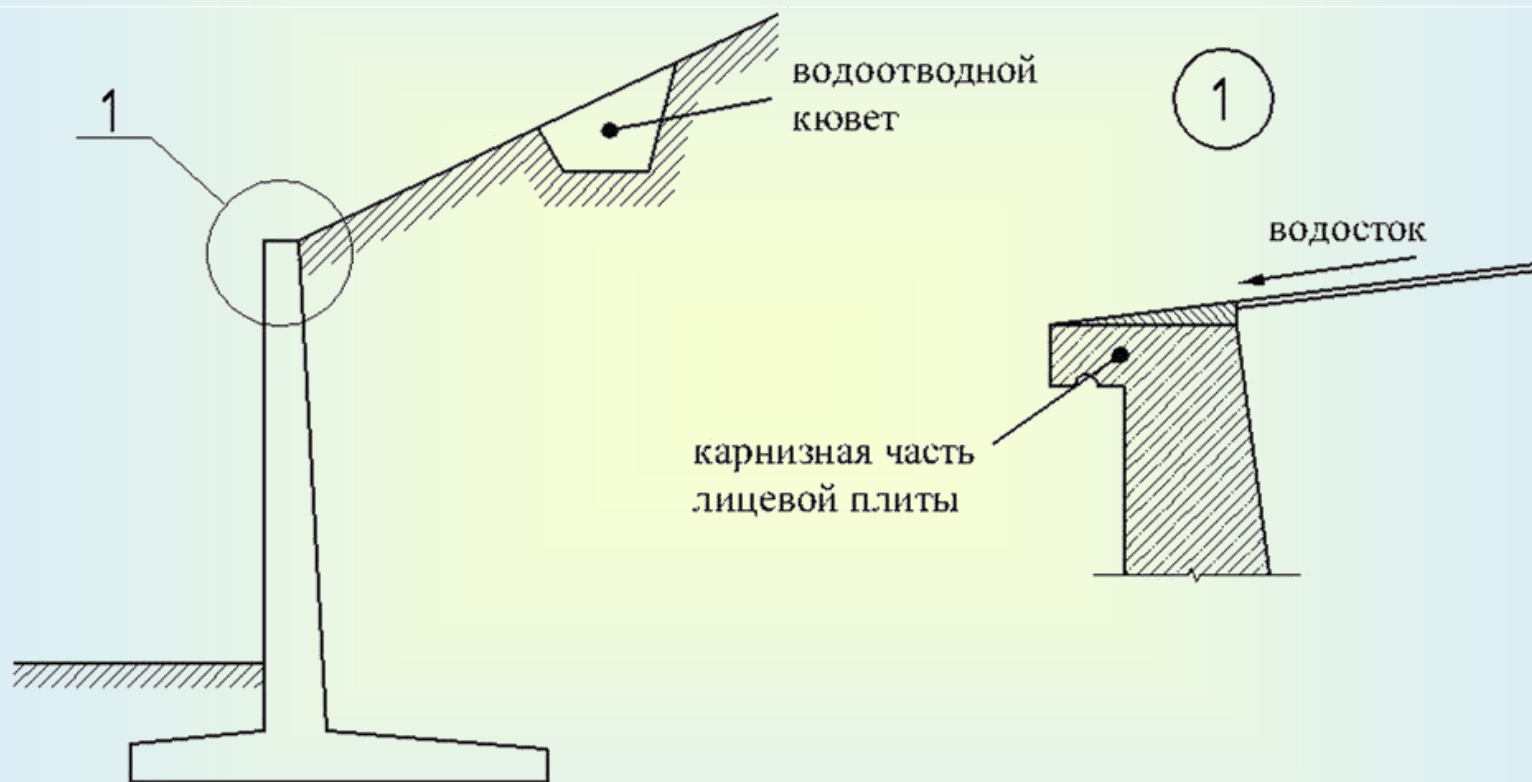
Расчетные характеристики грунта засыпки определяются прямыми испытаниями. Требуемый коэффициент уплотнения $k_{com} \geq 0,95$.

Расчетные характеристики грунта засыпки допускаются определять по характеристикам грунта природного сложения в зависимости от высоты подпора грунта.

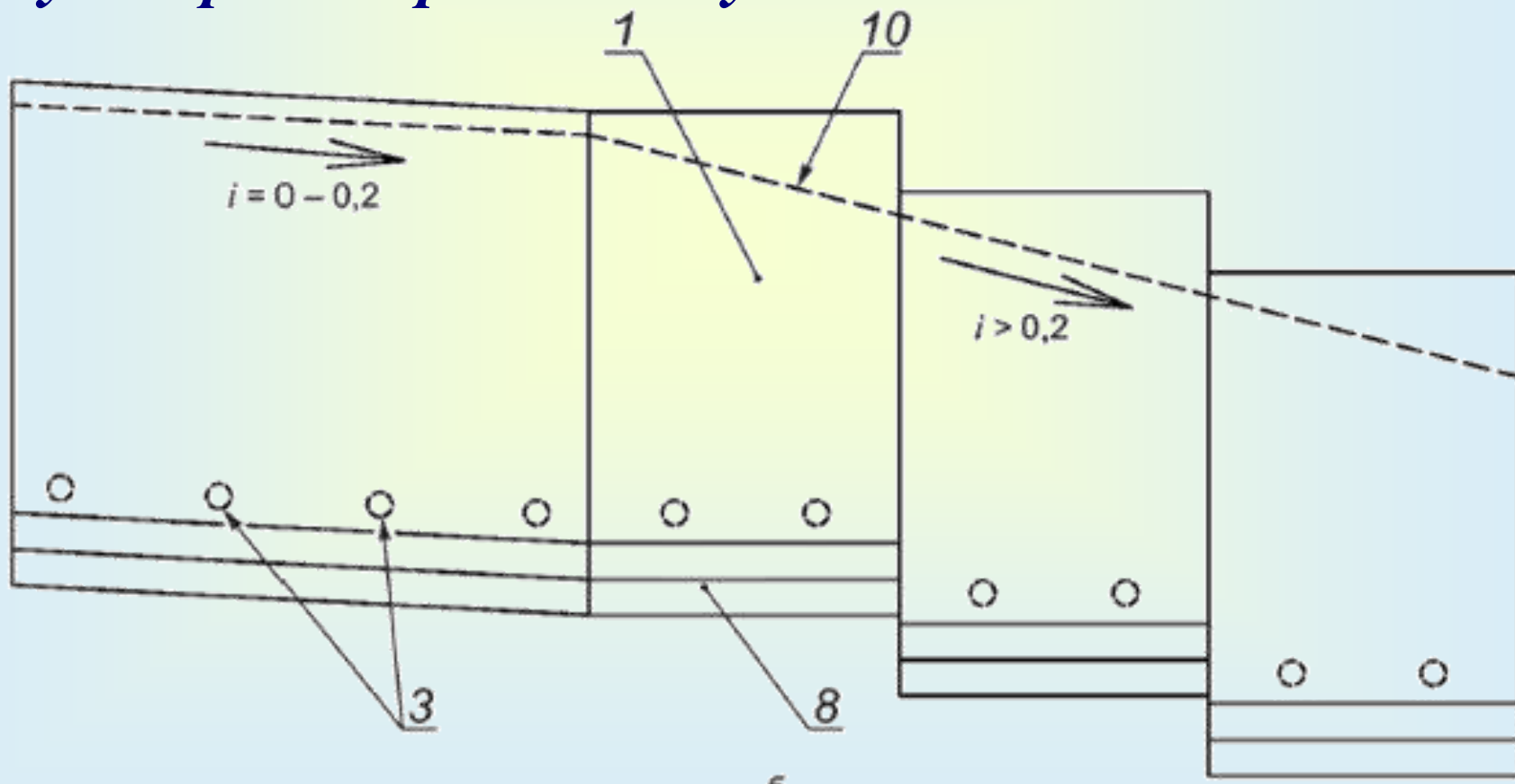
При проектировании отдельно стоящих массивных и уголковых подпорных стен со стороны подпора грунта следует предусматривать пристенный дренаж из камня, щебня или гравия с продольным уклоном не менее 0,005. В лицевой стене следует выполнять отверстия диаметром 50 мм с шагом 3-6 м для выпуска подземных вод.



При устройстве подпорных сооружений на склонах для отвода атмосферных вод за гранью лицевой стены со стороны высоких отметок рельефа должен быть устроен водоотводной кювет.



В продольном направлении подошву подпорного сооружения следует принимать горизонтальной или с уклоном не более 0,2. При большем уклоне подошву следует проектировать ступенчатой.



$$\Delta h \leq L \cdot \left(\operatorname{tg} \varphi + \frac{c}{P} \right),$$

где P – давление под подошвой подпорного сооружения (отсека);

φ – угол внутреннего трения грунта;

c – удельная сила сцепления;

L – длина отсека;

Δh – допустимая разность отметок подошв отсеков подпорного сооружения.

***Общие положения
проектирования подпорных сооружений***

Проектирование подпорных сооружений должно включать в себя:

- выбор типа подпорного сооружения;*
- выбор способа устройства подпорного сооружения;*
- выбор габаритов, глубины заложения подпорного сооружения, основных геометрических параметров;*
- выбор типа конструкций крепления;*
- выбор материалов подпорного сооружения и конструкций крепления;*
- выбор способа защиты от подземных вод;*

- проверку основания подпорного сооружения и конструкций крепления по первой и второй группам предельных состояний;

- определение внутренних усилий или напряжений в подпорном сооружении и конструкций крепления, их конструирование;

- выбор монтажных и конструктивных элементов;

- определение последовательности проведения работ;

- проектирование мероприятий, применяемых для снижения влияния строительства на деформации окружающей застройки;

- проектирование мероприятий, применяемых для минимизации изменений гидрогеологических условий;

- назначение необходимых испытаний;

- выбор мероприятий по контролю качества;

- выбор мероприятий по мониторингу.

Все подпорные сооружения и их основания должны рассчитываться по первой и второй группам предельных состояний на нагрузки и воздействия, возникающие в условиях их строительства и эксплуатации.

Нагрузки и воздействия на подпорное сооружение и его элементы:

а) постоянные:

- вес подпорного сооружения;*
- вес грунта засыпки;*
- вес конструкций, зданий и сооружений, находящихся в зоне их воздействия на подпорное сооружение;*
- давление подземных вод при установившемся режиме;*

- *вес конструкций, зданий и сооружений, опирающихся на проектируемое подпорное сооружение в долговременных ситуациях (например, несущие подпорные сооружения в период их эксплуатации);*
- *давление грунта и напряжения в основании в долговременных ситуациях;*
- *усилия предварительного напряжения в постоянных конструкциях и пр.;*

б) временные длительные:

- **вес стационарного оборудования, находящегося в зоне его воздействия на подпорное сооружение;**
- **давление грунта и напряжения в основании в кратковременных ситуациях;**
- **давление подземных вод при неустановившемся режиме, избыточное поровое давление;**
- **динамические воздействия от оборудования и транспорта;**
- **нагрузки от складироваемых на поверхности грунта материалов;**

- *температурные воздействия в период эксплуатации;*
- *нагрузки, обусловленные изменением влажности, усадкой и ползучестью материалов;*
- *силы морозного пучения грунта;*
- *деформации основания, вызванные экскавацией грунта;*
- *деформации основания, вызванные ухудшением свойств грунта и не сопровождающиеся коренным изменением структуры грунта;*
- *отрицательное трение и пр.;*

в) временные кратковременные:

- **дополнительное давление, вызванное транспортными нагрузками на земной поверхности;**
- **давление растворов при цементации;**
- **нагрузки, возникающие при изготовлении, транспортировании и монтаже в проектное положение элементов подпорных сооружений заводского изготовления;**
- **температурно-климатические воздействия в период строительства и пр.;**

г) временные особые:

- воздействия, обусловленные опасными инженерно-геологическими процессами;
- сейсмические воздействия;
- воздействия, обусловленные деформациями основания и сопровождающиеся коренным изменением структуры грунта, например, при просадках и набухании грунтов;
- взрывные воздействия;
- аварийные нагрузки и воздействия и пр.

В расчетах подпорных сооружений и их оснований по первой группе предельных состояний коэффициенты надежности по нагрузке следует принимать в соответствии с таблицей 6.2 СП 381.1325800.

При расчете подпорных сооружений и их оснований по предельным состояниям второй группы коэффициенты надежности по нагрузке во всех случаях следует принимать равными 1,0.

При расчете подпорного сооружения по первой группе предельных состояний на основное сочетание нагрузок следует принимать расчетные значения прочностных характеристик грунта (угла внутреннего трения φ_I и сцепления C_I), определенные с доверительной вероятностью α не менее 0,95.

При расчете подпорного сооружения по второй группе предельных состояний, а также при расчете на особое сочетание нагрузок следует принимать расчетные значения прочностных характеристик грунта (φ_{II} , C_{II}), определенные с доверительной вероятностью α не менее 0,85.

*Расчетное условие при расчете основания
по I группе ПС:*

$$F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot F_u,$$

где F – расчетная нагрузка на основание;

F_u – сила предельного сопротивления основания;

γ_c – коэффициент условия работы грунтового основания;

γ_n – коэффициент надежности, зависит от назначения здания или сооружения.

Также, предусматривается выполнение расчета по прочности элементов конструкций стены (по соответствующим нормам).

*Расчетное условие при расчете основания
по II группе ПС:*

$$S \leq S_u$$

(при $P \leq R$).

А также выполняется проверка выполнения элементов железобетонных конструкций по трещиностойкости (по соответствующим нормам).

При проектировании подпорных сооружений по предельным состояниям второй группы необходимо проверять расчетом следующее:

- деформации подпорного сооружения и его основания не превышают предельных допустимых значений;*
- деформации существующей застройки, вызванные устройством подпорного сооружения и последующего строительства, не превышают предельные дополнительные значения;*
- ширина раскрытия трещин в железобетонных элементах не превышает предельных допустимых значений.*

Значения предельных допустимых деформаций подпорных сооружений следует устанавливать в соответствии с техническим заданием на проектирование с учетом предельных дополнительных деформаций сооружений окружающей застройки, расположенной в зоне влияния проектируемого подпорного сооружения, и геометрических размеров строящегося сооружения.

*Проектирование
массивных и уголкового
подпорных сооружений*

Массивные и уголковые подпорные стены, удерживающие перепад высот до 7 м, целесообразно проектировать консольно, без конструкций крепления. При большей высоте перепада, для снижения внутренних усилий в конструкции подпорного сооружения, целесообразно использовать анкерные тяги или контрфорсы.

Предварительные размеры подпорных стен уголкового профиля при отсутствии анкерных тяг и контрфорсов назначаются:

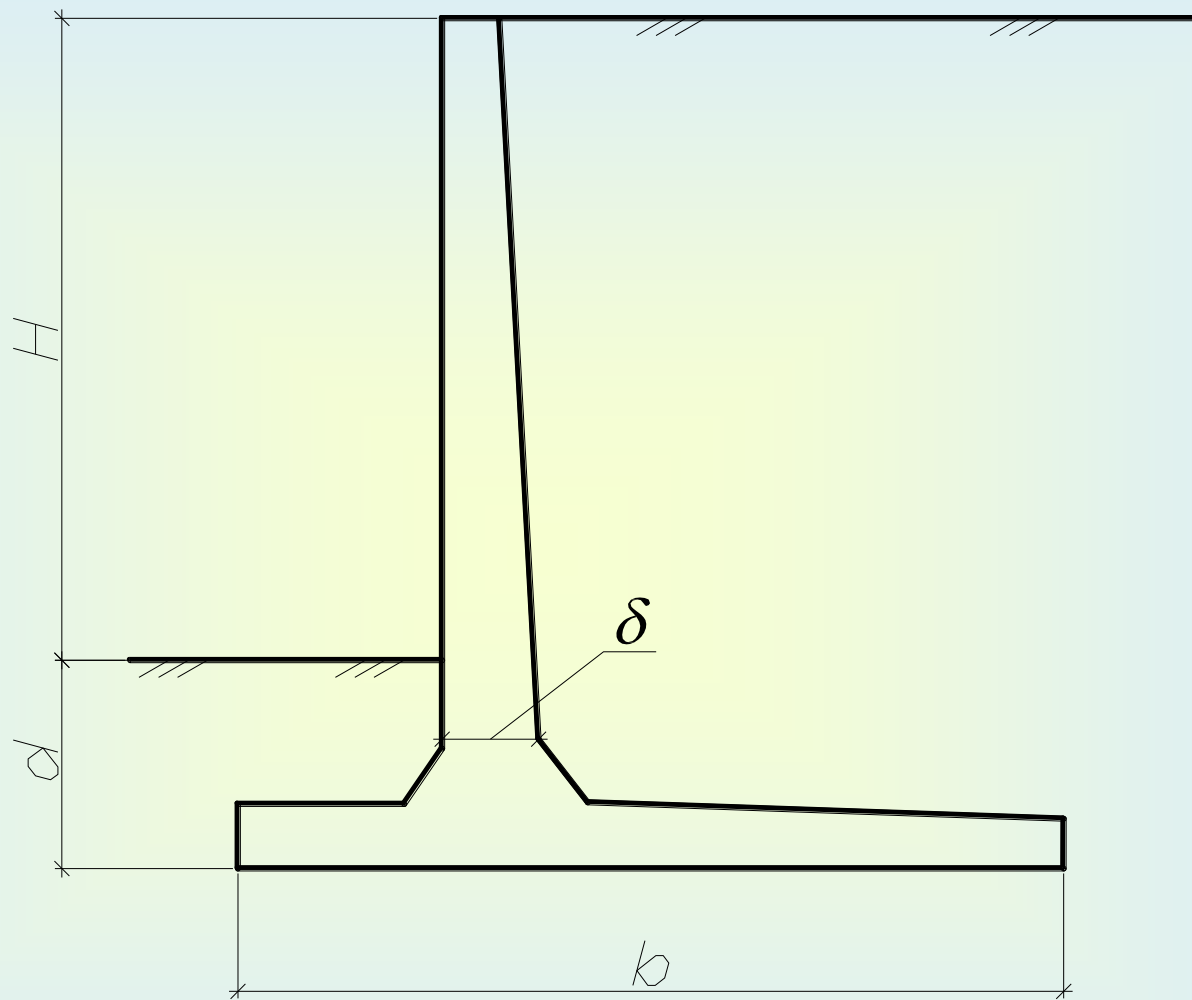
- полная ширина фундаментной плиты $b \geq 0,5H$ (H – высота подпора грунта);

- вынос фундаментной плиты за наружную грань лицевой плиты $(0,2–0,3)b$;

- толщина лицевой плиты в месте заделки

$$\delta = (0,06 – 0,08)H;$$

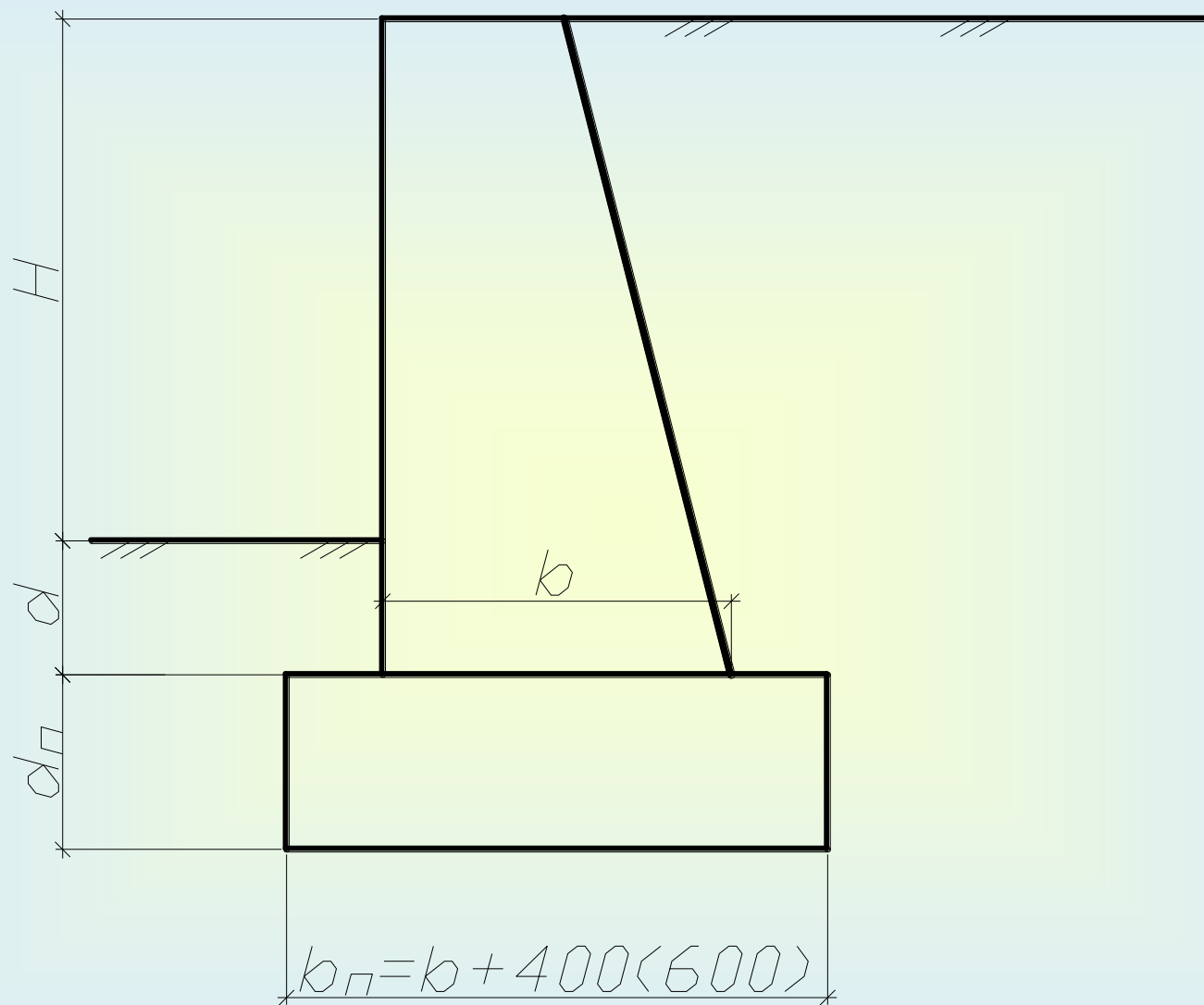
- глубина заложения $d = (0,3–0,35)H$.



Также, при назначении глубины заложения постоянных массивных и уголковых подпорных стен на естественном основании следует учитывать инженерно - геологические и природно-климатические условия, а также нагрузки, передаваемые на основание (как для фундаментов наружных стен зданий в соответствии с СП 22.13330, см. курс «Основания и фундаменты зданий, сооружений»).

В песчаных и скальных грунтах, при соответствующем обосновании, допускается принимать отметку заложения подошвы подпорного сооружения выше глубины сезонного промерзания грунта, но не менее 0,6 и 0,3 м соответственно.

При необходимости (наличие в основании подошвы подпорных стен слабых, сильнодеформируемых, пучинистых грунтов) может устраиваться грунтовая подушка (песчаная или щебеночная).

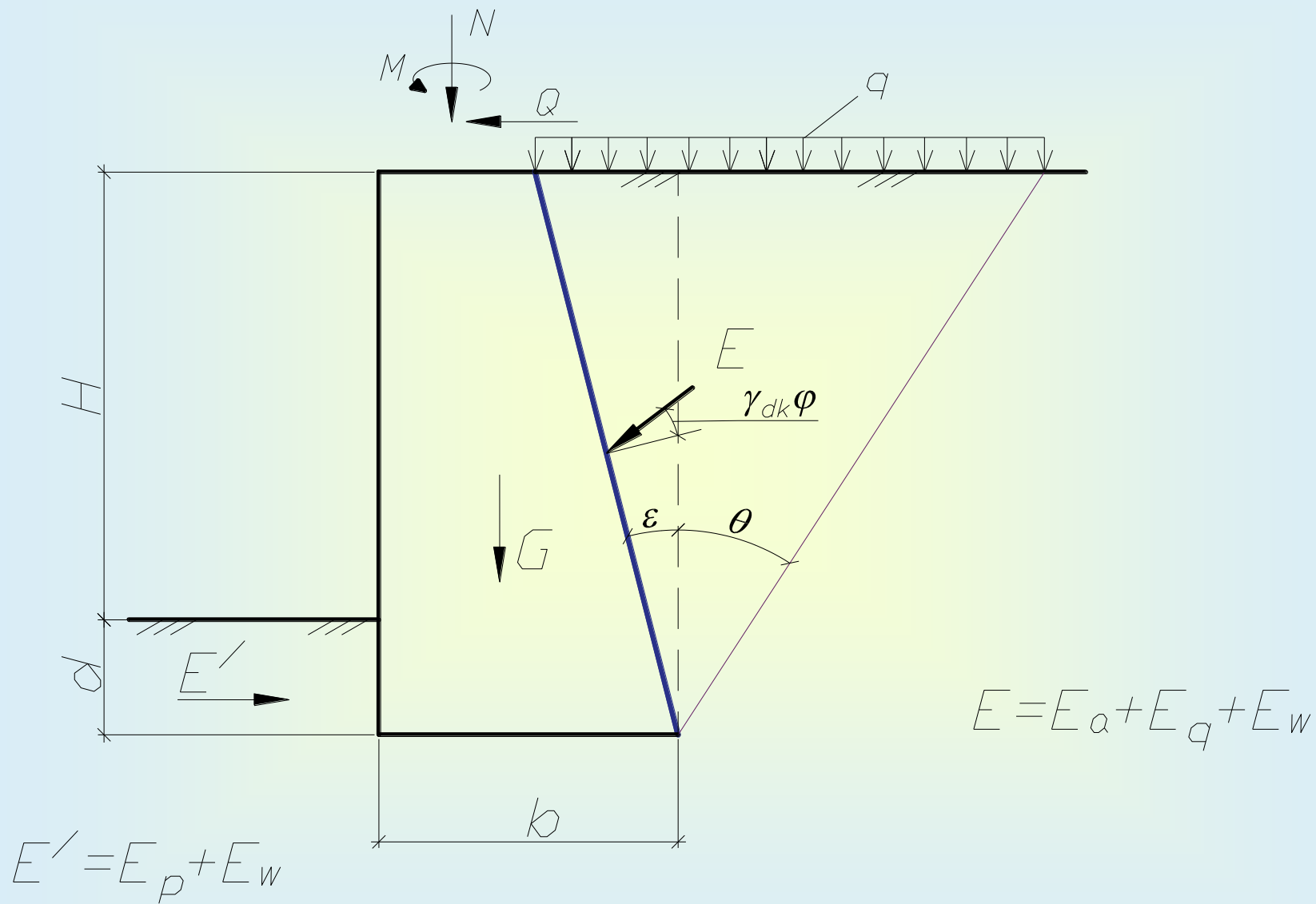


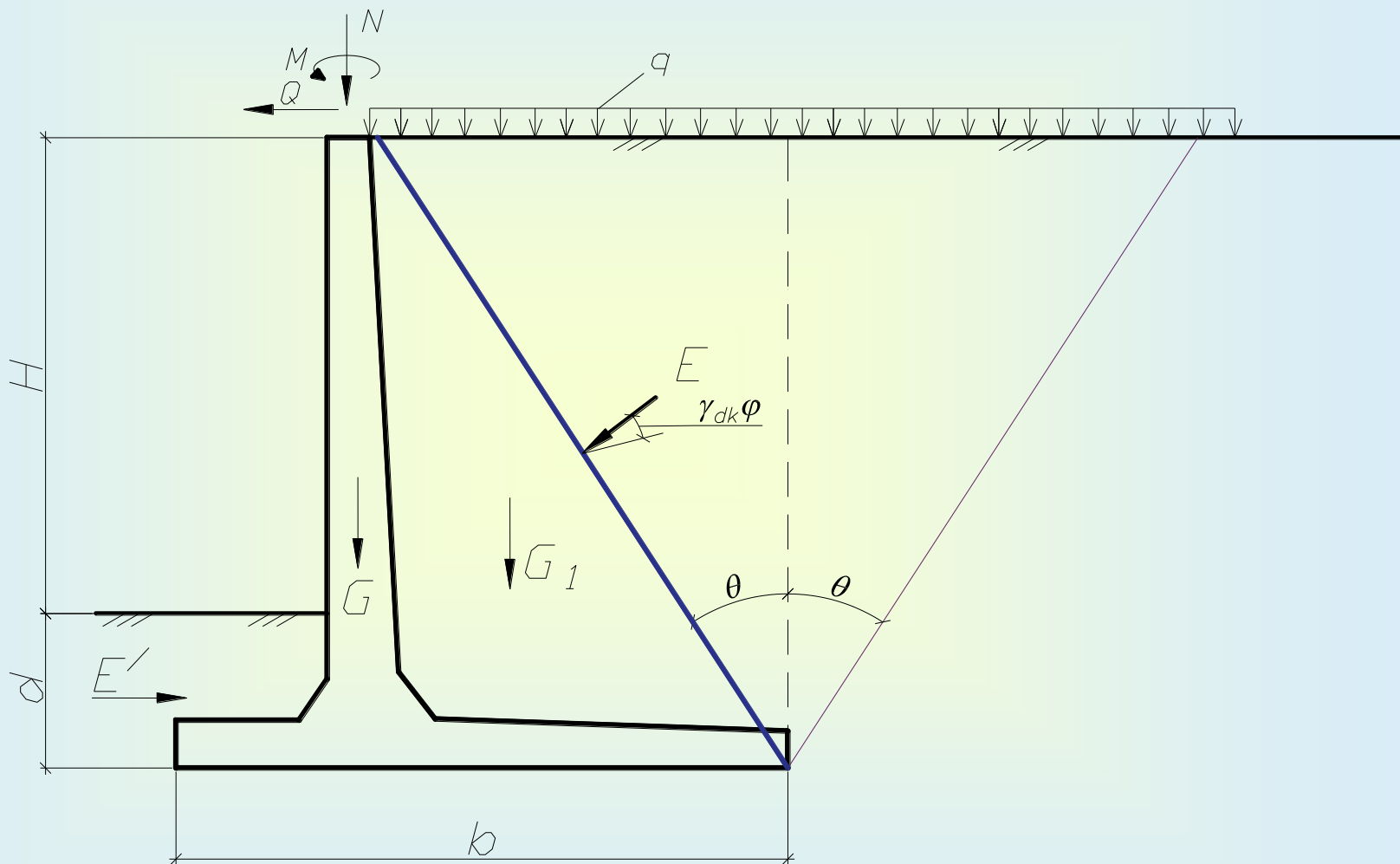
Массивные и уголкового подпорные стены следует рассчитывать на нагрузки от активного давления грунта засыпки и подземных вод с учетом постоянных и временных нагрузок, включая нагрузки от подвижного состава железных дорог и автомобильного транспорта, приложенных в голове стены и на поверхности грунта.

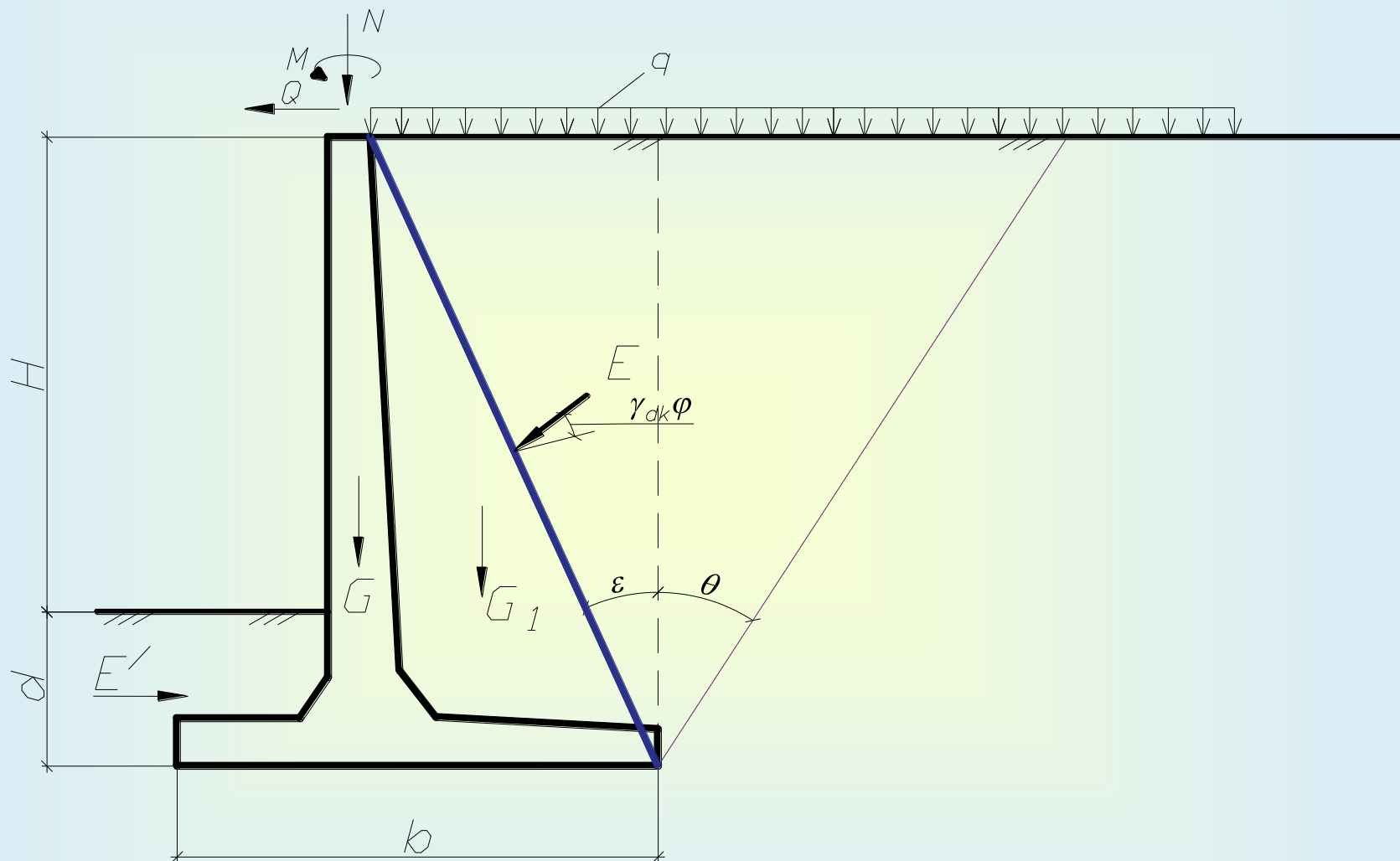
Временные нагрузки на поверхности грунта допускается приводить к эквивалентной высоте засыпки.

Активное давление грунта для подпорных стен допускается определять исходя из условия образования за стеной клиновидной (симметричной или несимметричной) призмы обрушения.

Давление грунта принимается действующим на наклонную плоскость (расчетная плоскость), проведенную под углом θ (ε) к вертикали.







Расчет устойчивости положения стены против сдвига следует проводить по подошве стены (плоский сдвиг) и по ломаным поверхностям скольжения (глубинный сдвиг) из условия

$$F_{sa} \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} F_{sr},$$

где F_{sa} – равнодействующая сдвигающих сил (сумма проекций всех расчетных значений сдвигающих сил на горизонтальную плоскость):

$$F_{sa} = Q + E_a + E_q + E_w;$$

F_{sr} – равнодействующая удерживающих сил (сумма проекций всех расчетных значений удерживающих сил на горизонтальную плоскость):

$$F_{sr} = F_v f + E_p + E_w + b \cdot c_I,$$

где F_v – сумма проекций всех сил на вертикальную ось;

f – коэффициент трения:

$$f = \operatorname{tg}(\gamma_{dk} \varphi_I - \beta),$$

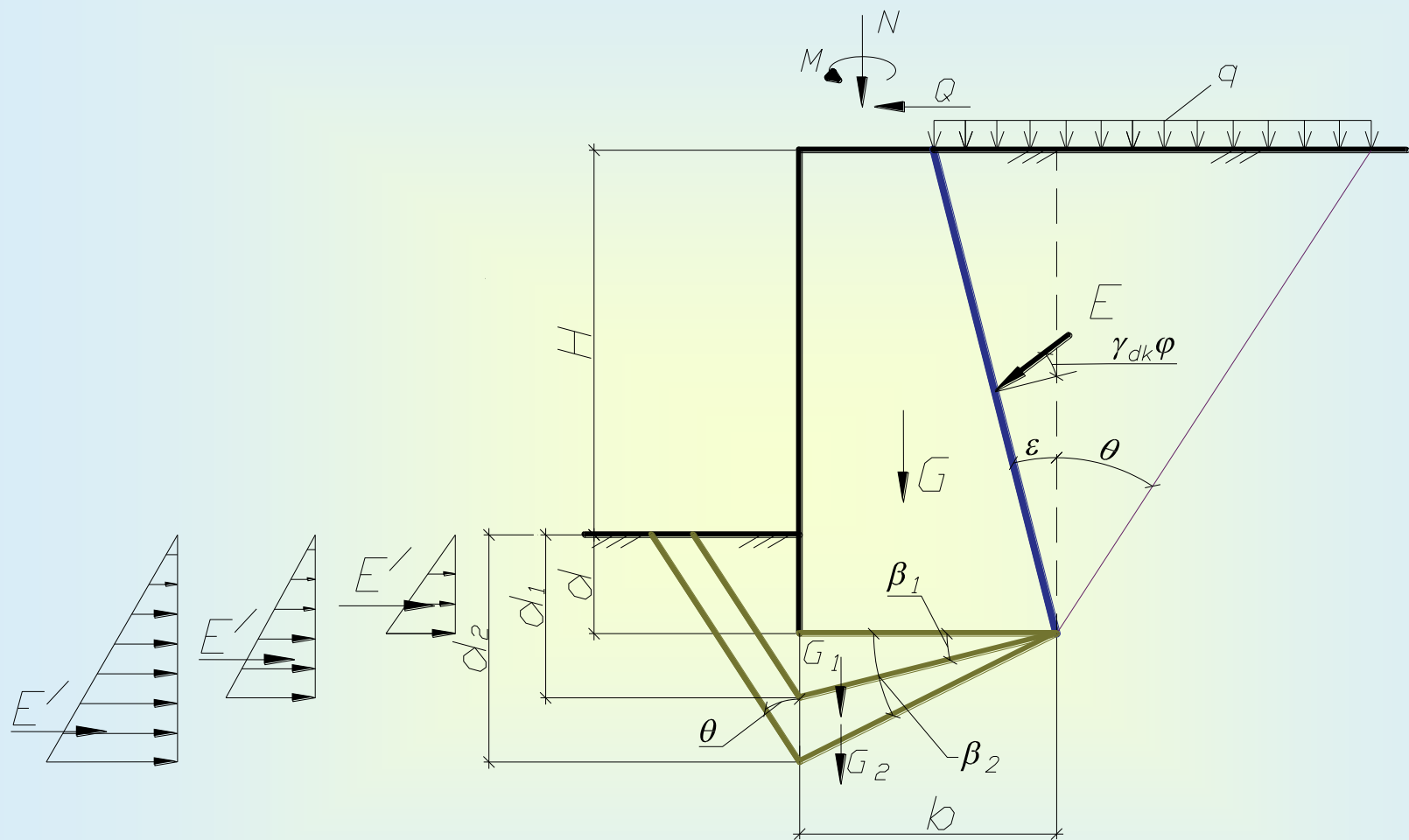
где γ_{dk} – коэффициент условий работы на контакте «подпорное сооружение-грунт»;

β – угол наклона плоскости скольжения к горизонту, определяющий форму сдвига, принимают:

плоский сдвиг – $\beta = 0$;

глубинный сдвиг – $\beta_1 = 0,5\varphi_I$;

$\beta_2 = \varphi_I$.



Устойчивость подпорной стены против сдвига по скальному основанию следует проверять для плоского сдвига, где f (коэффициент трения подошвы по скальному грунту) принимают по результатам испытаний, но не более 0,6.

Расчет несущей способности естественного основания под подошвой стены следует проводить из условия

$$F_v \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} N_u,$$

где N_u – вертикальная составляющая силы предельного сопротивления основания, определяемая по СП 22.13330:

$$N_u = b' l' (N_\gamma b' l' \gamma_I + N_q \gamma_I' d + N_c c_I),$$

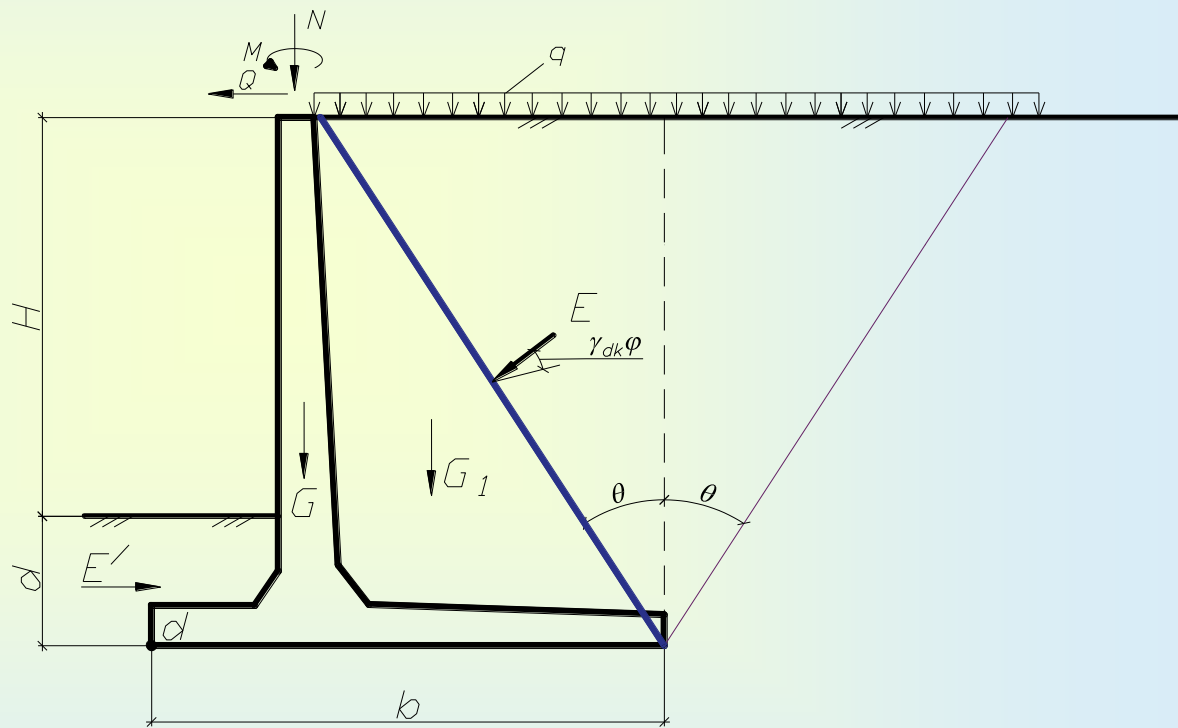
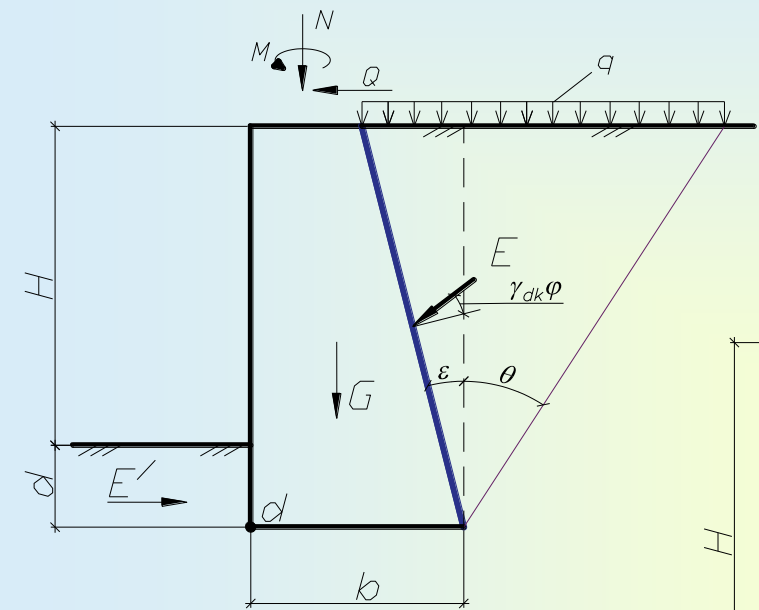
Расчет устойчивости подпорной стены против опрокидывания выполнять, если на неё передаются значительные горизонтальные или моментные нагрузки из условия

$$M_{sa} \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} M_{sr},$$

где M_{sa} – сумма моментов всех опрокидывающих сил относительно т. d (см.рис.),

M_{sr} – сумма моментов всех удерживающих сил относительно т. d (см.рис.);

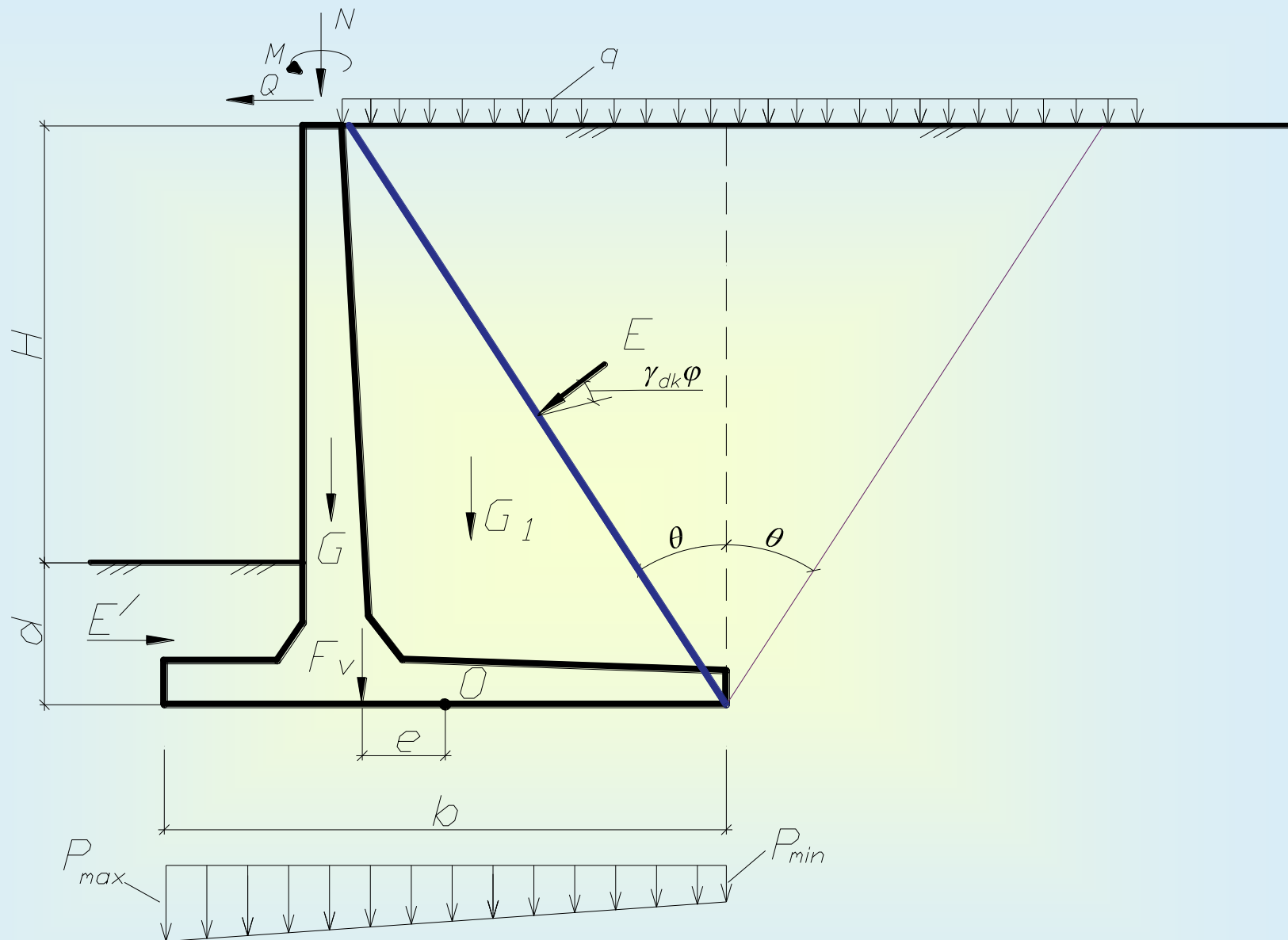
γ_c – принимается равный 1.



Расчет основания подпорных стен по деформациям выполняется по СП 22.13330 или СП 24.13330 (см. курс «Основания и фундаменты зданий, сооружений»).

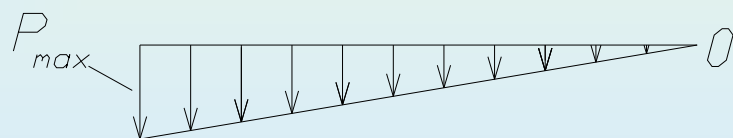
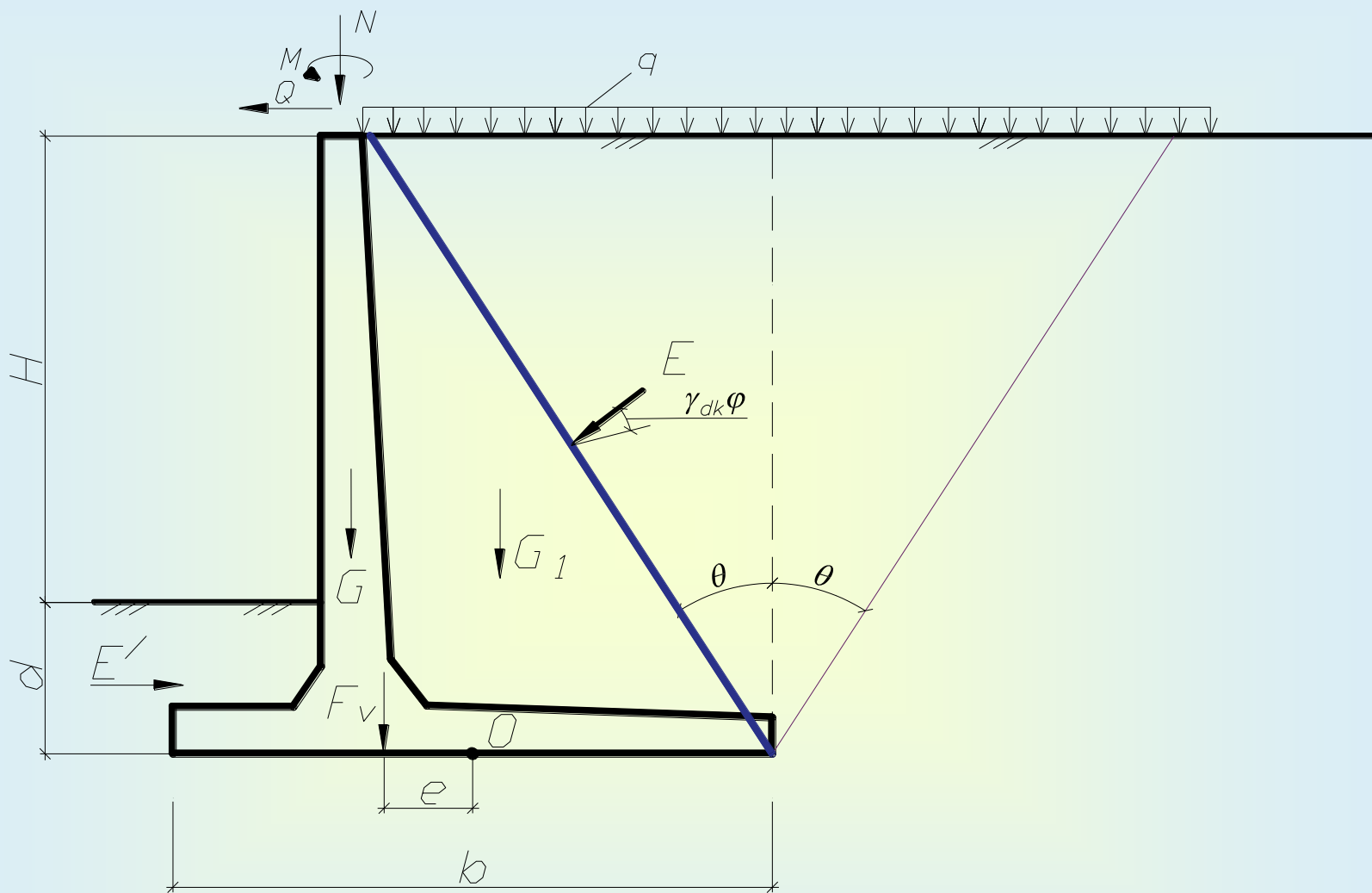
В целях исключения значительного крена подпорных стен на естественном основании эпюра давлений под подошвой стены должна иметь трапецевидную форму, т.е.

$$e \leq \frac{1}{6} b.$$



Допускается и треугольная форма эпюры давлений при условии, что площадь сжатой зоны основания должна быть не менее 75 %, т.е.

$$e \leq \frac{1}{4}b.$$



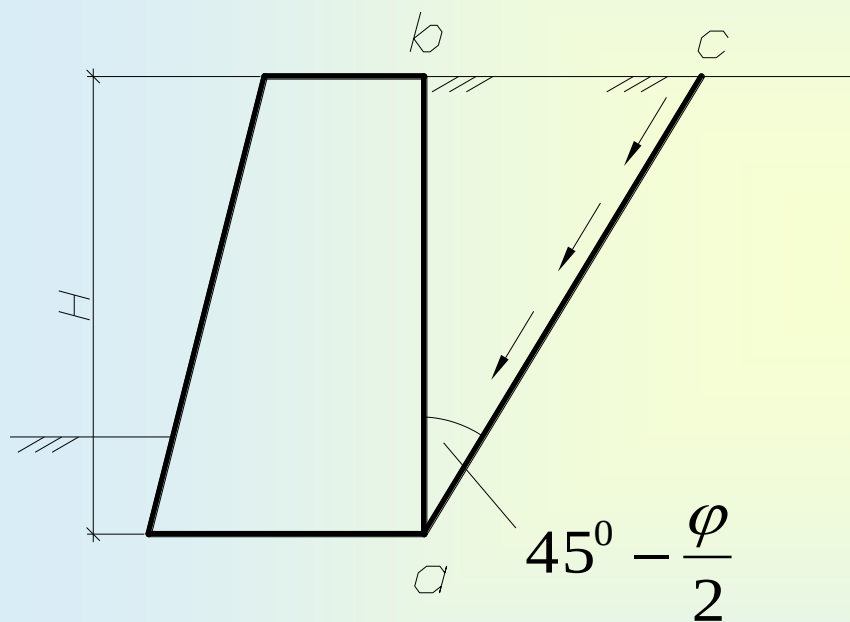
Определение
боковых давлений грунта

***Определение
боковых давлений грунта
(по Кулону, плоские поверхности скольжения)***

*Допущения,
принятые при определении давлений грунта*

- 1. Поверхность скольжения грунта плоская.*
- 2. Из всех возможных поверхностей скольжения, выбирается та, при которой давление грунта на подпорную стену будет максимальным.*
- 3. Грунт рассматривается однородным.*
- 4. Трение грунта о стенку отсутствует.*

1. Грунт несвязный. Стенка вертикальна. Пригрузка на поверхности грунта засыпки отсутствует.



**abc – призма обрушения
грунта**

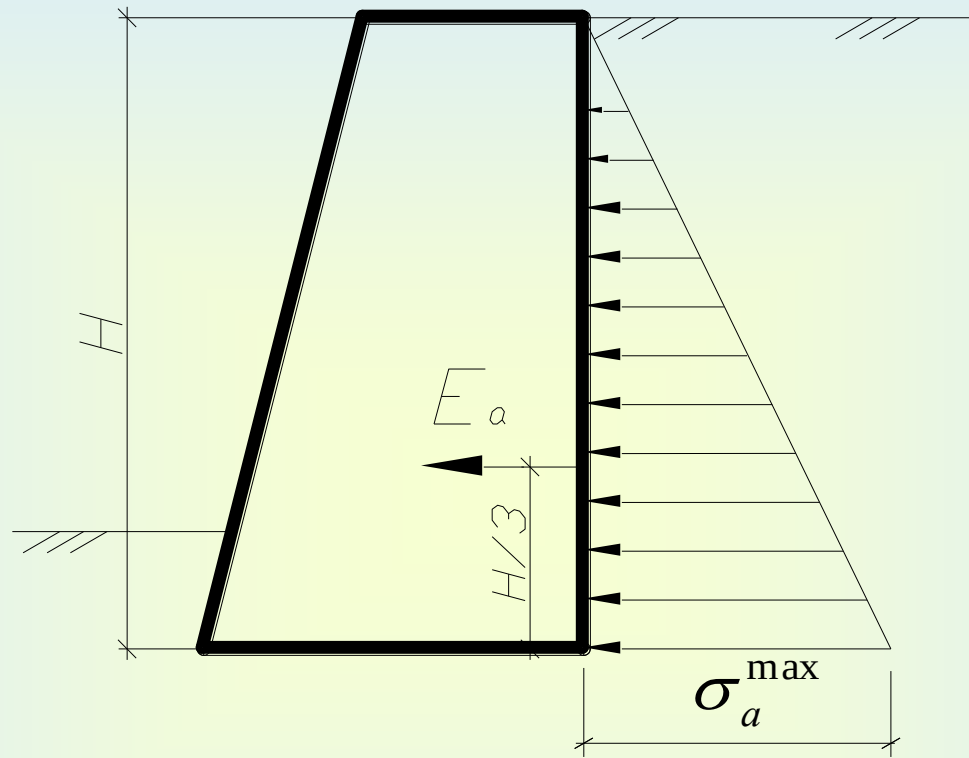
**ac – прямолинейная
поверхность
скольжения**

$$\sigma_2 = \sigma_1 \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right),$$

$$\sigma_1 = \gamma \cdot z, \quad \sigma_2 = \sigma_a \Rightarrow$$

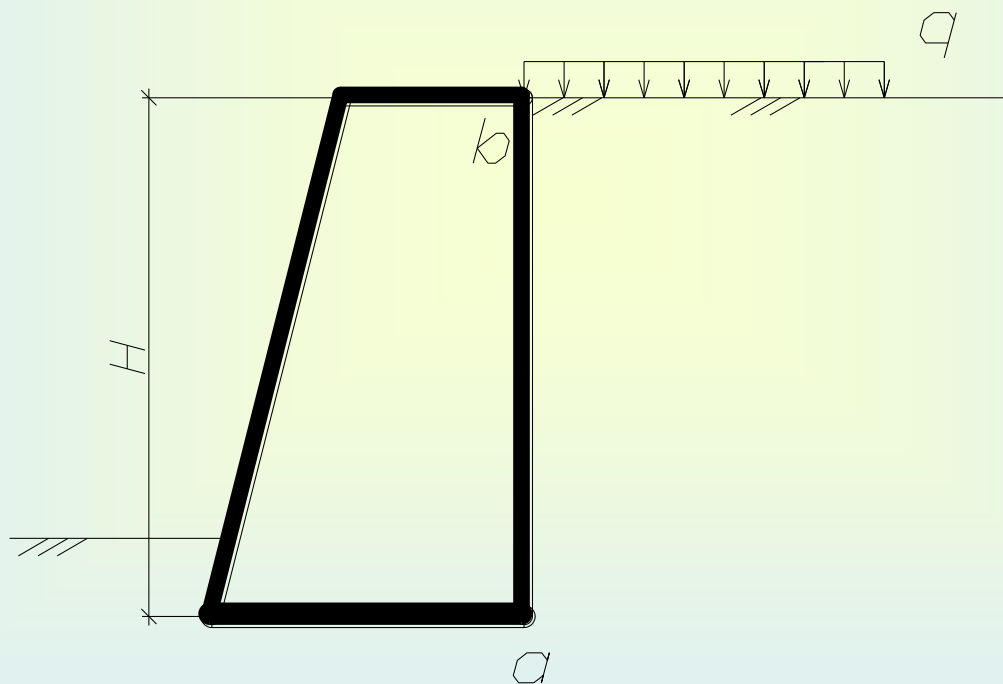
$$\sigma_a = \gamma \cdot z \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right),$$

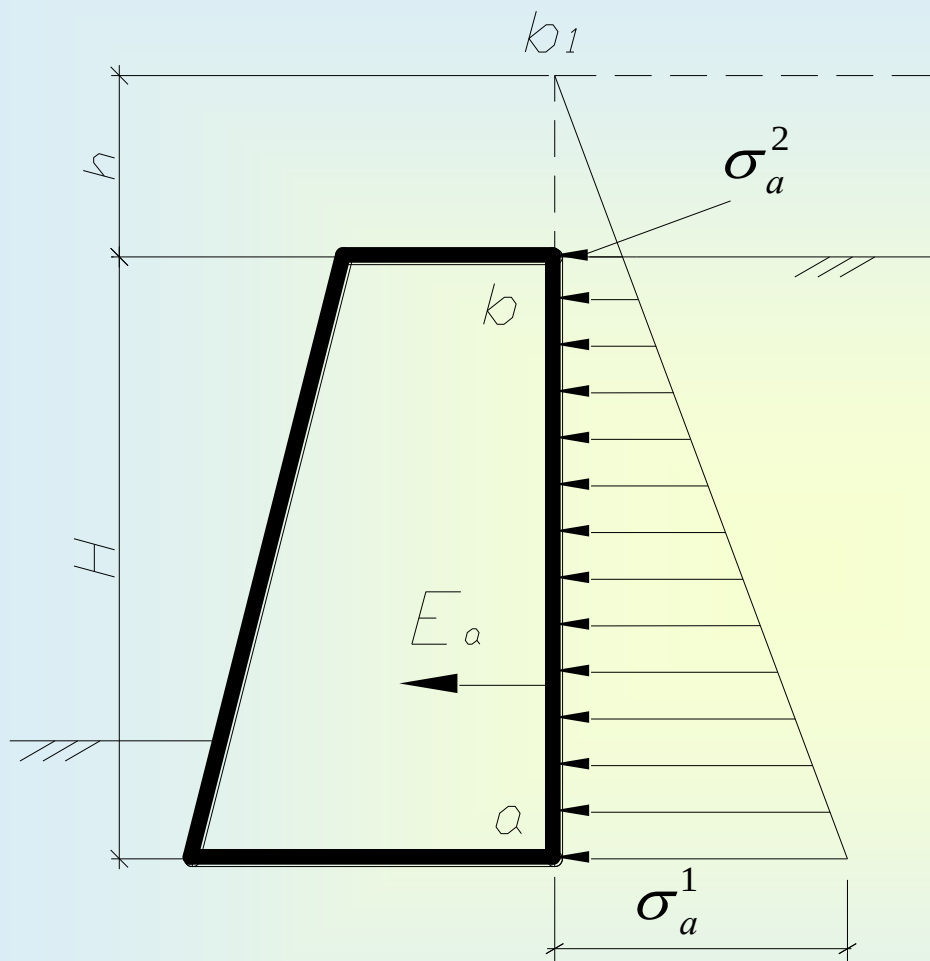
$$\lambda_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \quad \text{— коэффициент} \\ \text{активного давления}$$



$$E_a = \frac{1}{2} \cdot \sigma_a^{\max} \cdot H$$

2. Грунт несвязный. Стенка вертикальна. На поверхности грунта засыпки действует пригрузка интенсивностью q .





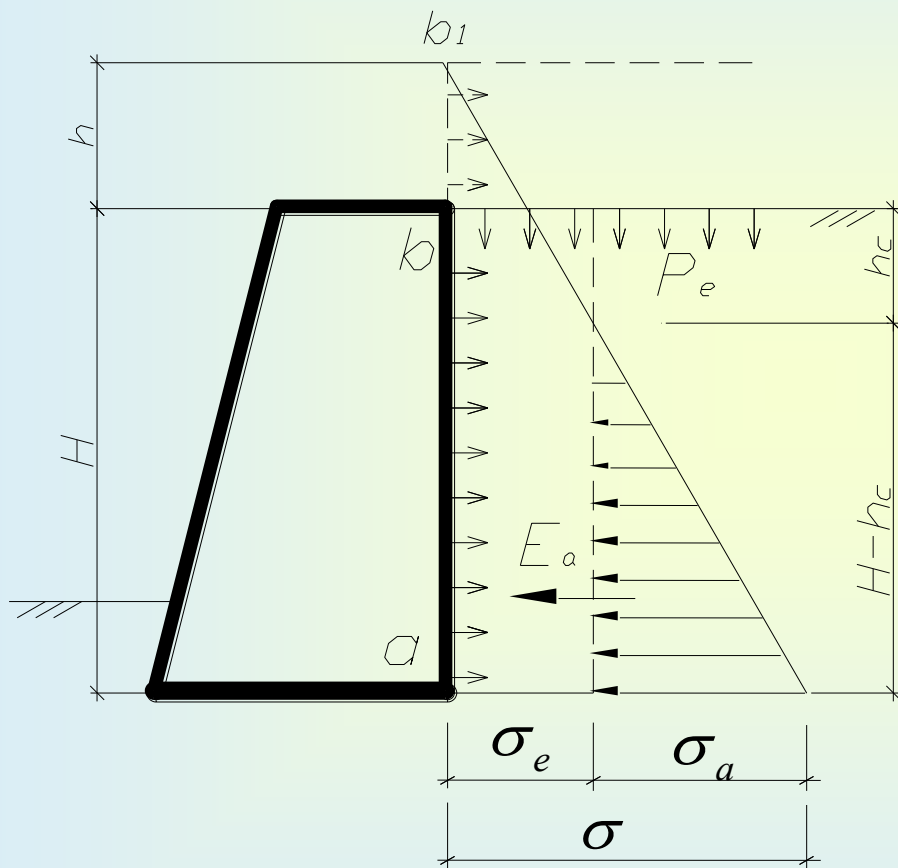
$$h = \frac{q}{\gamma}$$

$$\sigma_a = (\gamma \cdot z + q) \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right),$$

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

$$= \left(\frac{\gamma \cdot H}{2} + q \right) \cdot H \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

3. Грунт связный. Стенка вертикальна. Пригрузка отсутствует.



$$P_e = \frac{c}{\operatorname{tg} \varphi} \rightarrow$$

$$h = \frac{c}{\gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi}$$

$$\sigma_a = \sigma - \sigma_e =$$

$$= \left[\left(H \cdot \gamma + \frac{c}{\gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi} \cdot \gamma \right) \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] - \frac{c}{\operatorname{tg} \varphi}, \rightarrow$$

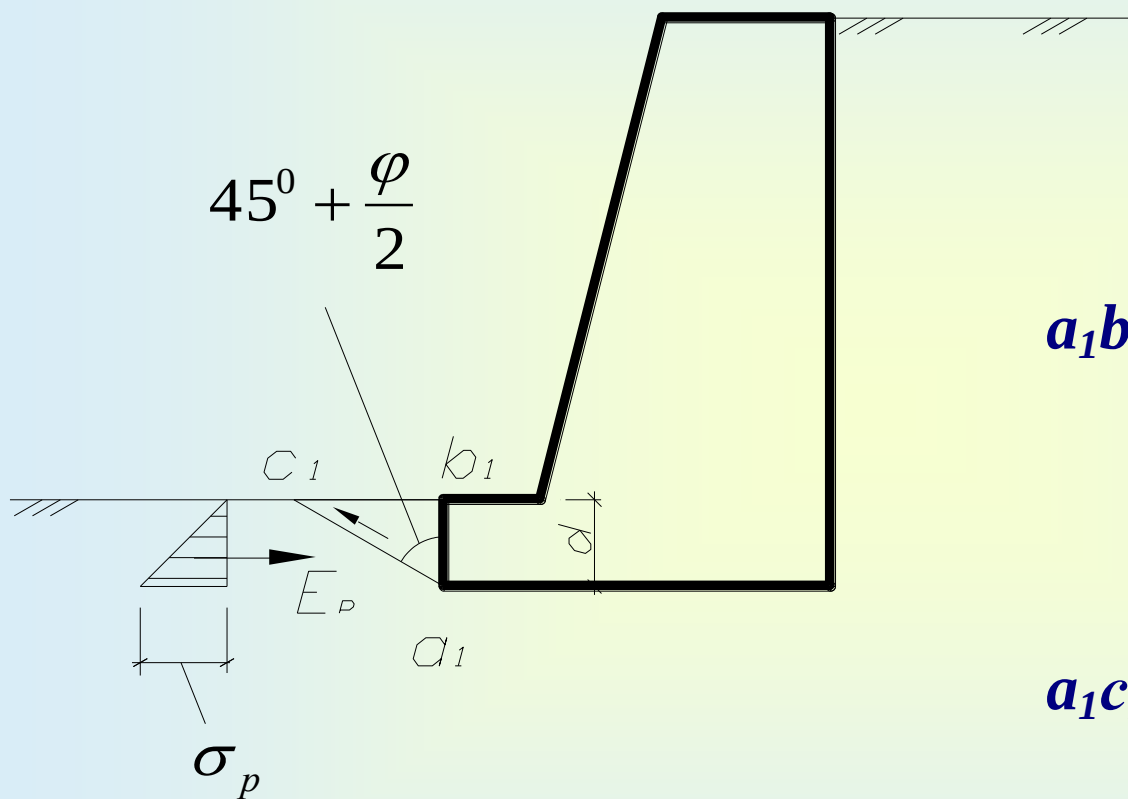
$$\sigma_a = \gamma \cdot z \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) - 2c \cdot \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right),$$

$$h_c = \frac{2c}{\gamma \cdot \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)}$$

$$E_a = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot tg^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) -$$

$$- 2c \cdot H \cdot tg \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) + \frac{2c^2}{\gamma}$$

*Определение
пассивного давления грунта*



$a_1b_1c_1$ – призма выпора
грунта

a_1c_1 – прямолинейная
поверхность
скольжения

для сыпучих грунтов

$$\sigma_p = \gamma \cdot z \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right),$$

$$\lambda_p = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \text{ — коэффициент}$$

пассивного давления

для связных грунтов

$$\sigma_p = \gamma \cdot z \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) + 2c \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)$$

При расчете бокового давления грунта необходимо учитывать:

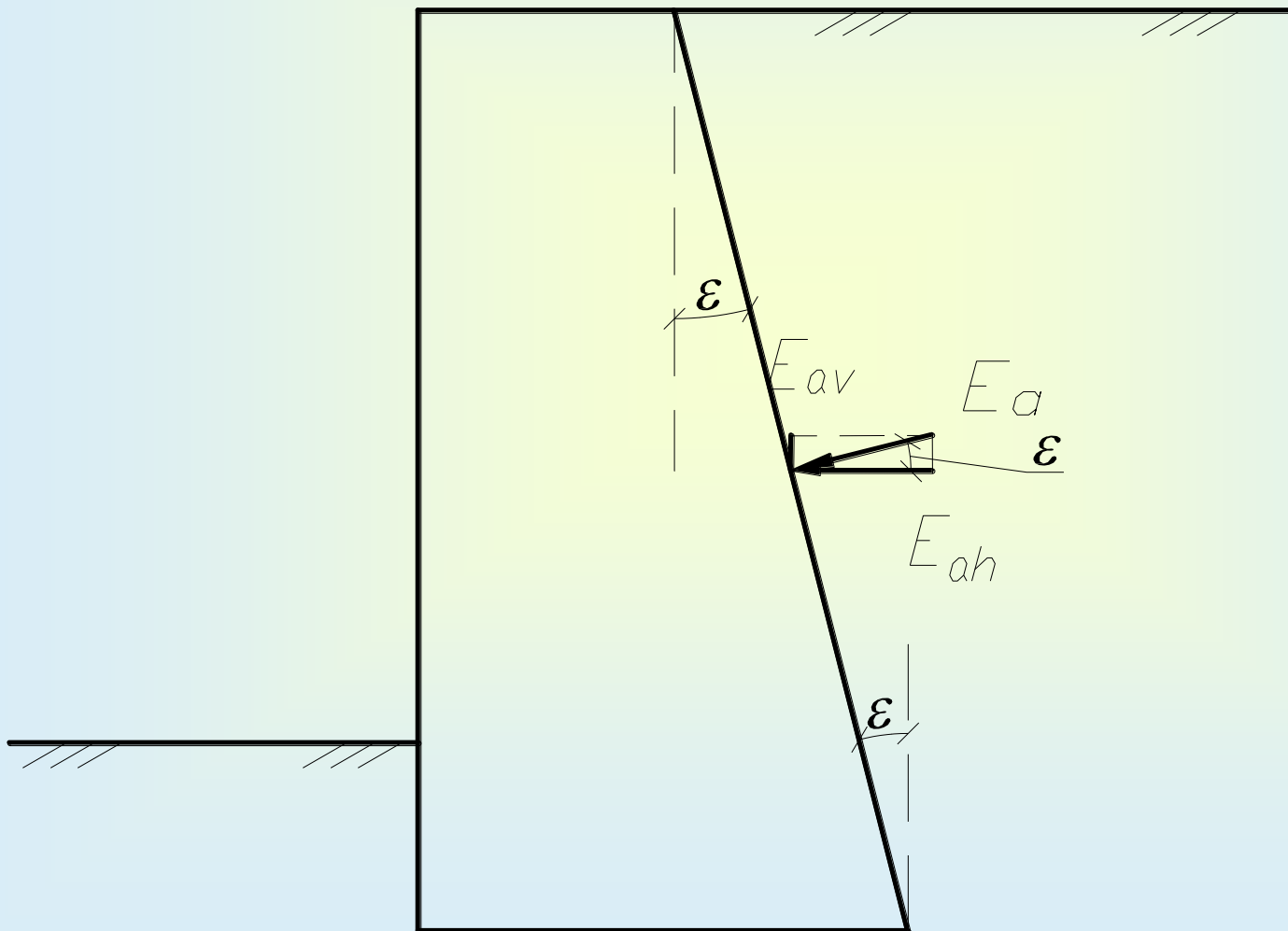
физико-механические свойства грунта, геометрию рельефа земной поверхности, угол наклона инженерно-геологических элементов к горизонту, угол наклона тыловой грани подпорного сооружения к вертикали, трение на контакте «подпорное сооружение - грунтовый массив», нагрузку на поверхности грунта, поровое давление в грунтовом массиве.

Определение

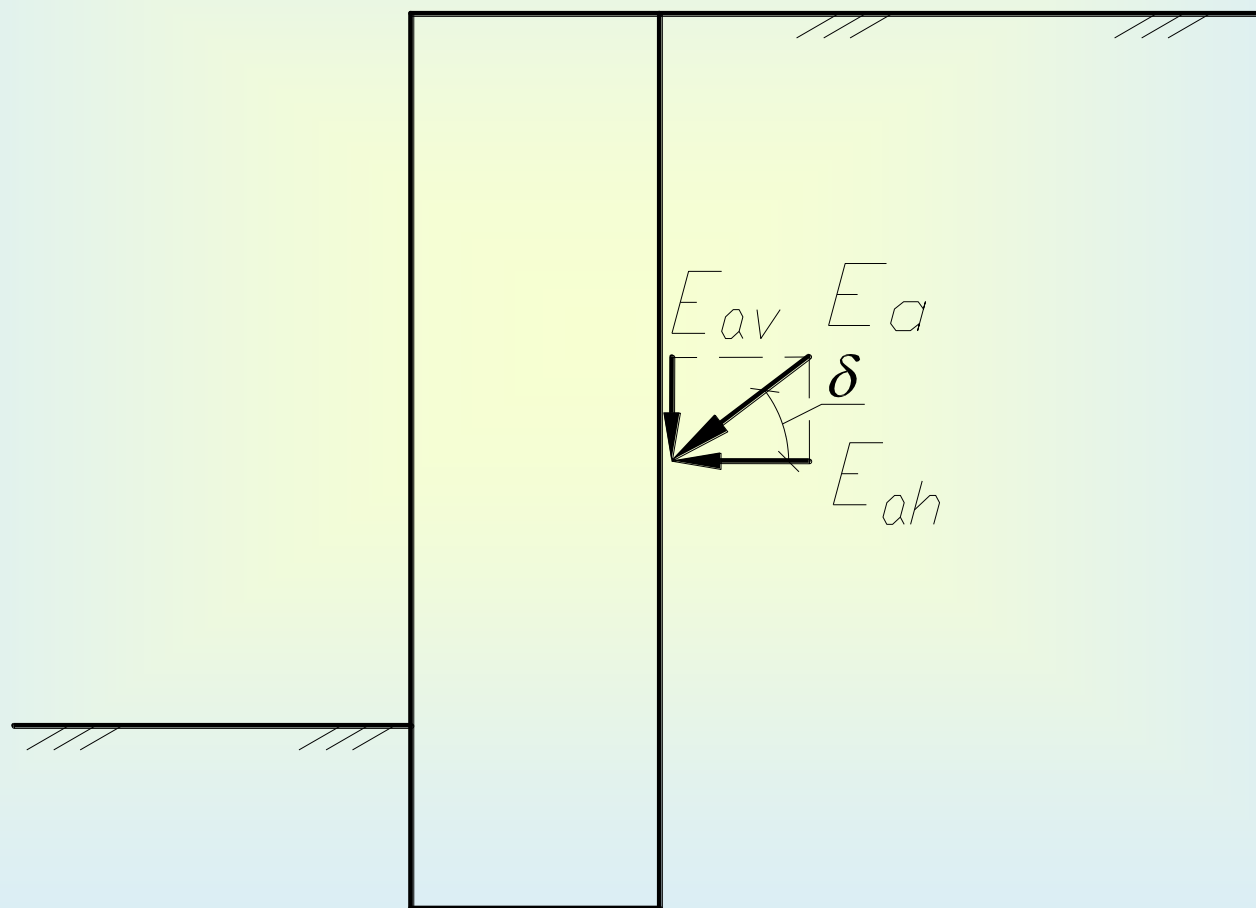
боковых давлений грунта

*с учетом трения на контакте «подпорное сооружение-
грунт», наклона грунта засыпки к горизонтали и на-
клона расчетной плоскости к вертикали*

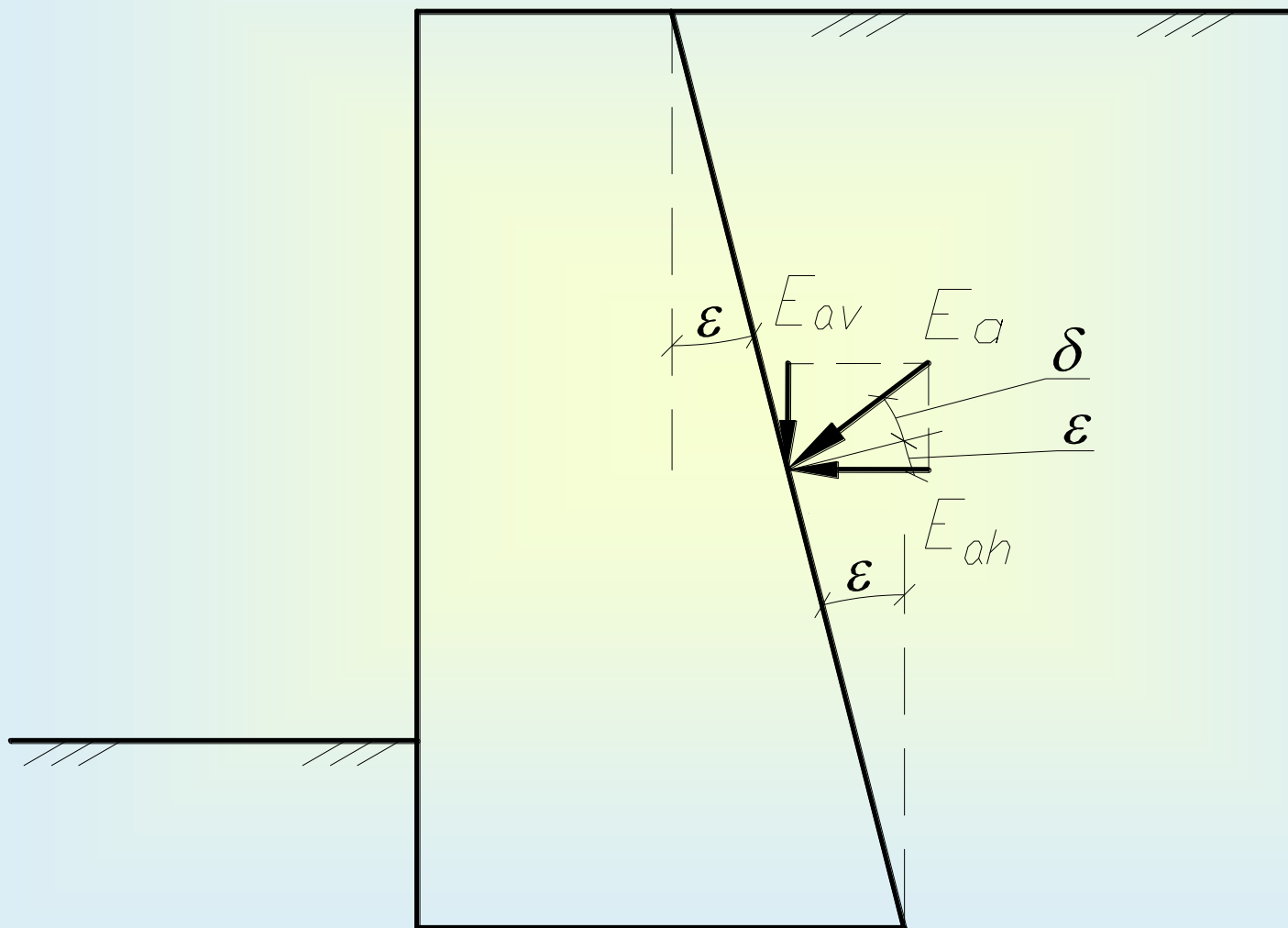
*Действие активного давления при наклоне
расчетной плоскости к вертикали (угол ε)*



Действие активного давления с учетом трения на контакте «подпорное сооружение-грунт» (угол трения грунта на расчетной плоскости (угол δ))



Действие активного давления с учетом угла ε и δ



The image contains two diagrams illustrating the geometry of a ship's hull cross-section. Both diagrams show a hull cross-section with a blue line representing the hull surface. The left diagram shows a rectangular hull cross-section, while the right diagram shows a hull cross-section with a curved top surface. Both diagrams include a coordinate system with axes labeled E_{av} , E_a , and E_{ah} , and angles labeled δ , ϵ , and θ . The diagrams are set against a background with a light blue area on the left and a light yellow area on the right.

*Коэффициент активного давления
горизонтальной составляющей*

$$\lambda_a = \left[\frac{\cos(\varphi - \varepsilon)}{\cos \varepsilon \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \rho)}{\cos(\varepsilon + \delta) \cdot \cos(\varepsilon - \rho)}} \right)} \right]^2$$

*Интенсивность горизонтальной составляющей
активного давления от собственного веса грунта на
глубине z определяется:*

$$\sigma_{ah}^{\gamma} = \gamma z \lambda_a - \sigma_{ch},$$
$$\sigma_{ch} = c(k_1 + k_2),$$

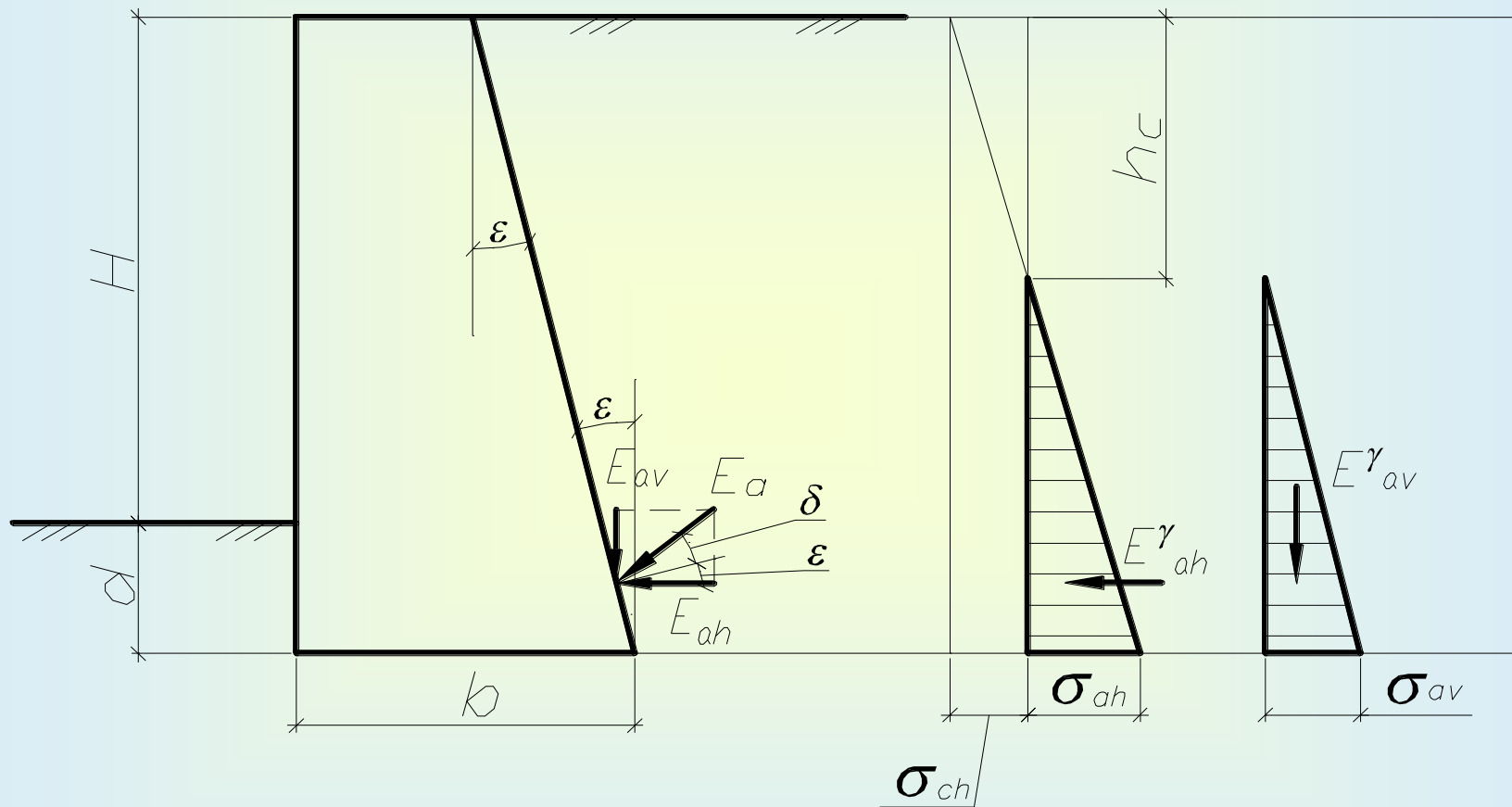
где σ_{ch} – давление связности;

*k_1 – коэффициент, учитывающий сцепление
грунта на плоскости скольжения призмы обрушения
(ac);*

*k_2 – коэффициент, учитывающий сцепление
грунта на расчетной плоскости (bc).*

Если грунт засыпки связный, то может возникнуть зона, где активное давление от собственного веса грунта отсутствует (h_c):

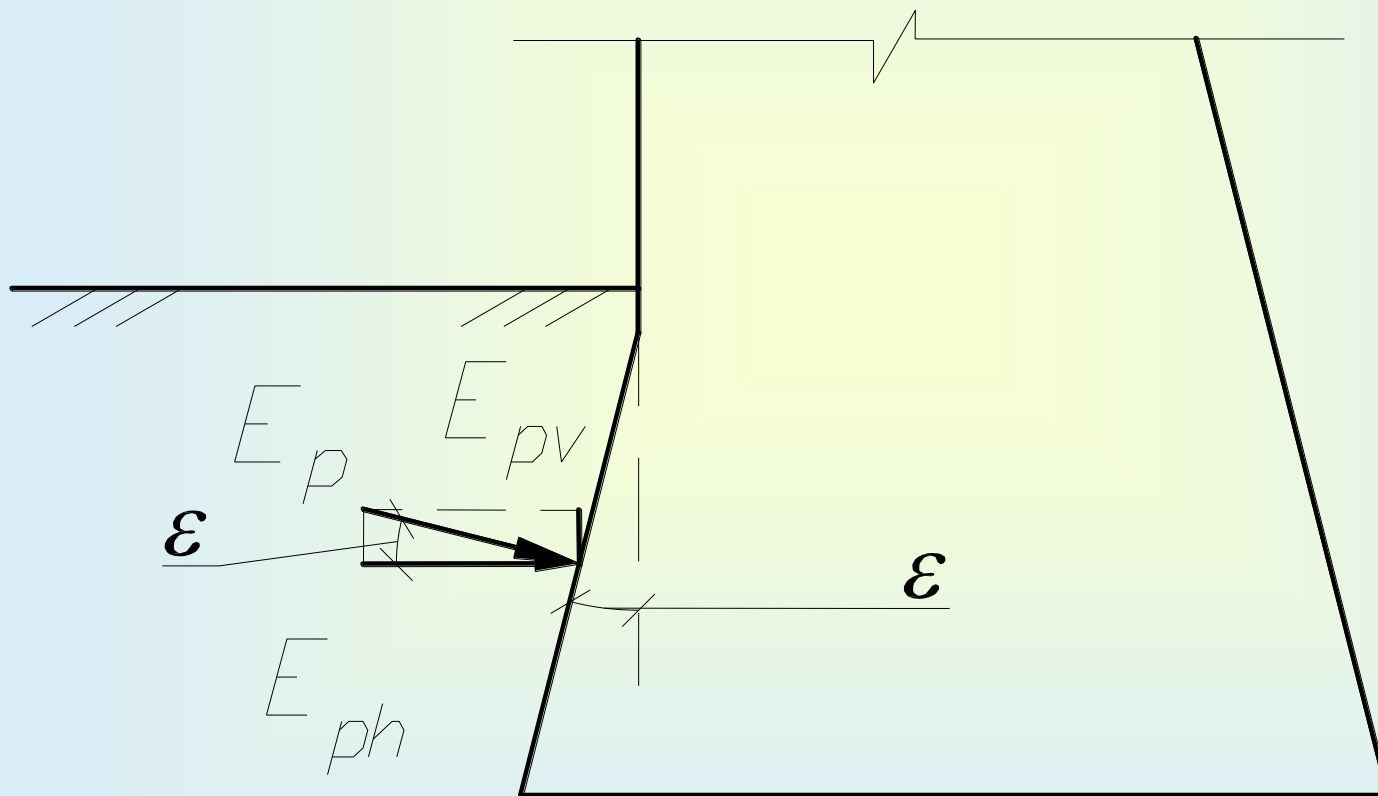
$$h_c = \frac{c(k_1 + k_2)}{\gamma \lambda_a}.$$



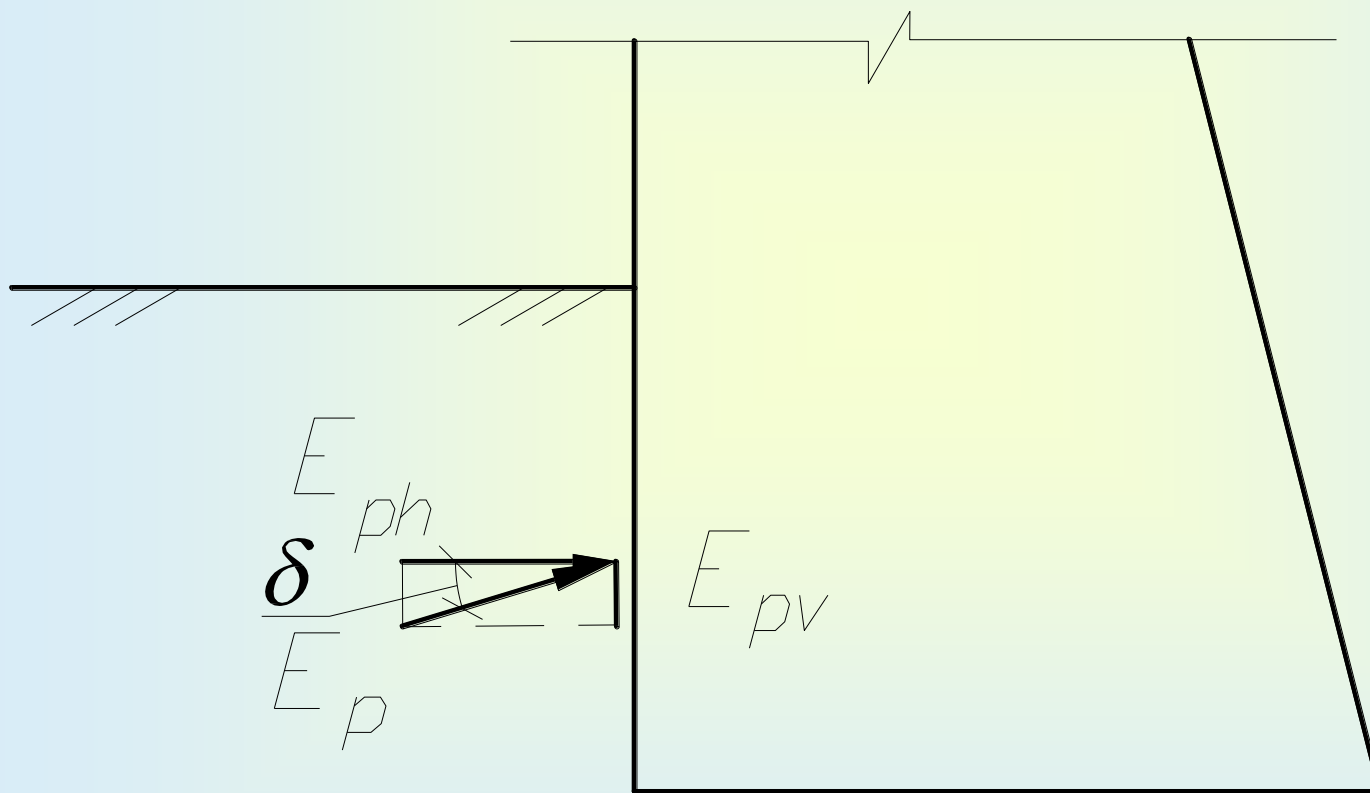
*Интенсивность вертикальной составляющей
активного давления от собственного веса грунта на
глубине z определяется:*

$$\sigma_{av}^{\gamma} = \sigma_{ah}^{\gamma} \operatorname{tg}(\varepsilon + \delta).$$

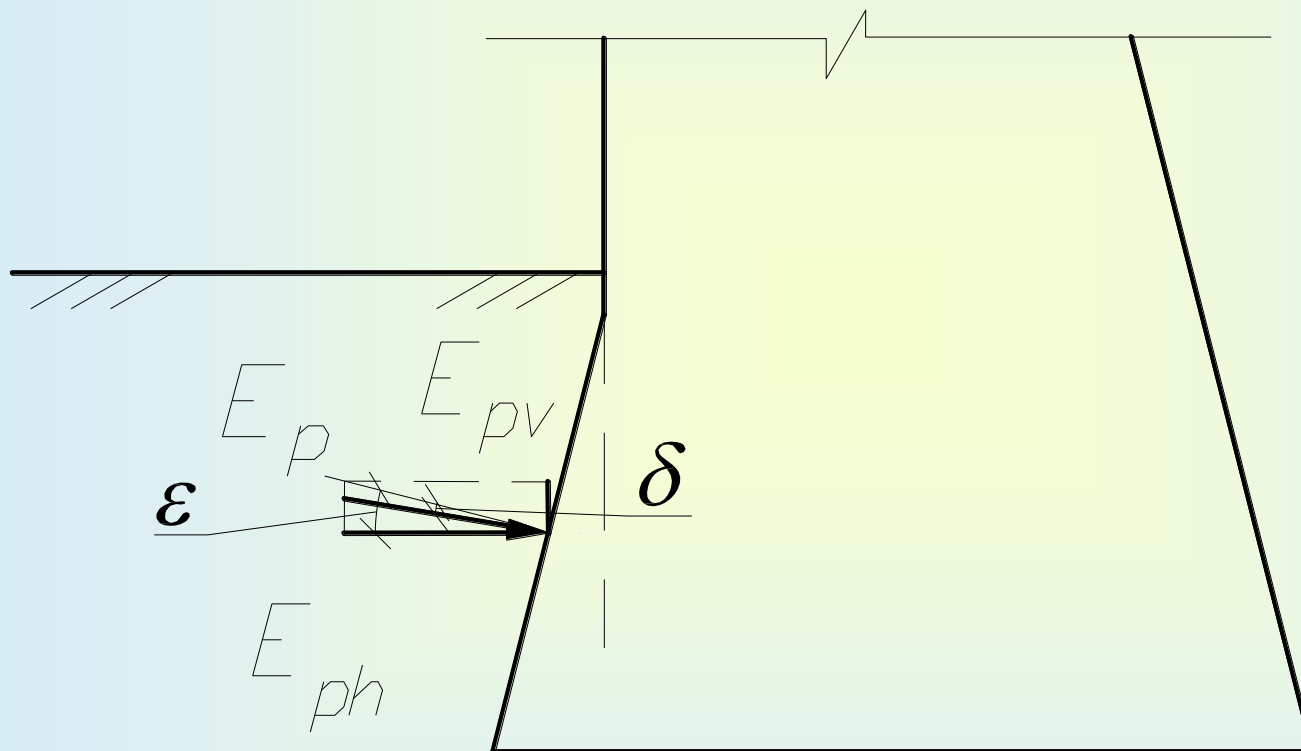
*Действие пассивного давления при наклоне
расчетной плоскости к вертикали (угол ε)*



Действие пассивного давления с учетом трения на контакте «подпорное сооружение-грунт» (угол трения грунта на расчетной плоскости (угол δ))



Действие пассивного давления с учетом угла ε и δ



*Коэффициент пассивного давления
горизонтальной составляющей*

$$\lambda_p = \left[\frac{\cos(\varphi - \varepsilon)}{\cos \varepsilon \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \rho)}{\cos(\varepsilon + \delta) \cdot \cos(\varepsilon - \rho)}} \right)} \right]^2$$

Так как доля вертикальной составляющей пассивного отпора в общей совокупности нагрузок невелика для данных подпорных стен, то в расчетах учитывается только горизонтальная составляющая.

Горизонтальную составляющую пассивного отпора определяют для условной вертикальной плоскости при отсутствии пригрузки на нижней планировочной отметки и трением грунта по расчетной плоскости пренебрегают.

***Определение
боковых давлений от подземных вод***

Давление подземных вод на подпорные сооружения следует принимать в соответствии со значениями поровых давлений в грунте, определяемыми в зависимости от положения уровней подземных вод в водоносных горизонтах, пьезометрических напоров в них, фильтрационных процессов.

Расчетное значение гидростатического порового давления в любой точке вычисляют по формуле

$$\sigma_w = \gamma_f \gamma_w h_w.$$

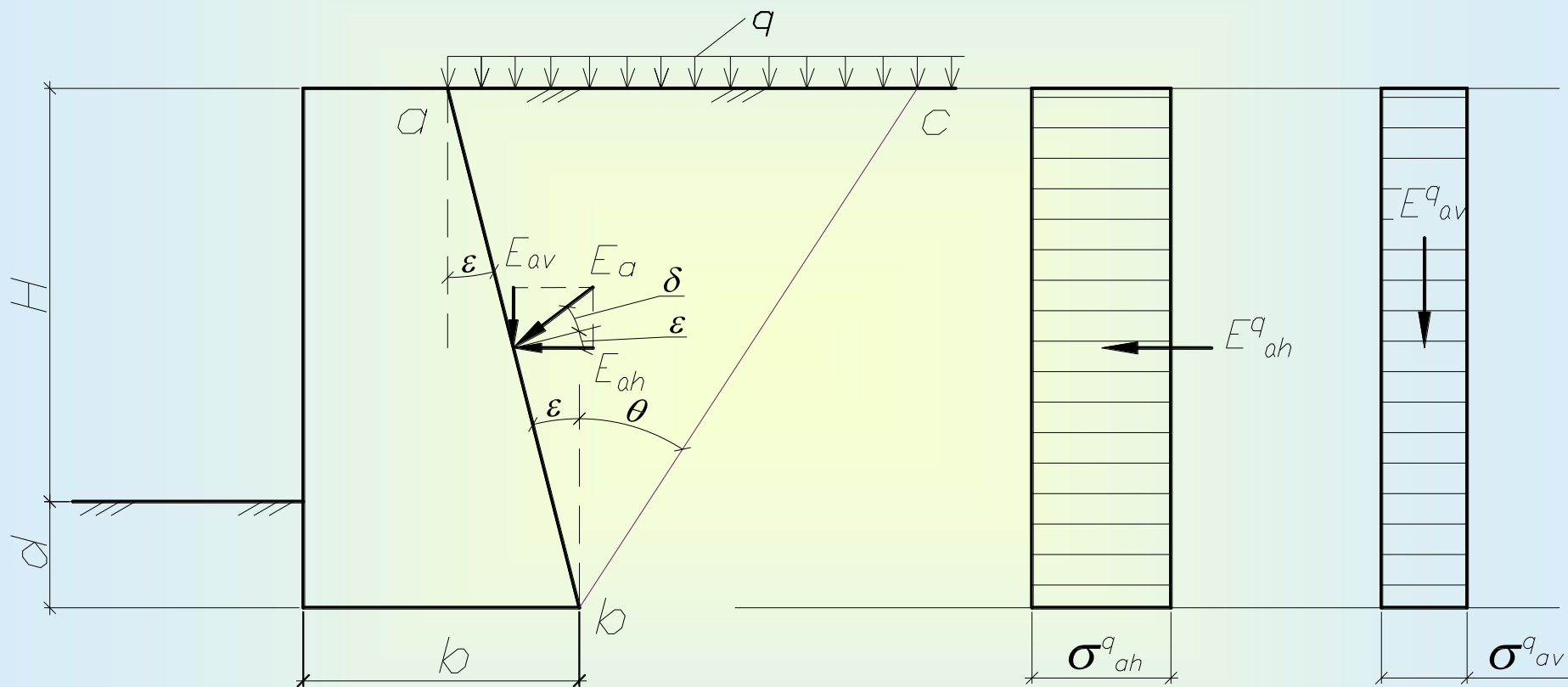
Определение

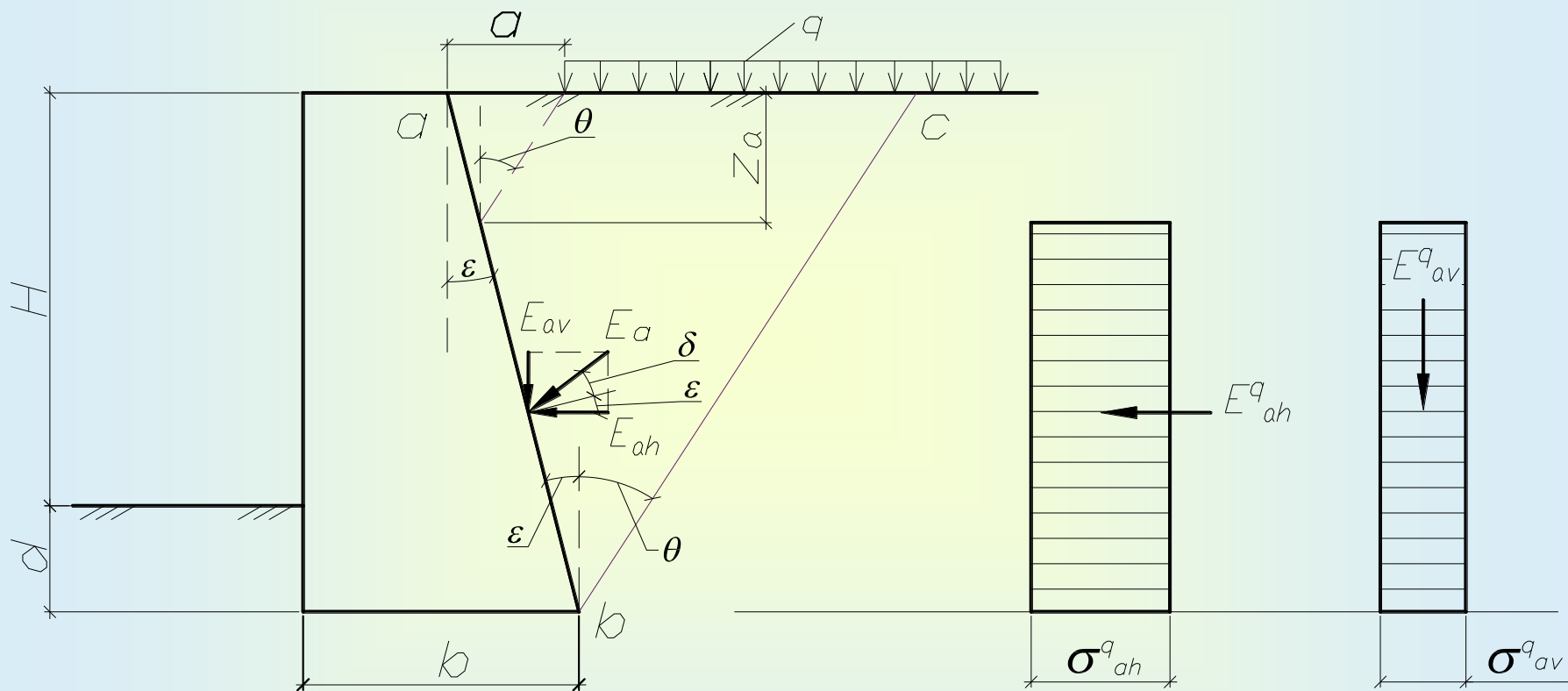
активного давления грунта от внешних нагрузок, приложенных на поверхности грунта засыпки

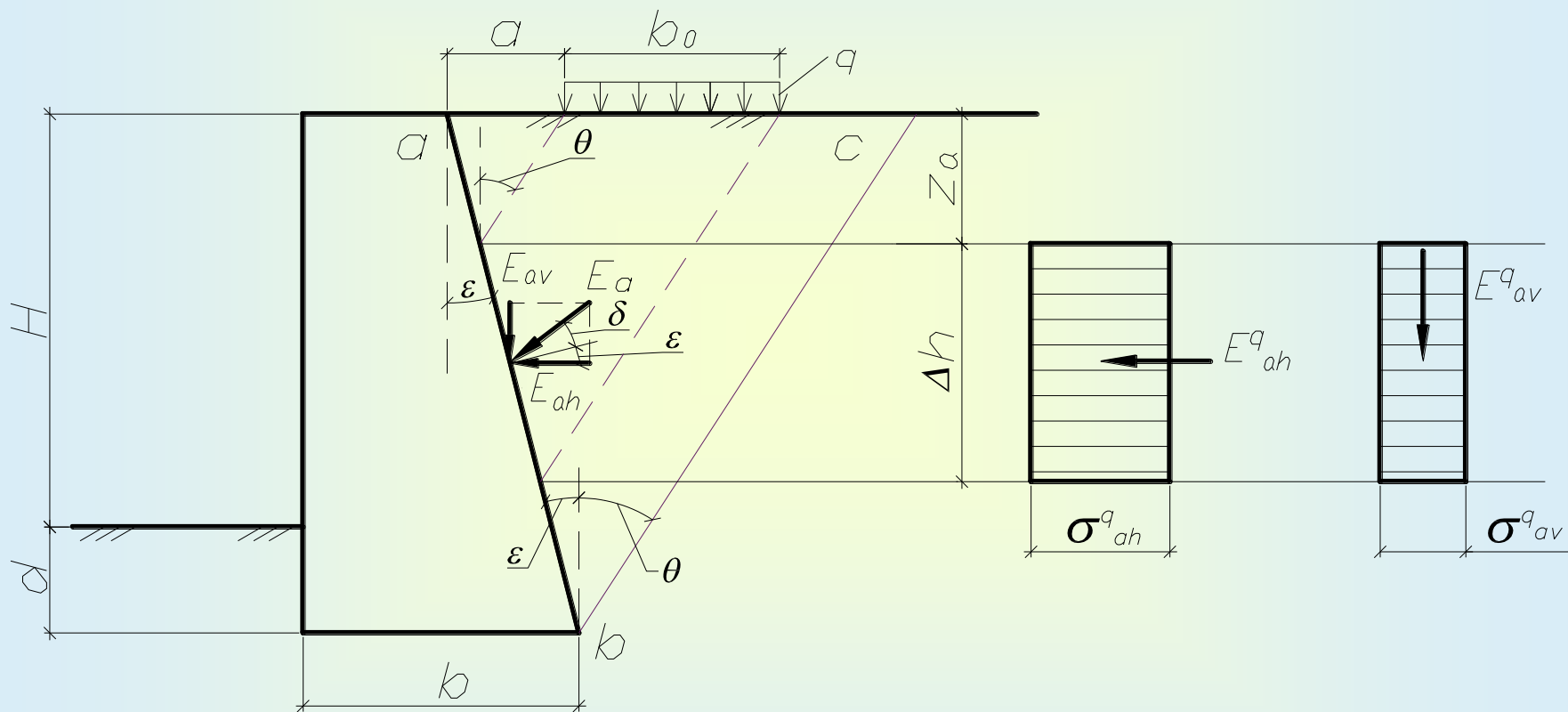
Наибольшее значение активного давления грунта при наличии на горизонтальной поверхности засыпки равномерно распределенной нагрузки q следует определять при расположении этой нагрузки в пределах всей призмы обрушения, если нагрузка не имеет фиксированного положения.

$$\sigma_{ah}^q = q\lambda_a,$$

$$\sigma_{av}^q = \sigma_{ah}^q \operatorname{tg}(\varepsilon + \delta).$$







$$z_a = \frac{a}{tg\varepsilon + tg\theta},$$

$$\Delta h = \frac{a + b_0}{tg\varepsilon + tg\theta} - z_a.$$

При отсутствии специальных указаний в техническом задании на проектирование и наличии свободной площадки на бровке проектируемого подпорного сооружения, которая может быть потенциально использована для проезда строительной техники, машин, механизмов, складирования материалов и т.п., расчет подпорного сооружения необходимо выполнять с учетом дополнительной равномерно распределенной нагрузки $q=20$ кПа.

*Проектирование
гибких подпорных сооружений*

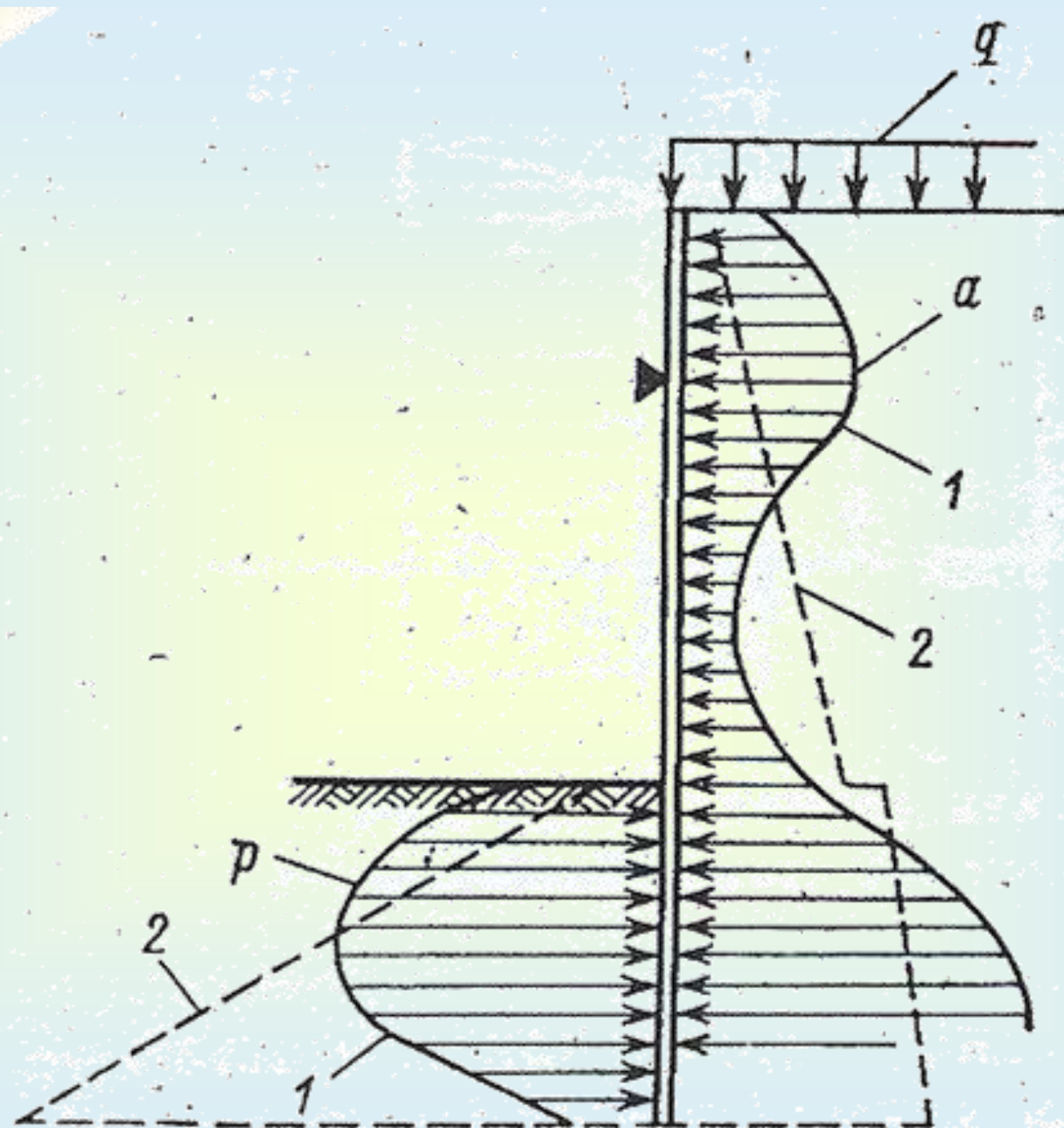


При проектирование гибких подпорных стен необходимо:

- определить глубину заделки стены в грунт (f);*
- определить внутренние усилия в конструктивных элементах гибких подпорных стен (проверка прочности по материалу: подбор поперечного сечения стены, при наличии, конструкций крепления, обвязочных поясов).*

Проверка на общую устойчивость выполняется методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения (определяется поверхность скольжения).

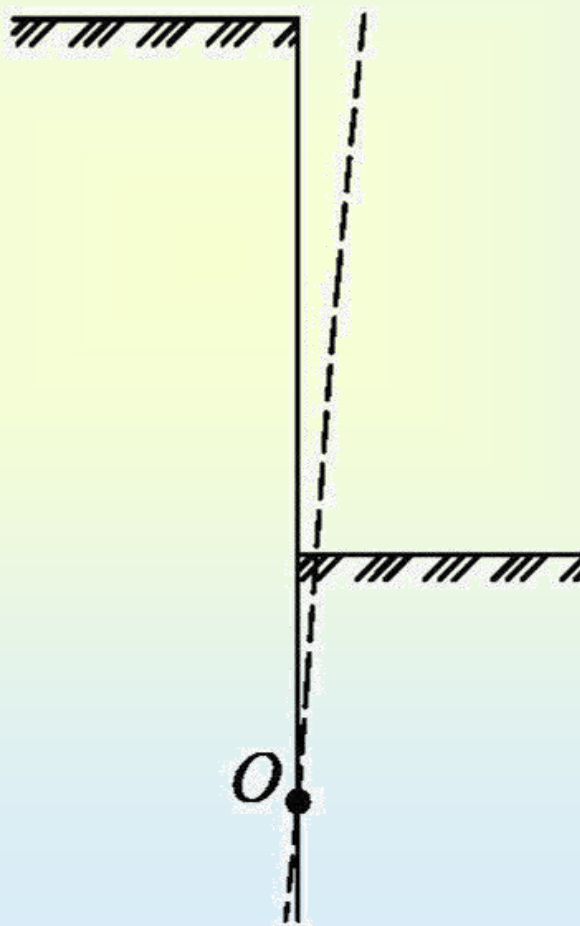
Поверхность скольжения, соответствующая минимальному значению коэффициенту устойчивости, проходит через нижнюю точку подпорной стены.



Глубина заделки (f) гибких подпорных стен выбирается из условия невозможности разрушения основания при повороте стены.

Для определения внутренних усилий и глубины заделки в грунт допускается использовать аналитические, графоаналитические и численные методы.

Для расчета консольных гибких подпорных стен применяется приближенный метод (конструкция рассматривается как упругая балка, защемленная в грунт, которая испытывает поворот вокруг т. O).

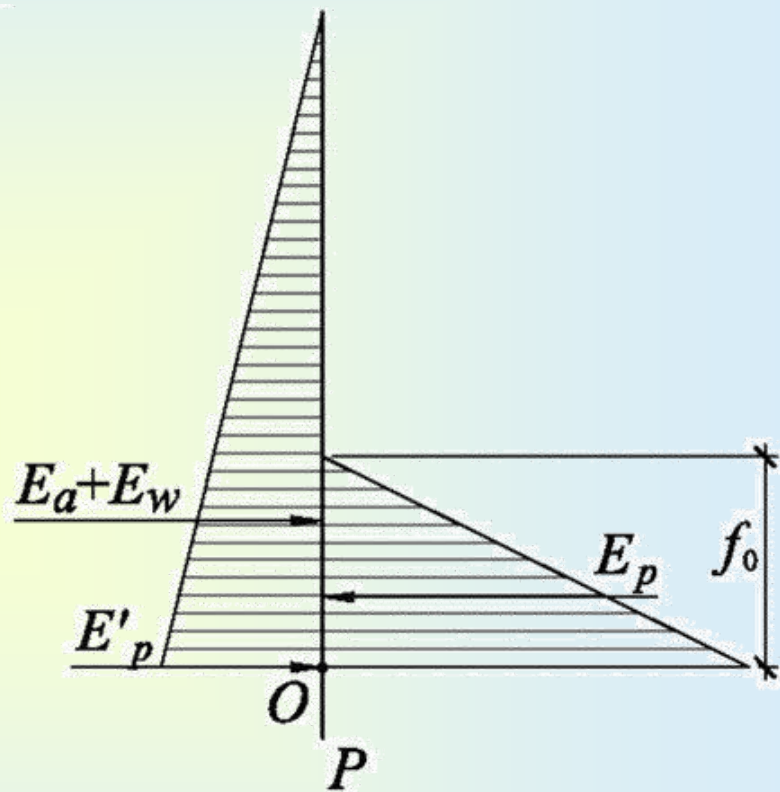
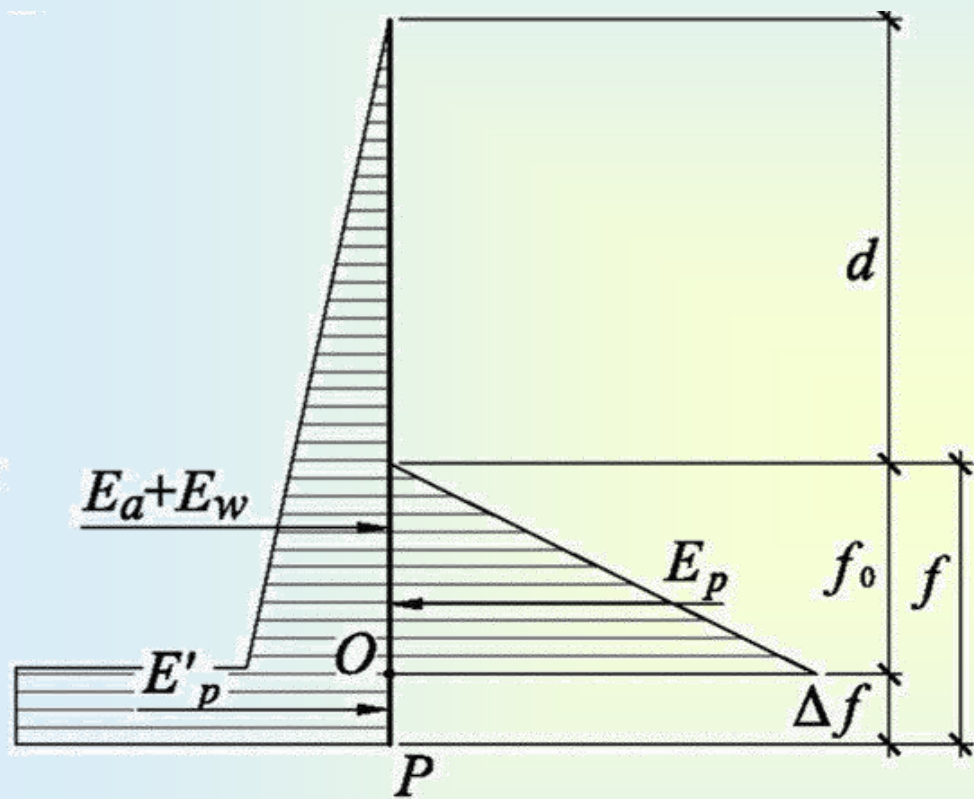


Последовательность расчета:

- определить активное и пассивное давление, давление подземных вод и дополнительных нагрузок, построить эпюры найденных давлений;*
- определить положение т. О (точка нулевого момента) аналитически из уравнения равенства моментов активного и пассивного давления с учетом подземных вод и дополнительной пригрузки (глубина f_0);*
- определить упругий отпор E'_p (возникает ниже т.О за счет поворота стены возникает противодействие);*

– определить полную глубину заделки в грунт $f = f_0 + \Delta f$ (Δf по правилам строительной механики из условия равновесия проекции всех сил на горизонтальную ось);

– определить внутренние усилия для проверки сечений подпорной стены по материалу.



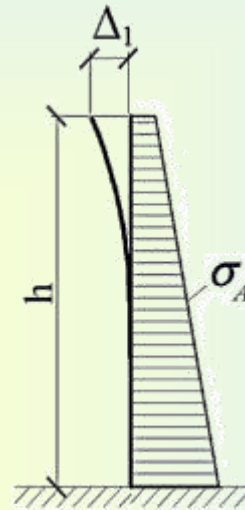
Консольные гибкие подпорные стены обладают значительной податливостью, поэтому возникает необходимость определения смещения верха конструкции (Δ).

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3,$$

где Δ_1 – прогиб стенки на участке свободной высоты длиной h (как консольная балка);

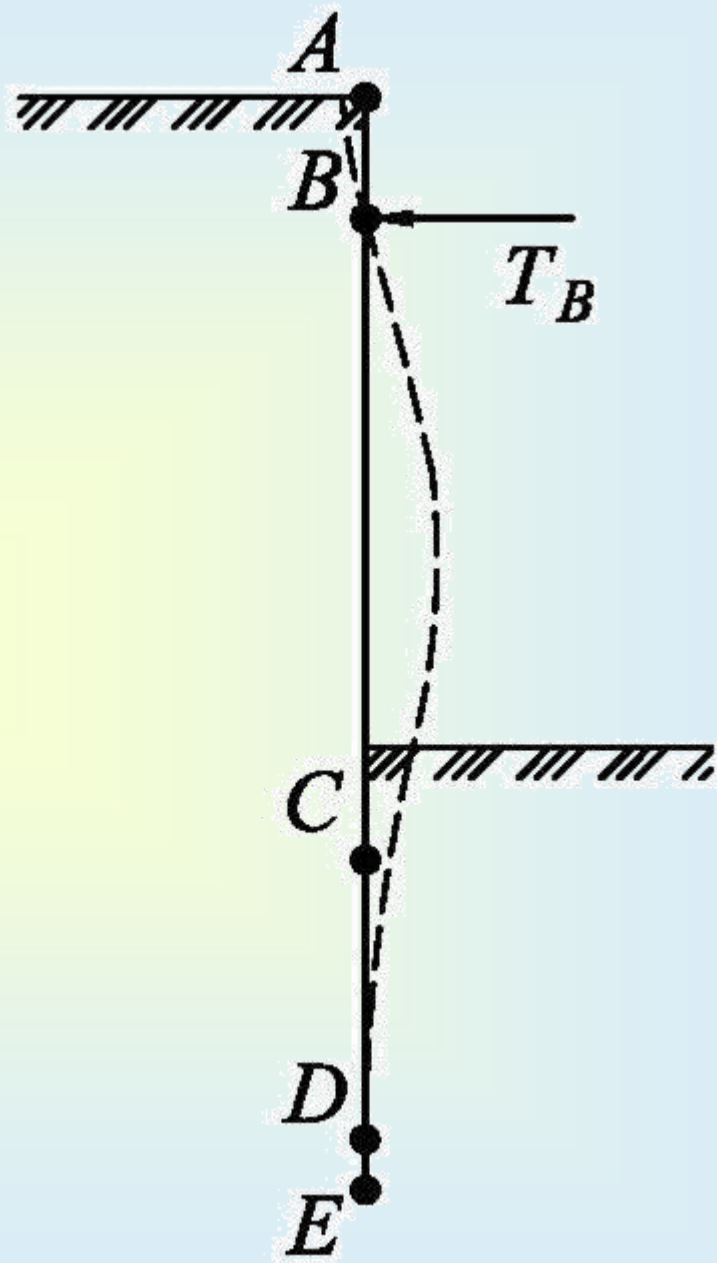
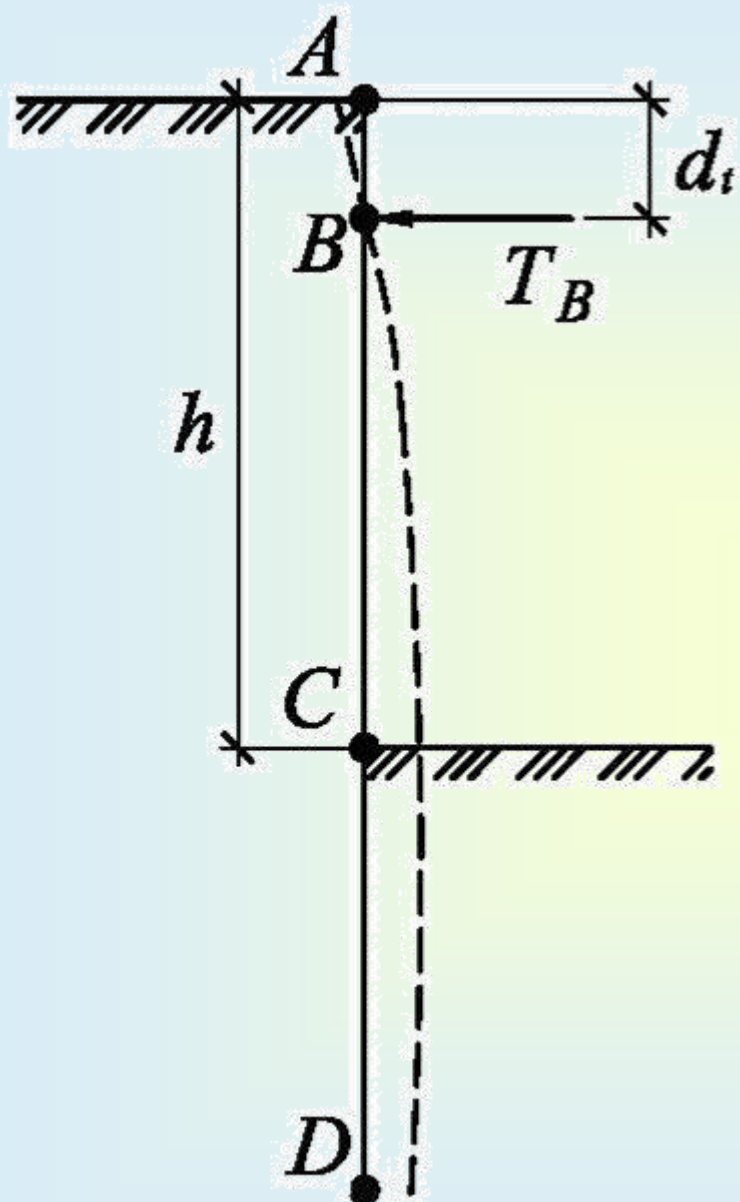
Δ_2 – смещение сечения стенки, удаленного от поверхности грунта на расстояние h ;

Δ_3 – смещение, образующееся вследствие поворота указанного выше сечения.



Для расчета гибких подпорных стен с одним ярусом удерживающих конструкций применяют методы:

- Якоби (минимально допустимое заглубление в грунт f);*
- Блюма-Ломейера (более низкие значения изгибающих моментов в подпорной конструкции при большем её заглублении).*



Метод Якоби

Расчет исходит из предположений, что в момент потери устойчивости сооружение под действием сил активного давления грунта будет поворачиваться вокруг точки крепления анкера (т.В). Повороту будет препятствовать пассивный отпор грунта, действующий на защемленный участок сооружения. При этом на дне котлована будет возникает выпор грунта.

Последовательность расчета:

– определить активное и пассивное давление, давление подземных вод и дополнительных нагрузок, построить эпюры найденных давлений;

– составить два уравнения равновесия (сумма моментов расчетных значений всех сил, действующих на стену, относительно т. В и сумма горизонтальных сил):

$$\sum E_a^i(f) d_a^i(f) - \sum E_p^i(f) d_p^i(f) = 0;$$

$$\sum X = 0; \quad \sum E_a^i(f) - T_B - \sum E_p^i(f) = 0.$$



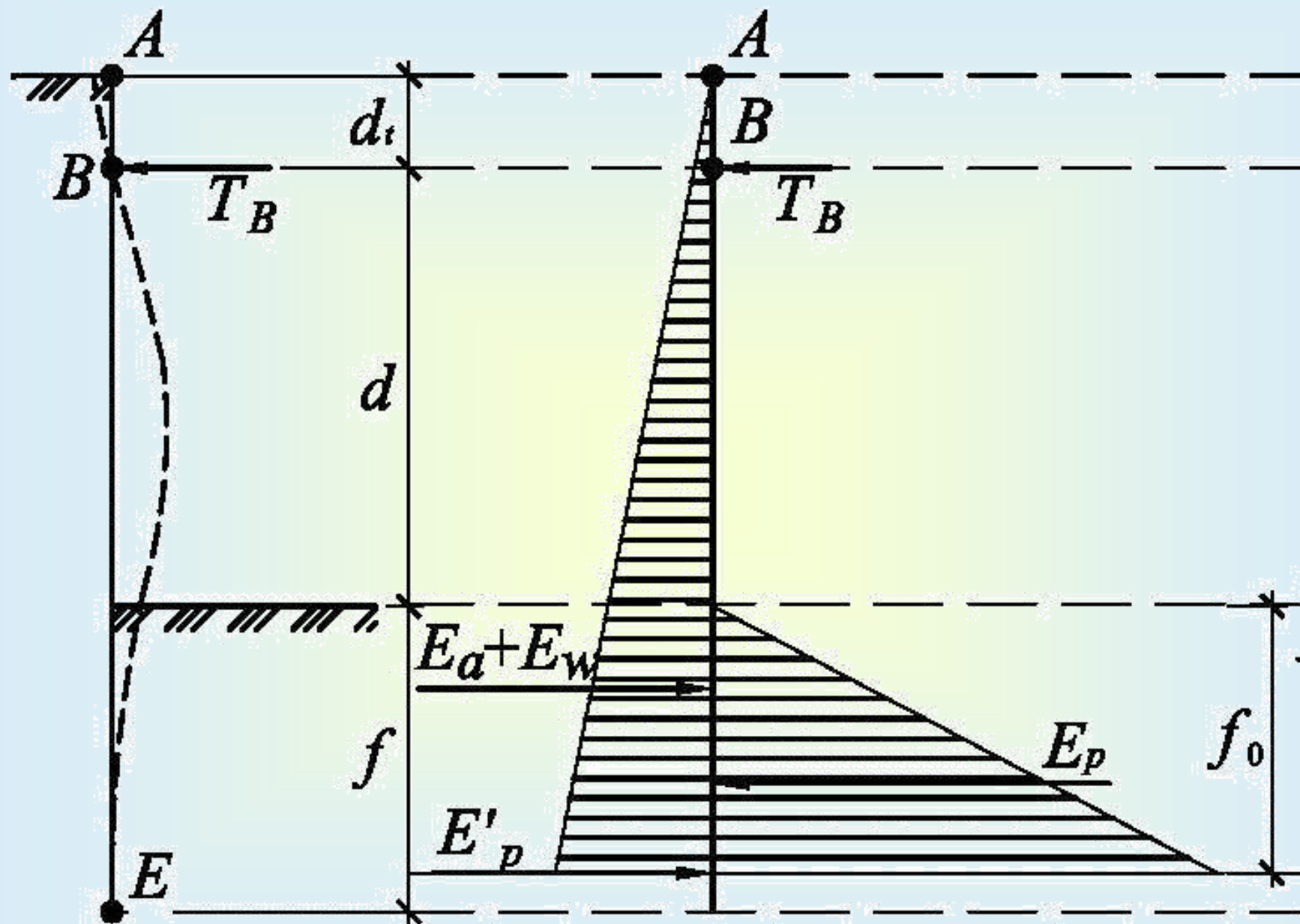
Метод Блюма-Ломейера

Метод основан на схеме, которая позволяет разделить конструкцию на две статически определимые упругие балки.

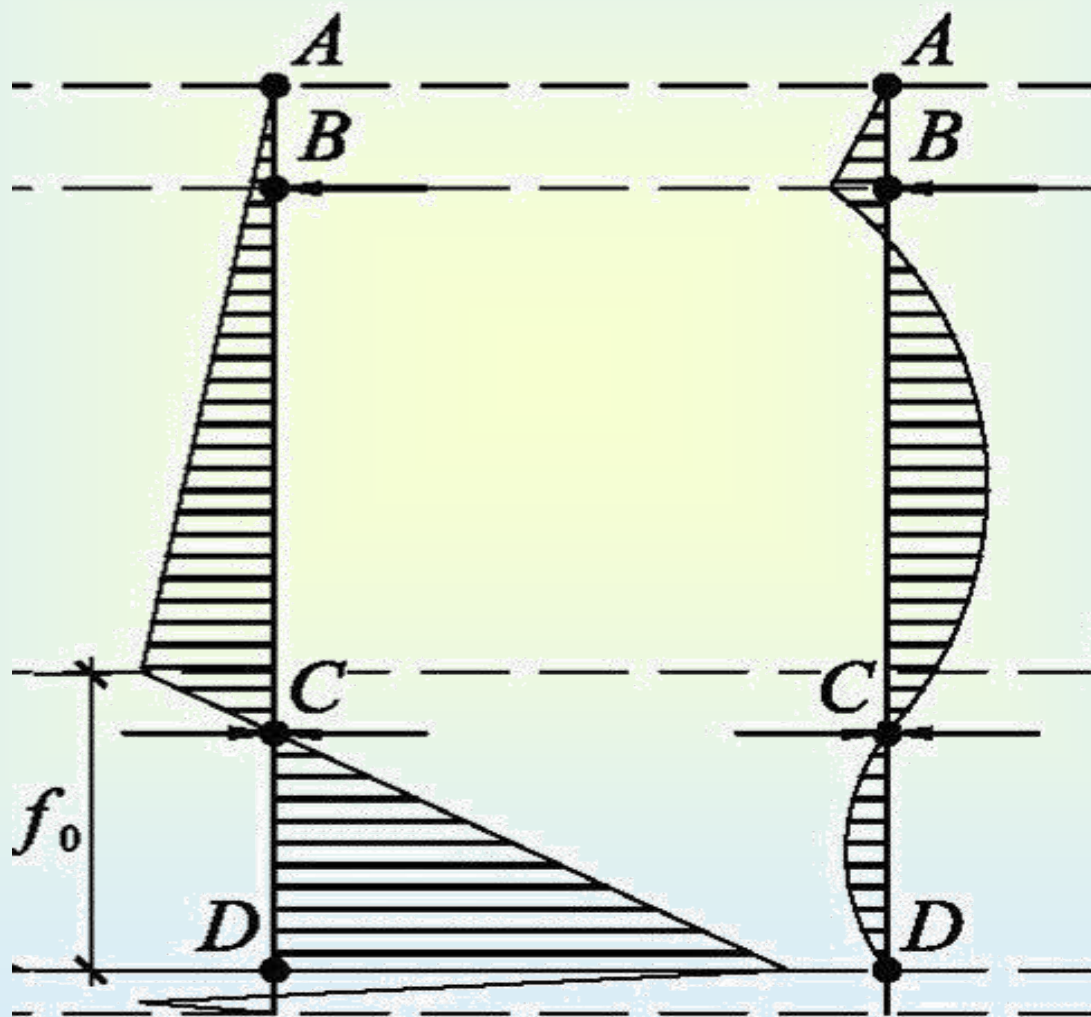
Расчет ведется в предположении, что нижний участок забитой части сооружения полностью заземлен в грунте.

Последовательность расчета:

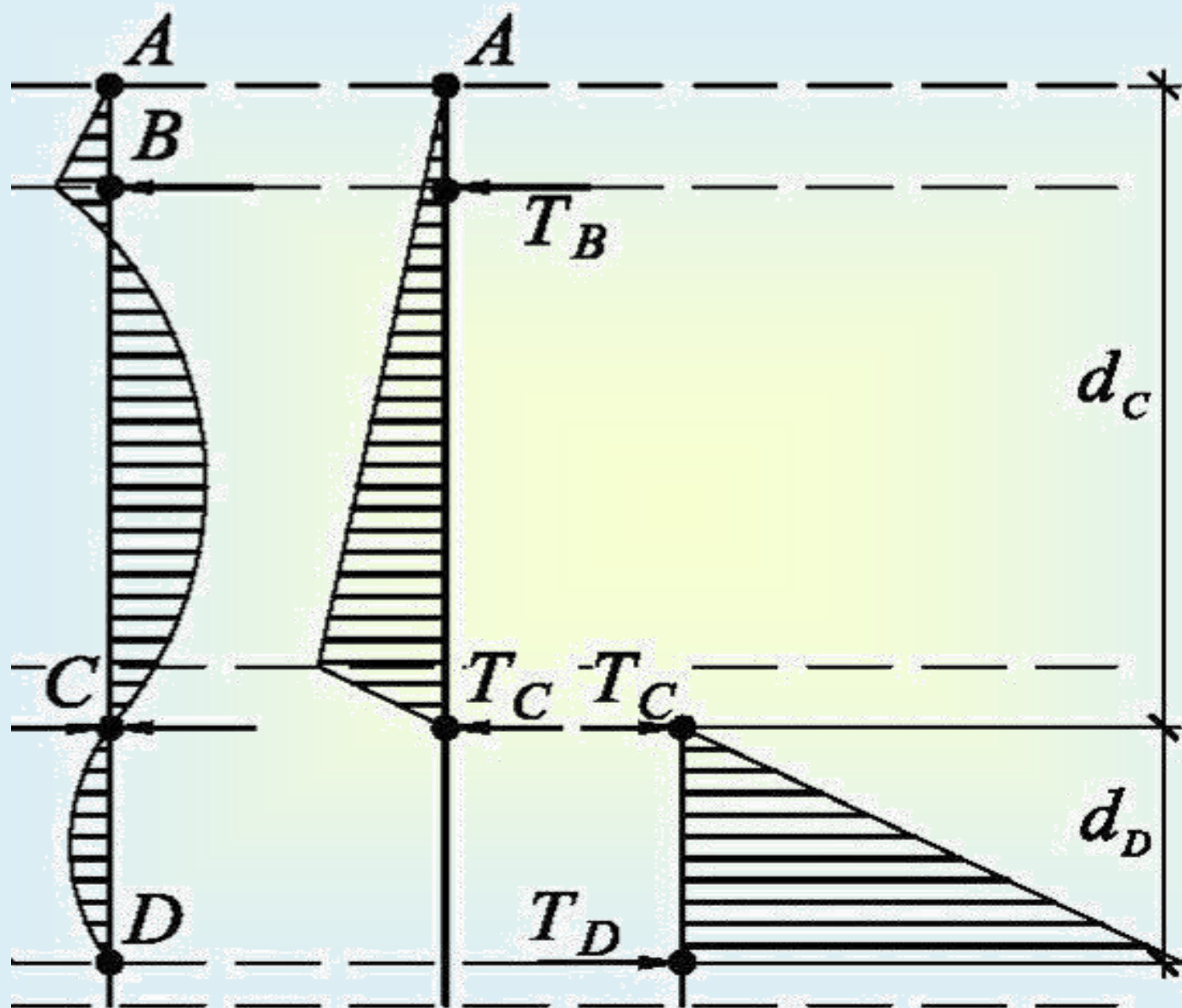
– определить активное и пассивное давление, давление подземных вод и дополнительных нагрузок, построить эпюры найденных давлений;



– конструкцию условно разделить в т. C – точка условного защемления (нулевого момента) на две эквивалентных балки (при $\varphi=25^{\circ}$ - 30° $d_c = (1,1-1,2)d$);



- определить реакции T_B и T_C для балки BC на двух опорах по правилам строительной механики;*
- определить положение т. D (точка нижнего нулевого момента, вторая балка CD) аналитически из уравнения равенства моментов от действия результирующего давления грунта и реакции T_C ;*
- определить упругий отпор E'_p (допускается приравнять к значению реакции в т. D – T_D);*



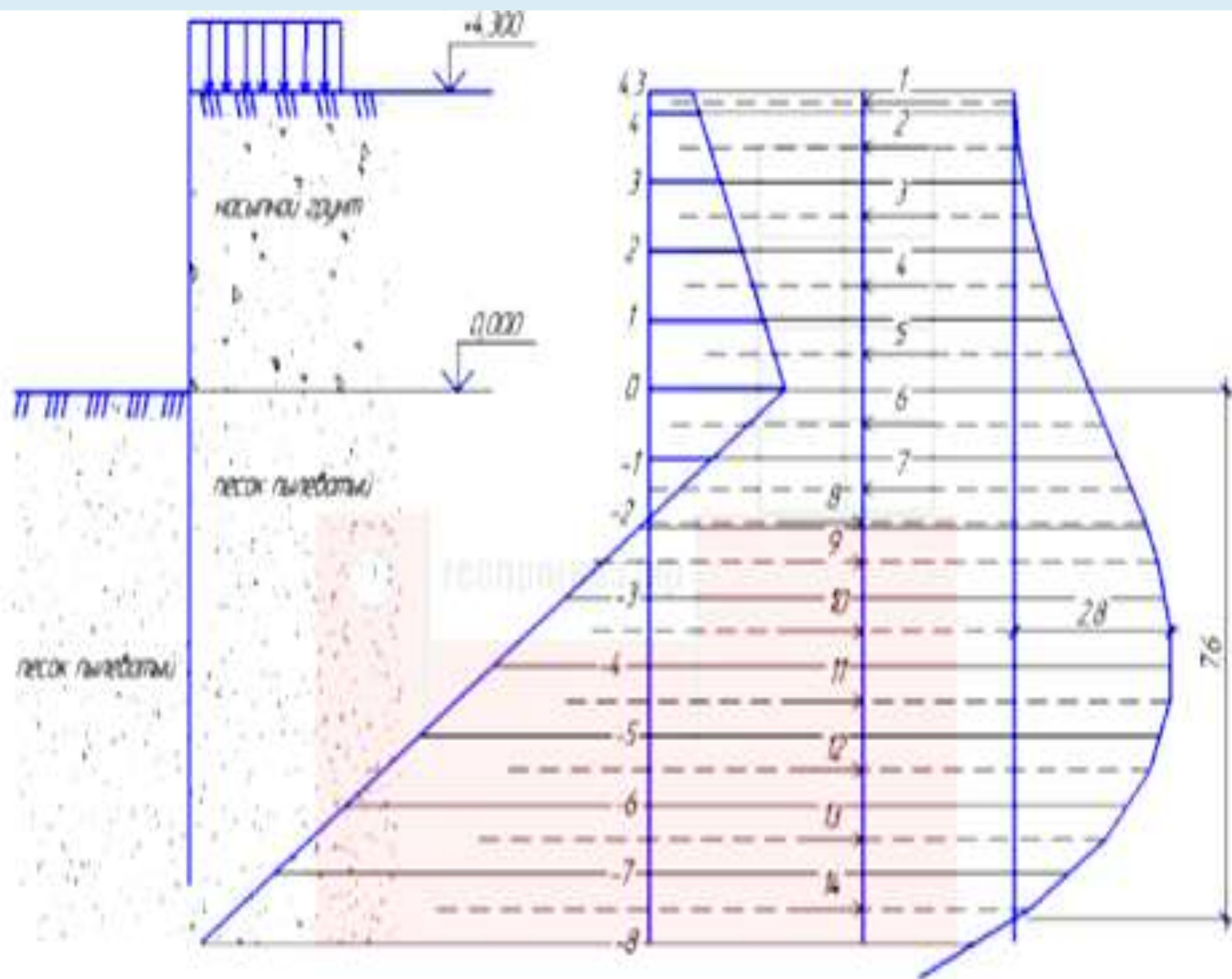
- определить полную глубину заделки в грунт $f = f_0 + \Delta f$ (аналогично, как у консольных гибких сооружений);*
- определить внутренние усилия для проверки сечений подпорной стены по материалу.*

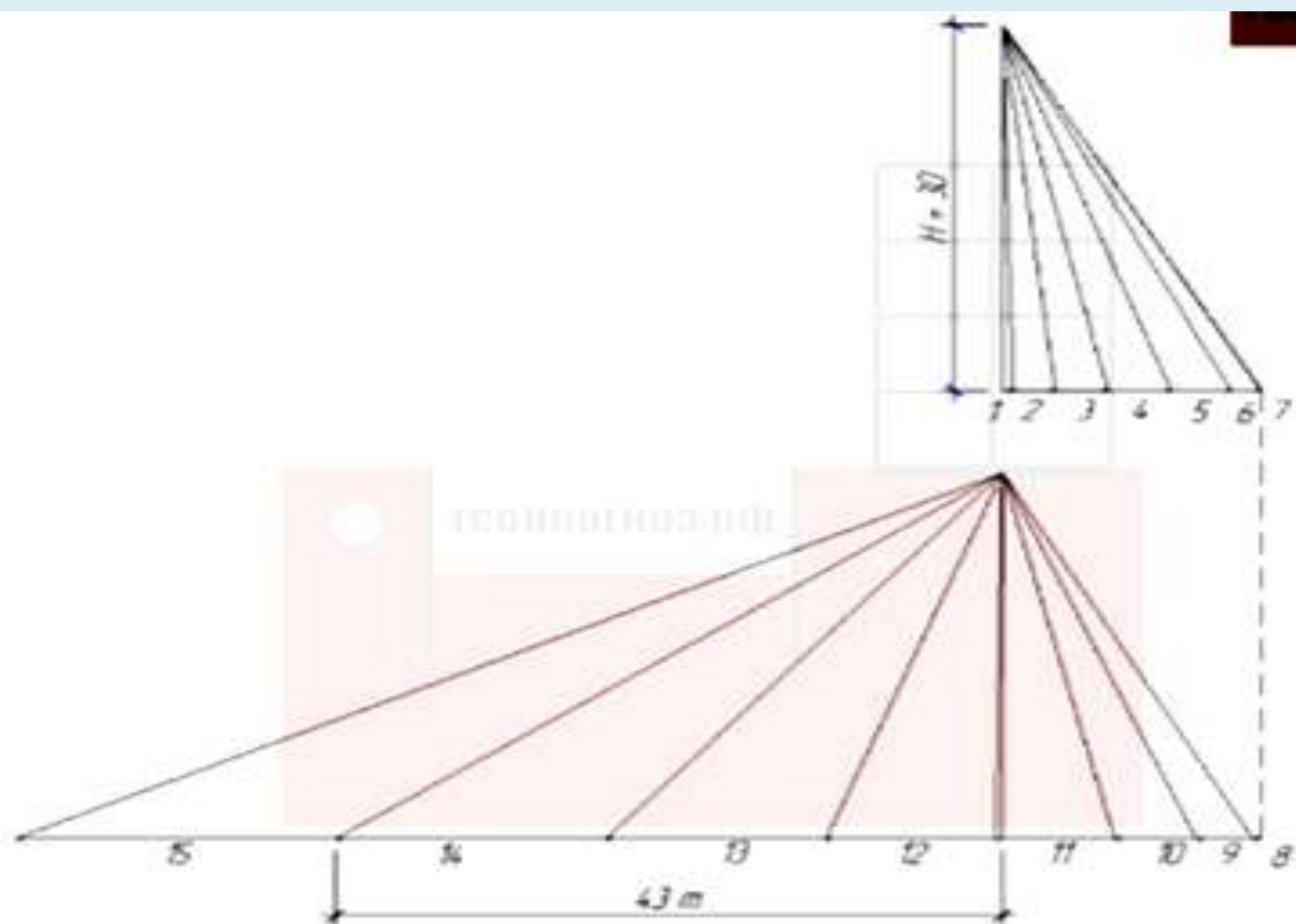
*Графоаналитический
метод*

Последовательность расчета:

- определить активное и пассивное давление, давление подземных вод и дополнительных нагрузок, построить эпюры найденных давлений;*
- построить результирующую эпюру давлений грунта;*
- результирующую эпюру разделить на отдельные участки (полоски), найти значения равнодействующих от выделенных участков;*

- построить силовой многоугольник в масштабе;
- построить веревочный многоугольник;
- построить замыкающую веревочного многоугольника и определить требуемую величину f_0 и $y_{\max}$, а по силовому многоугольнику значения – E'_p , R (при наличии анкера);
- определить значение максимального изгибающего момента $M_{\max} = y_{\max} H$ и подобрать поперечное сечение ограждающей конструкции.





Силовой многоугольник, полюсное расстояние $H = 30$ т

*Проектирование
конструкций крепления*

Конструкции крепления применяют при большой высоте подрезки, когда работа подпорного сооружения по консольной схеме не обеспечивает необходимой прочности, жесткости, деформаций подпорного сооружения или их обеспечение ведет к нецелесообразному увеличению расхода материала.

Для массивных и уголковых подпорных сооружений с высотой подпора грунта $H > 7$ м рекомендуется устраивать контрфорсы, тяжи и т. п.

Гибкие подпорные сооружения высотой более 5 м, устраиваемые в нескальных грунтах, в большинстве случаев требуют закрепления одним или несколькими ярусами постоянных или временных грунтовых анкеров, распорок, тяжей, дисков перекрытий и т. п.

Количество ярусов и конструктивные параметры крепления следует определять расчетом в зависимости от высоты подпора грунта, конструкции подпорного сооружения, условий окружающей застройки, инженерно-геологических и гидрогеологических условий строительной площадки.

Усилия в конструкциях крепления следует определять на основании совместного расчета подпорного сооружения и прилегающего массива грунта.

Конструкция дополнительного крепления, ее жесткость, скорость исполнения, удобство последующих работ существенно влияет на стоимость и сроки строительства самого подпорного сооружения, а также последующего строительства объекта в целом.

Выбор дополнительной распорной конструкции должен быть основан на результатах всестороннего анализа проектируемого объекта.

В общем случае проектирование подпорных сооружений следует выполнять с минимально возможным количеством ярусов крепления.

*Конструкции крепления
подпорных сооружений и
область их применения*

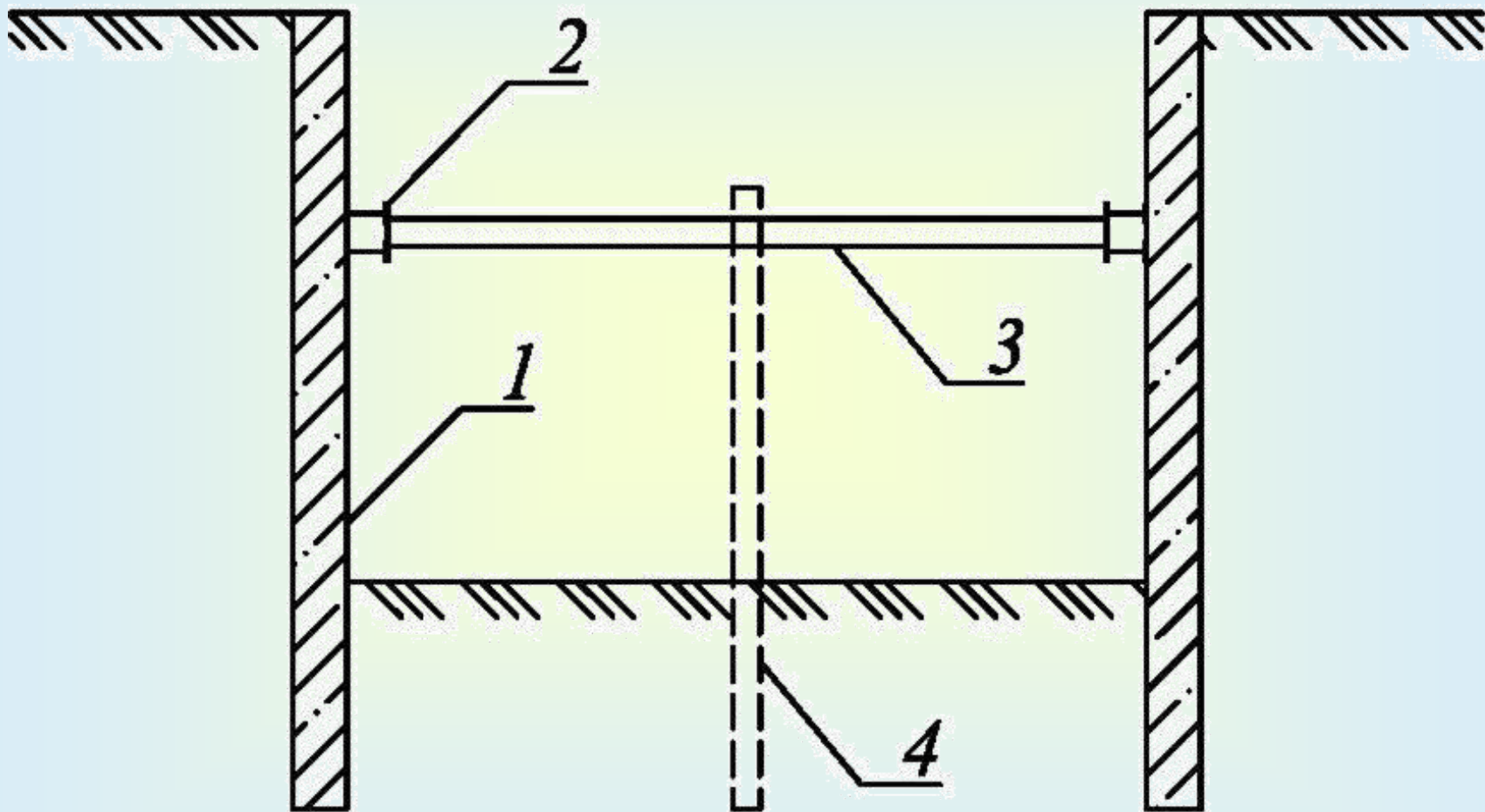
1. Распорная система, выполняемая в виде одного или нескольких ярусов связанных или не связанных между собой элементов (распорок, подкосов, распределительных поясов и т. п.), распираемых в противоположные стороны подпорного сооружения или в различные вспомогательные конструкции

Область применения: *часто применяемый тип дополнительного крепления для постоянных и временных подпорных сооружений различного назначения.*

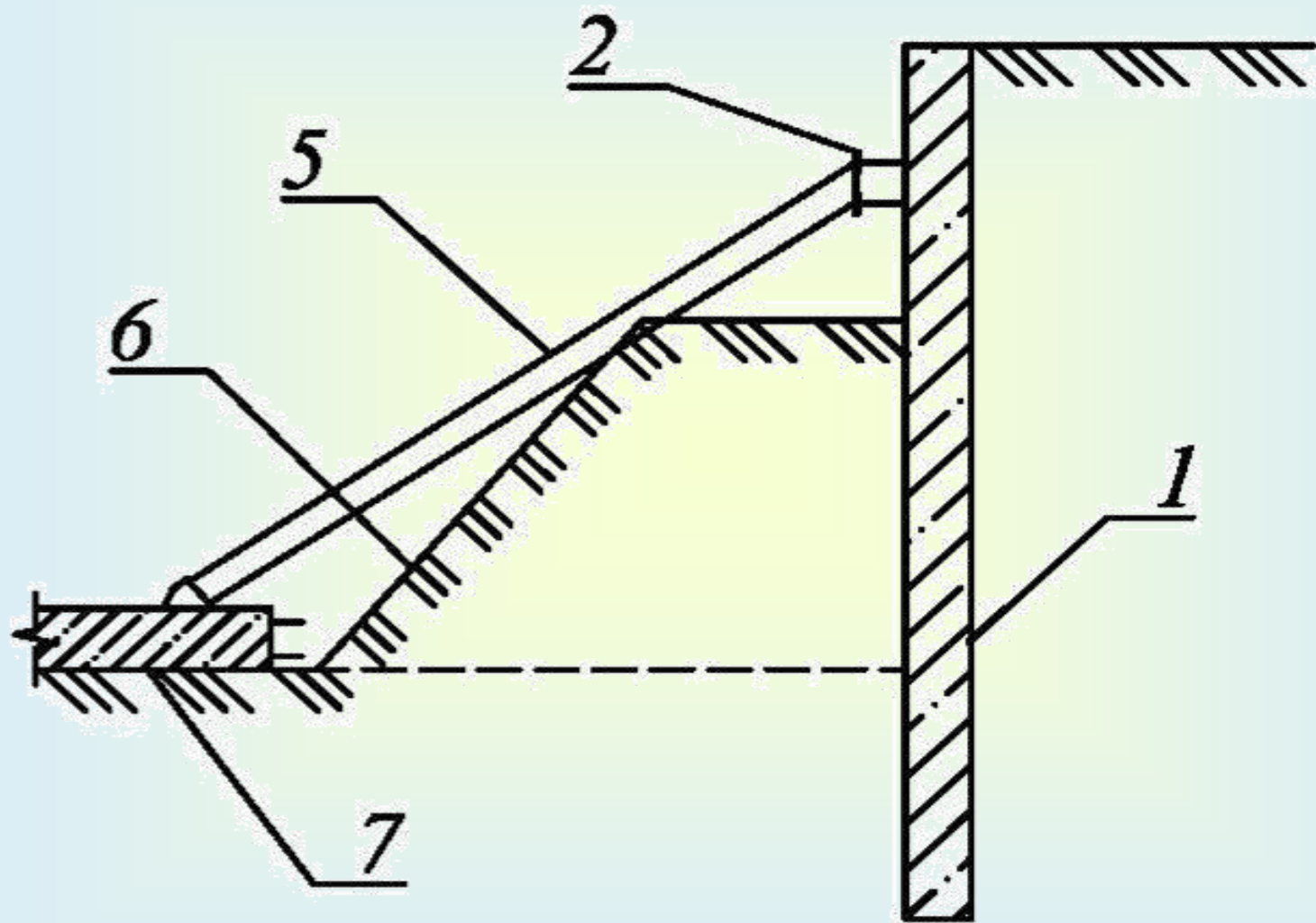
Распорная система является наиболее экономичным типом дополнительного крепления.

Для временных распорных систем дополнительный экономический эффект достигается за счет оборачиваемости и применения бывшего в употреблении металла.

Для относительно узких или небольших в плане котлованов, как правило, применяют распорные системы из горизонтальных распорных элементов.



Для широких котлованов, применяют наклонные распорки (подкосы), упираемые в различные вспомогательные конструкции – пионерные участки фундаментных плит, специально изготовленные балки, сваи достаточной жесткости, соизмеримой с жесткостью подпорного сооружения и т. п.

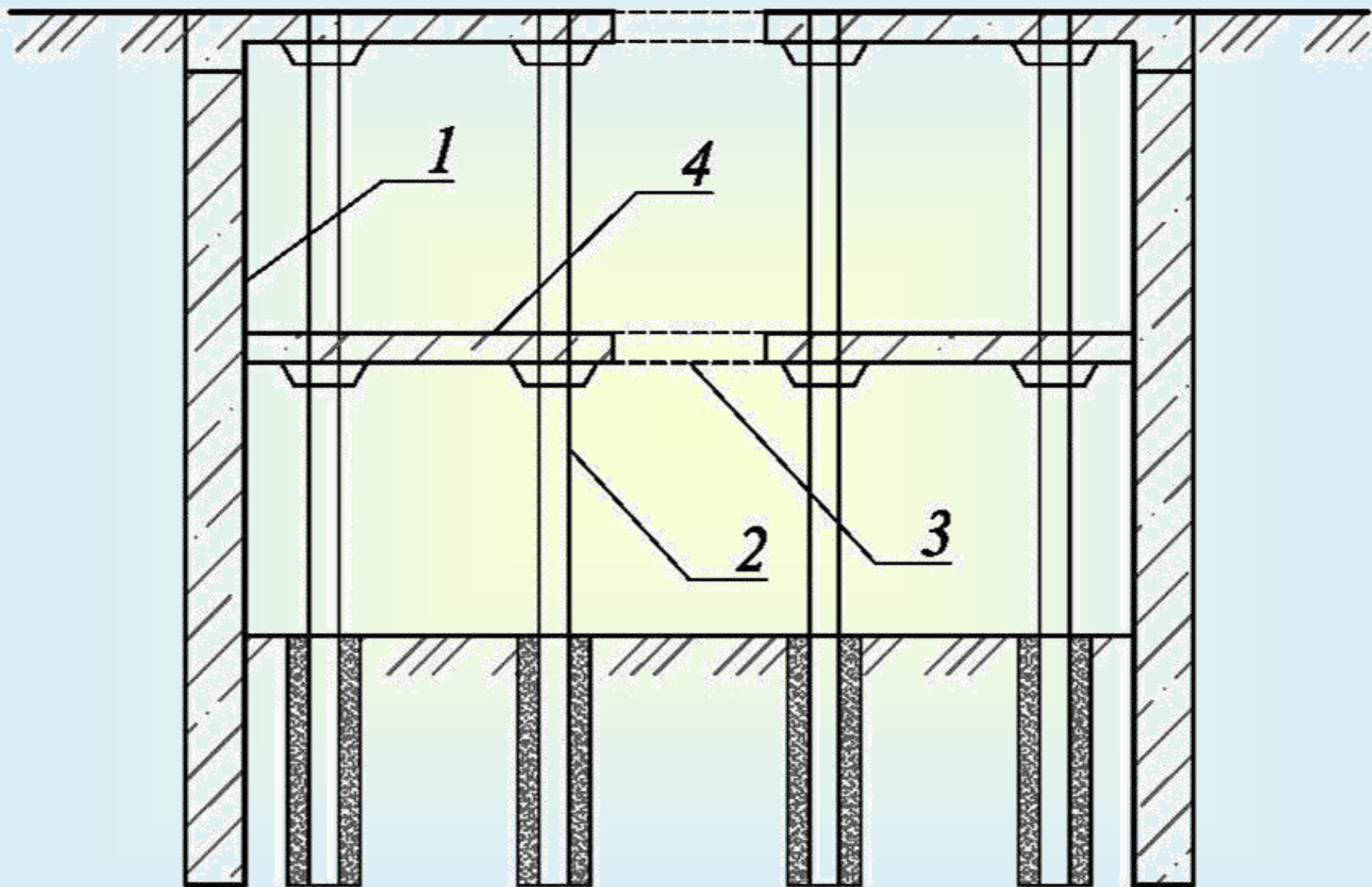


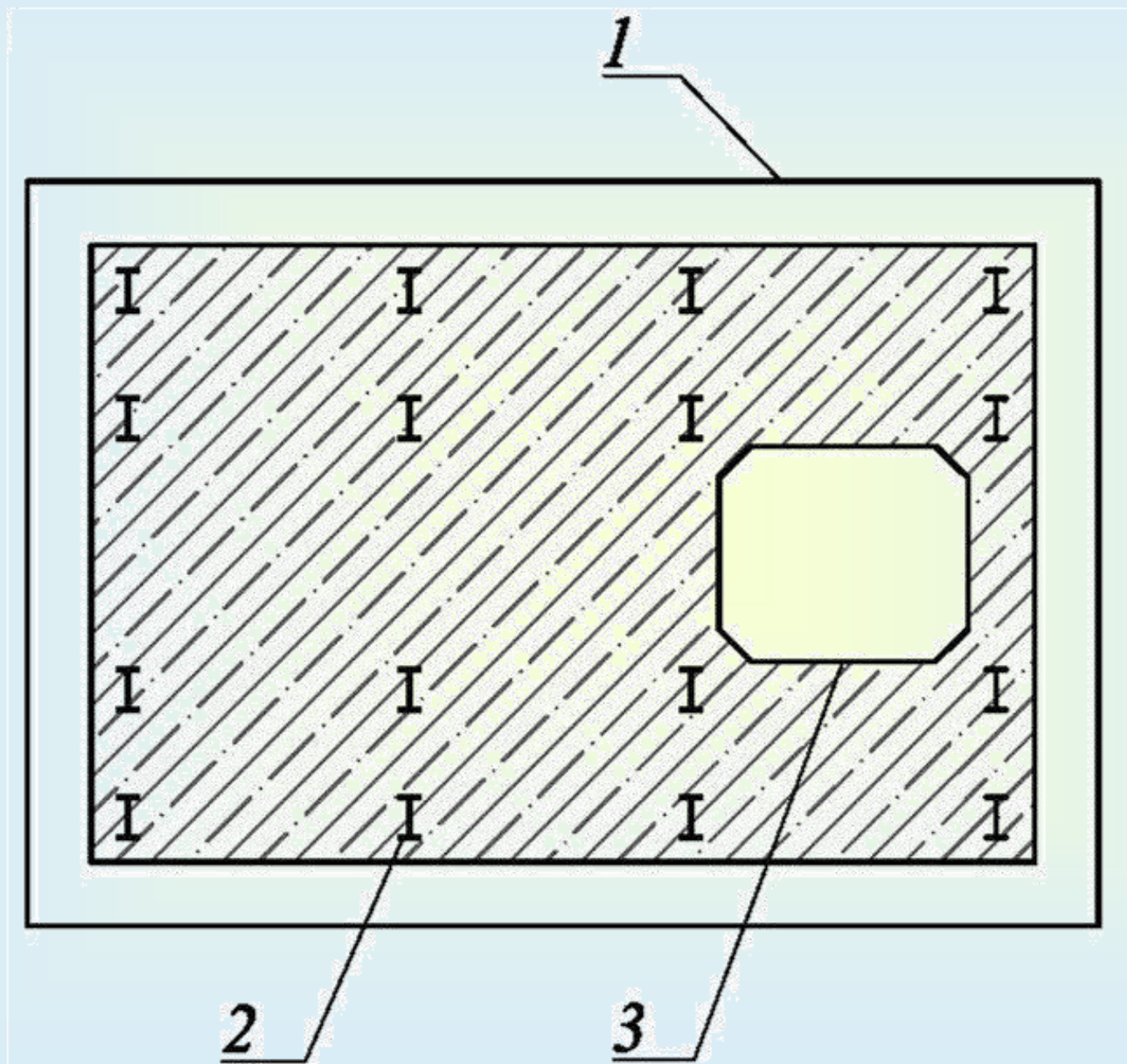
При длине распорок (подкосов) более 40 м экономический эффект применения распорных систем теряется, повышается деформативность конструкции, снижается точность и удобство изготовления (рекомендуется применение другого типа крепления) за исключение конструкций, указанных в п. 2 и п. 3.

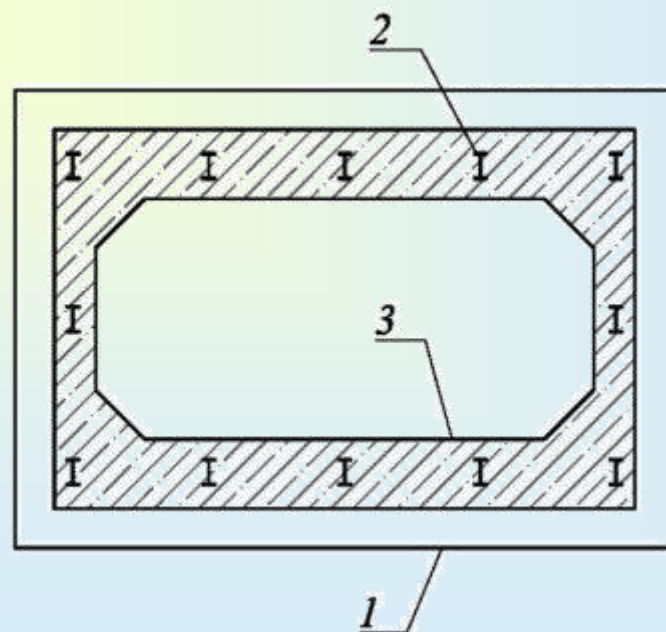
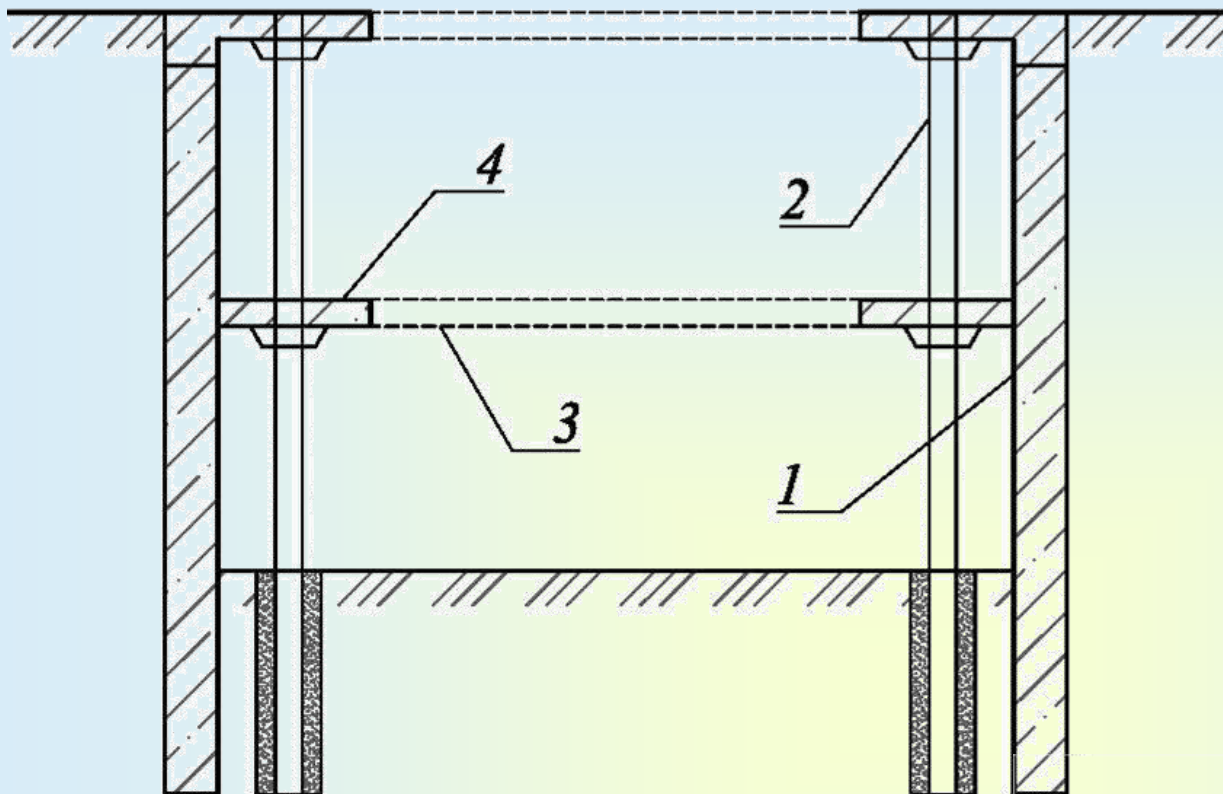
2. Распорная система, элементами которой являются монолитные железобетонные конструкции строящегося объекта (диски перекрытий, стены, пилоны и т. п.).

Область применения: *диски перекрытий используют в качестве распорной конструкции при строительстве заглубленных сооружений способом «сверху-вниз».*

Разработка котлована способом «сверху-вниз» является наиболее безопасной для сооружений окружающей застройки за счет высокой жесткости распорных конструкций и исключения дополнительных деформаций подпорного сооружения в момент замены временных распорок на постоянные конструкции.







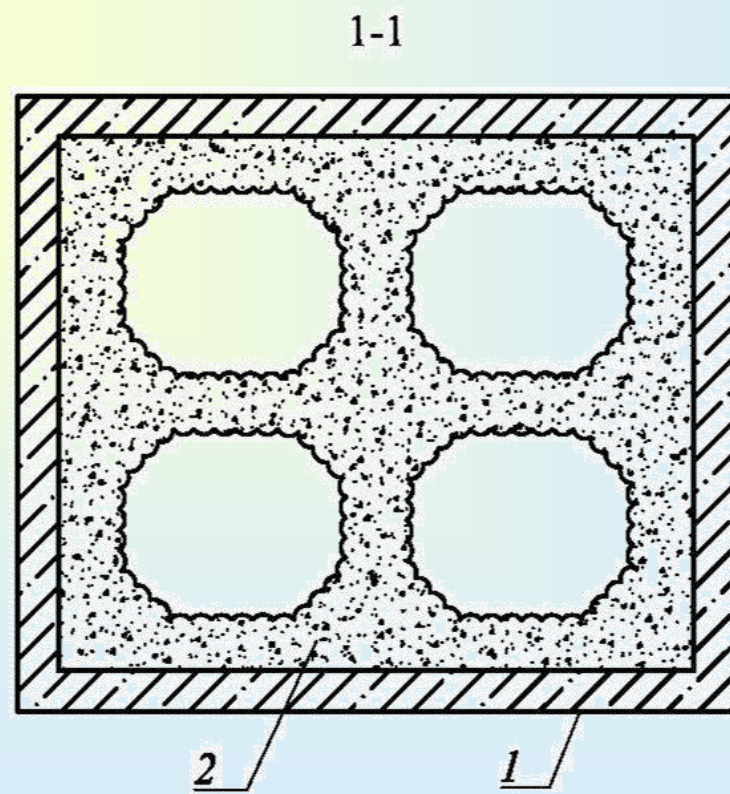
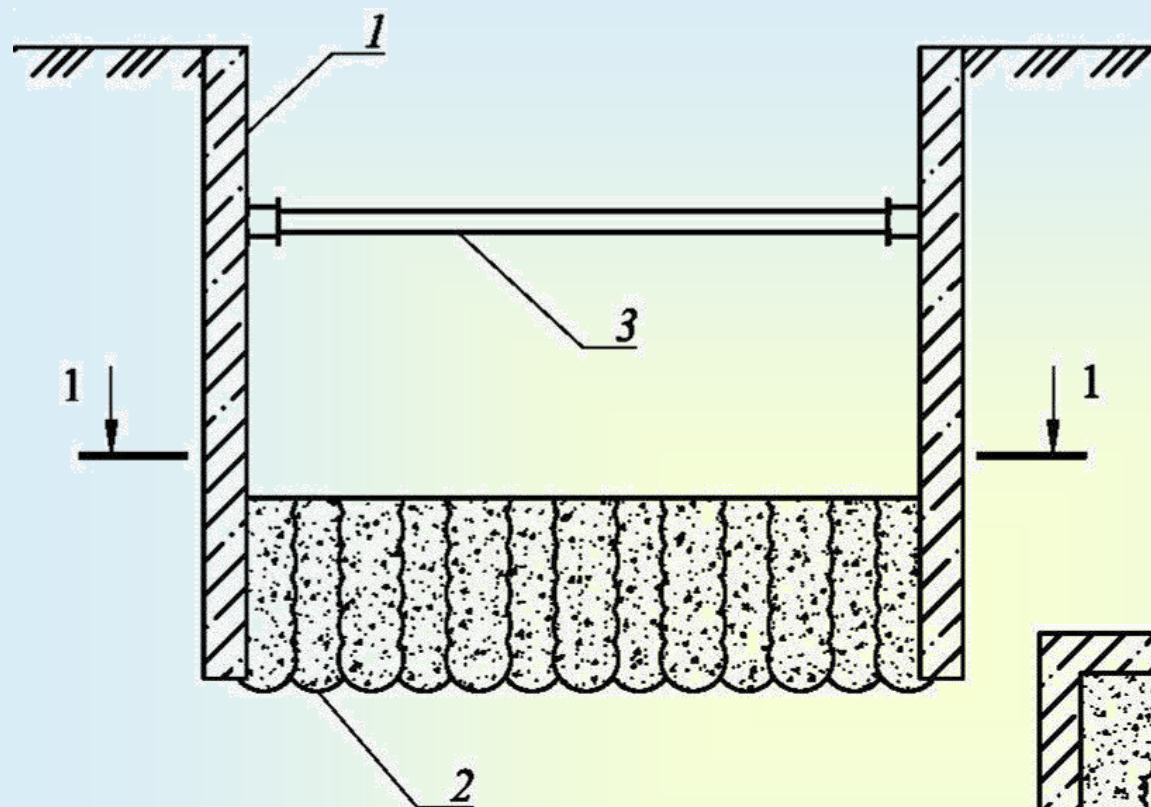
3. Распорная система, в качестве которой выступает укрепленный грунт основания в зоне заделки гибкого подпорного сооружения

Область применения: *при наличии слабых грунтов в зоне заделки гибкого подпорного сооружения.*

Выполняется путем устройства с поверхности земли грунтоцементных элементов, свай, баретт и т.п., бетонизируемых ниже отметки будущей экскавации.

В качестве распорной системы в большинстве случаев достаточно устройство отдельных линий укрепленного грунта.

Проектом могут предусматриваться сплошные завесы из грунтоцементных элементов по всей площади проектируемого заглубленного сооружения (при небольшой площади котлована для исключения притока подземных вод со дна котлована).



При проектировании всех распорных систем (п.1, п.2, п.3) необходимо учитывать:

- возможность и удобство монтажа, а также демонтажа элементов распорной системы;*
- возможность производства других строительных работ в зоне распорной системы после ее установки;*
- снижение удобства выполнения и, как следствие, увеличение срока и стоимости последующих строительных работ (земляных, монолитных и пр.).*

В большинстве случаев распорную систему следует проектировать из горизонтальных или наклонных распорок с обвязочными поясами или без них, при необходимости, следует предусматривать поддерживающие вертикальные опоры, связи жесткости и т. п.

Элементы распорной системы допускается изготавливать из различных материалов – стали, железобетона, дерева, композитных материалов и т. п.

Сжатые элементы распорных систем рекомендуется проектировать из металлических труб или иных элементов прокатных профилей, имеющих равные или близкие моменты сопротивления поперечного сечения в двух ортогональных направлениях.

Расчет и конструирование элементов распорных систем следует выполнять с учетом:

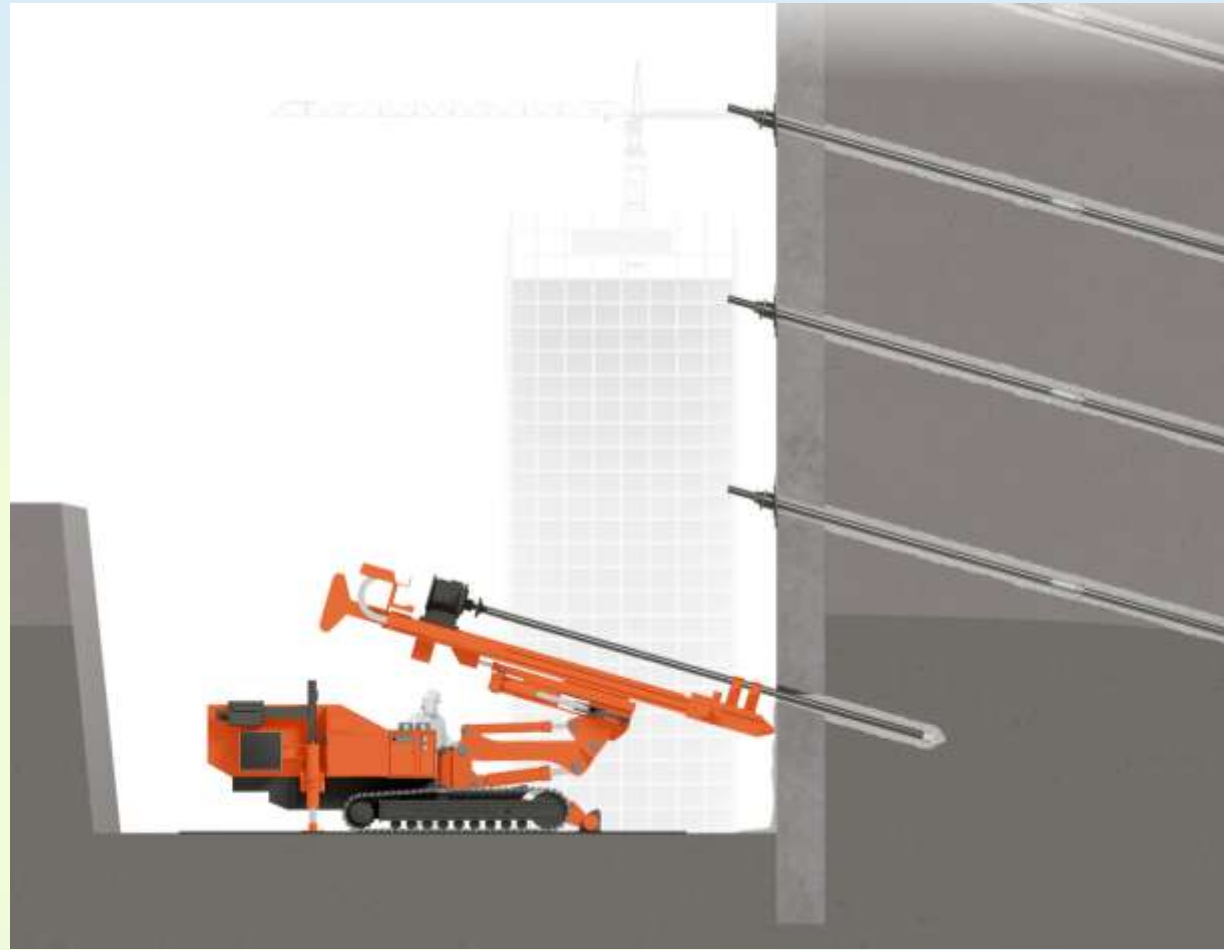
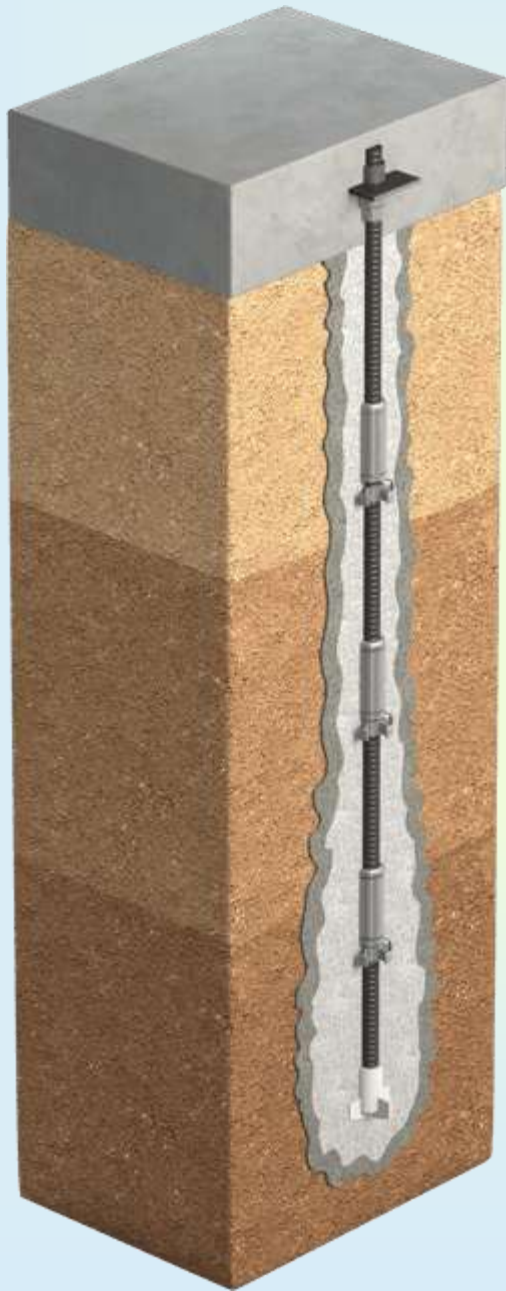
- пространственного положения элементов системы;*
- наклона распорных элементов системы;*
- конструктивной связи распорок с подпорным сооружением и конструкциями, в которые они упираются;*

- температурно-климатических воздействий (для распорных элементов длиной более 10 м);*
- наличия случайных прогибов и эксцентриситетов;*
- срока службы распорной системы;*
- последовательности возведения.*

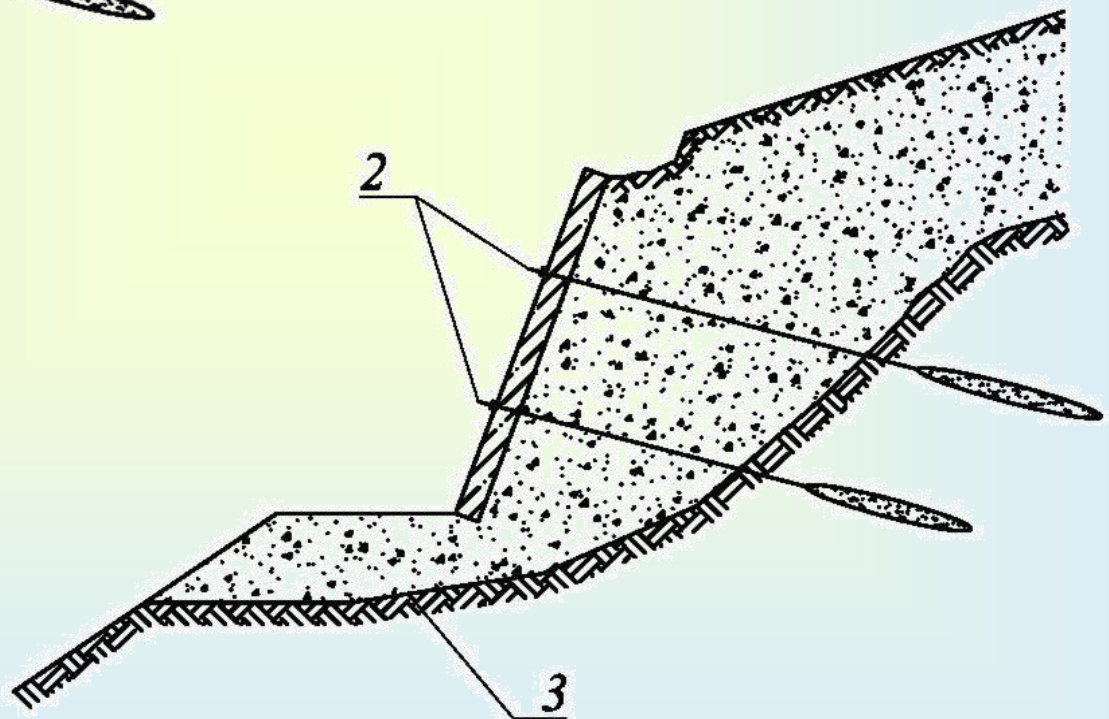
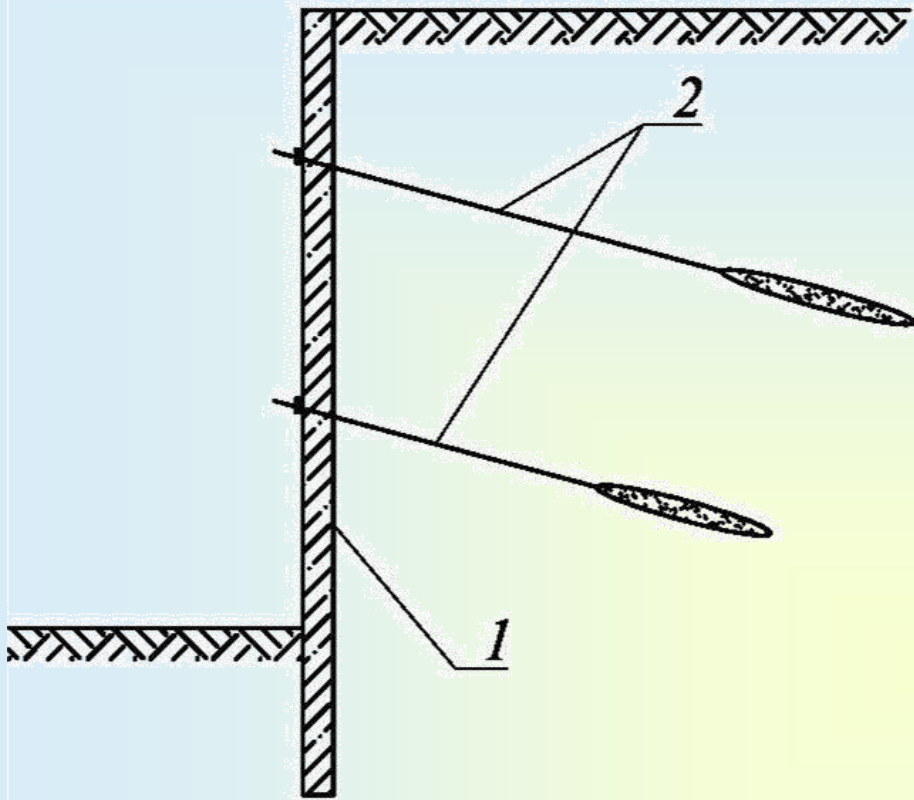
4. Грунтовые анкеры

Область применения: *для крепления постоянных и временных подпорных сооружений различного назначения.*

Могут быть постоянными или временными, извлекаемыми и неизвлекаемыми, изготавливаются из гибких тросов, арматуры, специальных винтовых профилей и т. п. с предварительным напряжением или без него.



Анкеры можно применять в различных грунтах, за исключением набухающих, просадочных и сильносжимаемых грунтов, илов, торфов и глин текучей консистенции, а также в насыпных грунтах (за исключением планомерно устроенных).



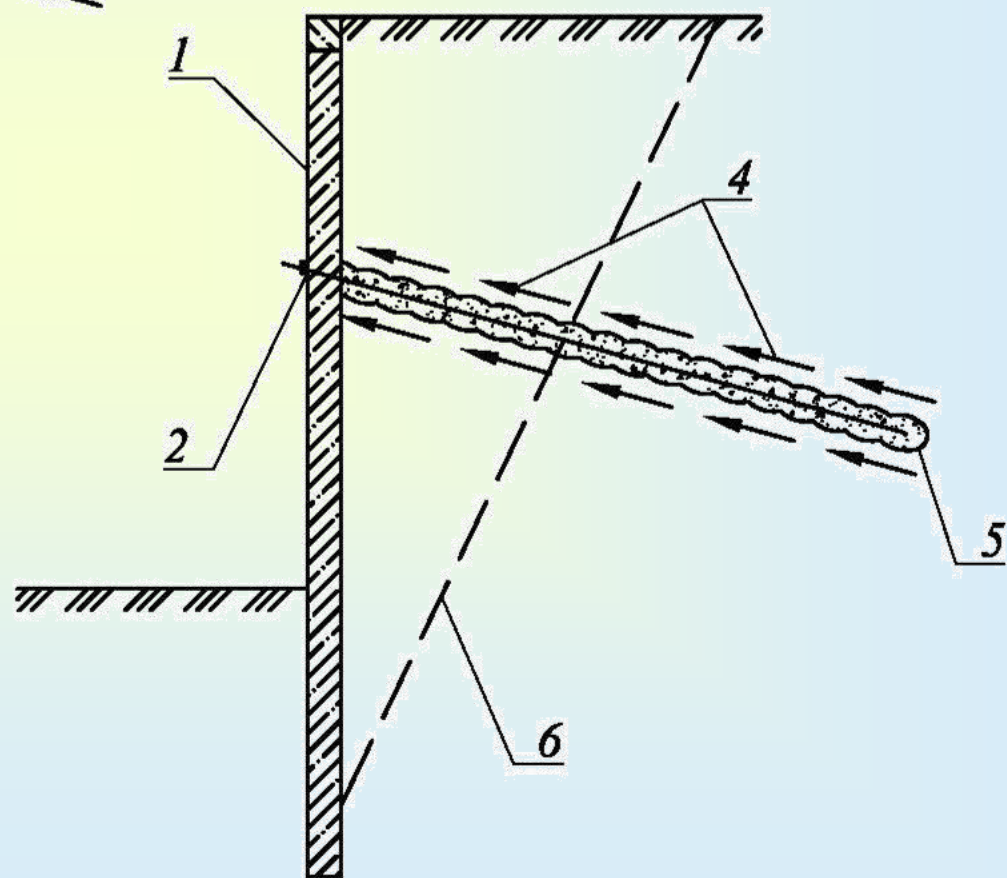
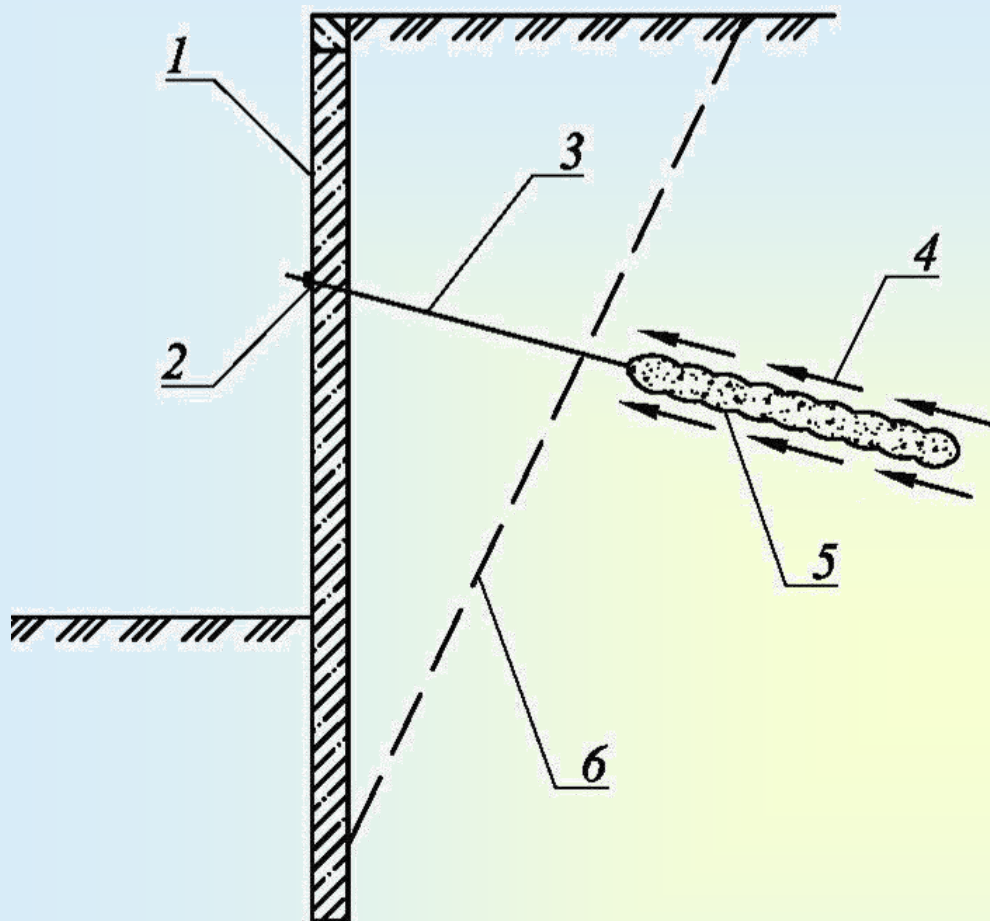
Как правило, грунтовые анкеры имеют равную или более высокую стоимость по сравнению с распорной системой. Экономический эффект применения грунтовых анкеров достигается за счет высокой скорости их выполнения и отсутствия препятствий для выполнения последующих земляных, монолитных и др. работ, что увеличивает общую скорость строительства объекта.

Конструктивно анкеры состоят из оголовка, анкерной тяги и анкерной заделки (корень).

Оголовок – часть анкера, обеспечивающая натяжение анкера и удержание анкеруемого сооружения от смещения.

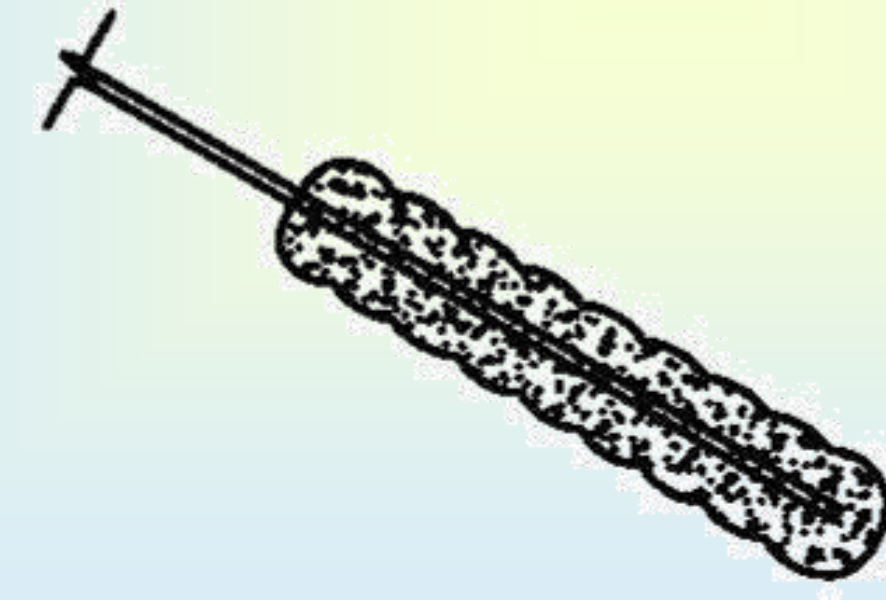
Анкерная тяга – напрягаемый элемент анкера, передающий выдергивающее усилие от анкеруемого сооружения в анкерную заделку.

Анкерная заделка (корень) – часть анкера, обеспечивающая передачу выдергивающего усилия от сооружения окружающему грунту.

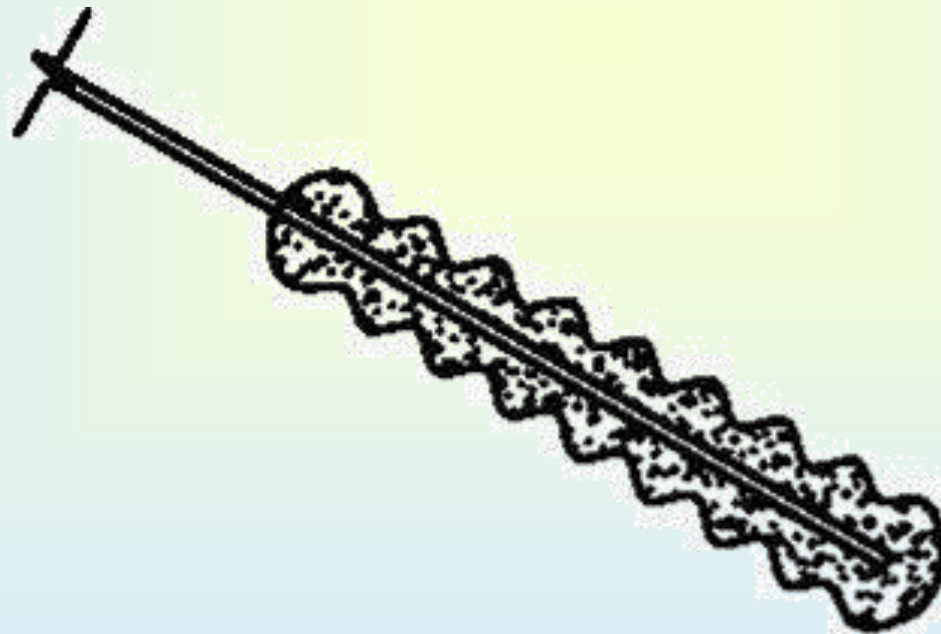


По способу изготовления корня грунтовые анкеры разделяются на:

- инъекционные – формирование корня таких анкеров проводится путем нагнетания в соответствующую зону цементного раствора под высоким давлением;



- анкеры разрядно-импульсной технологии (РИТ) – формирование корня (или всего тела) таких анкеров выполняется с уплотнением окружающего грунта путем обработки скважины по разрядно-импульсной технологии;

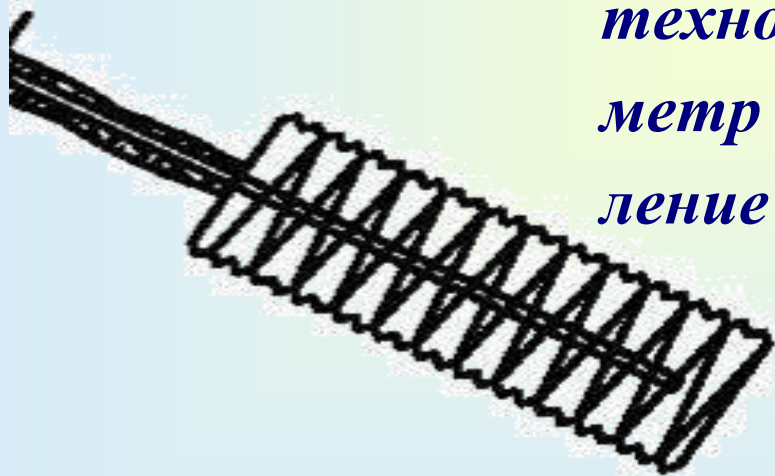


- анкеры с теряемой буровой штангой (микросваи) –
формирование таких анкеров выполняется путем забуривания в грунт стального стержня винтового профиля с теряемой буровой коронкой с последующим заполнением тела анкера цементным раствором, подаваемым через сопла буровой коронки; такие анкеры обычно не имеют выраженного корня;



- анкеры с формированием корня по струйной технологии

– устройство такого анкера в пределах длины тяги выполняется аналогично анкеру с теряемой буровой штангой, а формирование его корня выполняется путем нагнетания цементного раствора через специальные сопла буровой коронки под высоким давлением; данная технология позволяет увеличить диаметр корня и его предельное сопротивление по грунту.

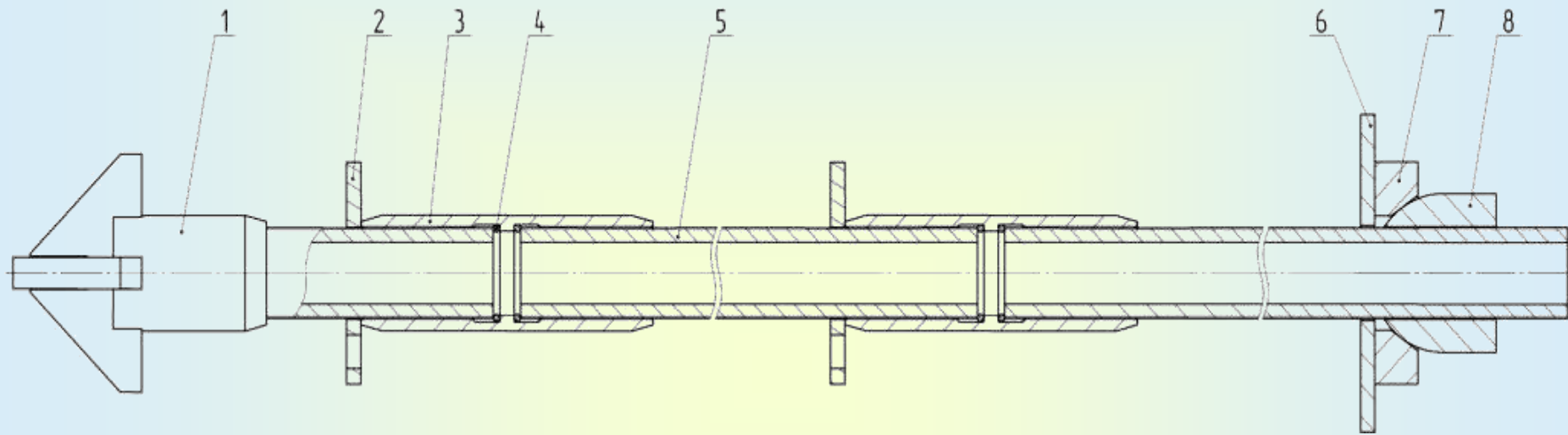


По напрягаемому элементу грунтовые анкеры подразделяют на:

- арматурные стержни;*
- винтовые;*
- прядевые.*

*Винтовые
грунтовые
анкеры
(арматурные
стержни)*





1 – буровое долото в зависимости от типа грунтов и способа бурения;

2 – центратор;

3 – муфта соединительная;

4 – уплотнение;

5 – штанга винтовая;

6 – плита опорная;

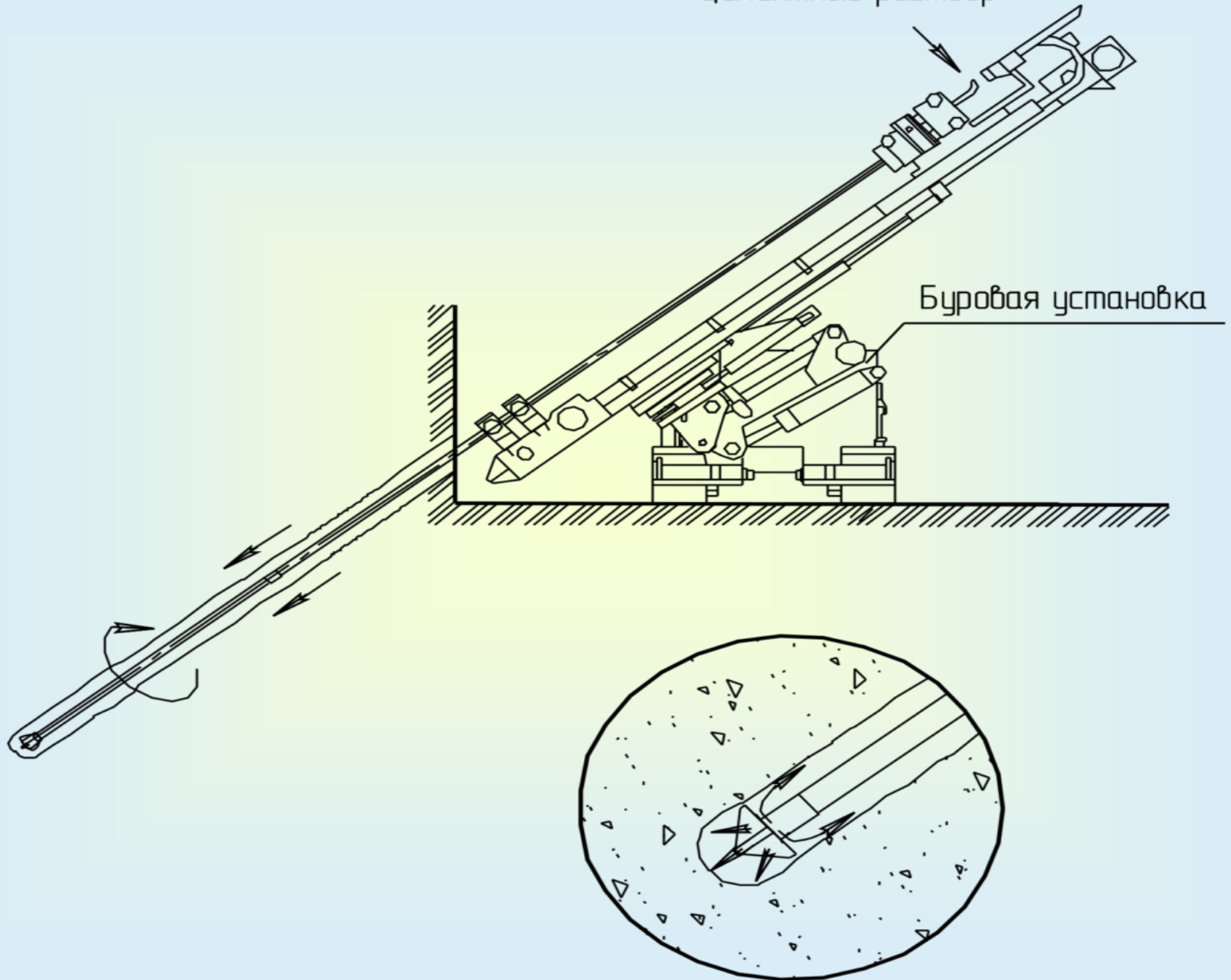
7 – шайба сферическая;

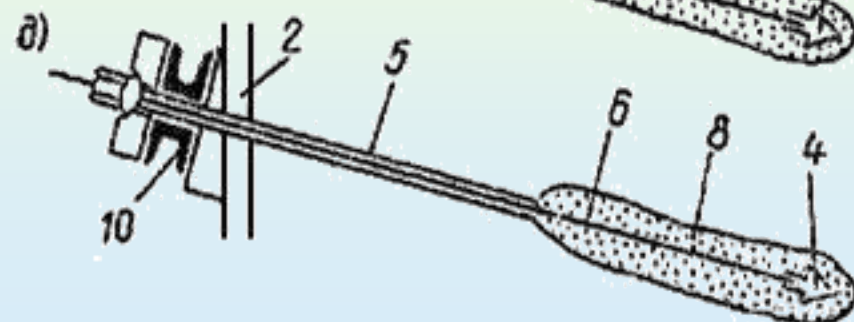
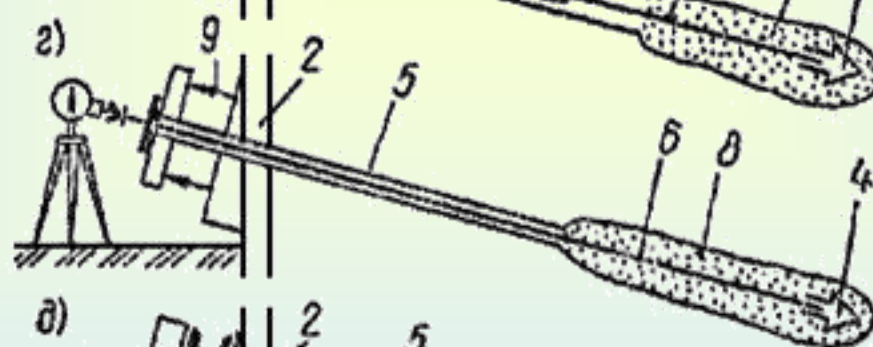
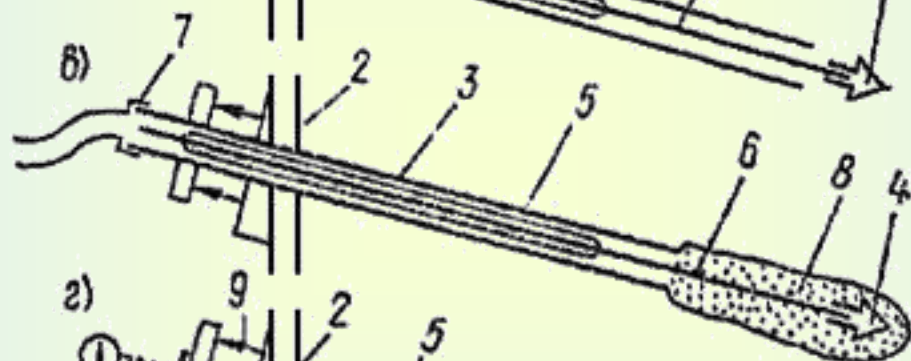
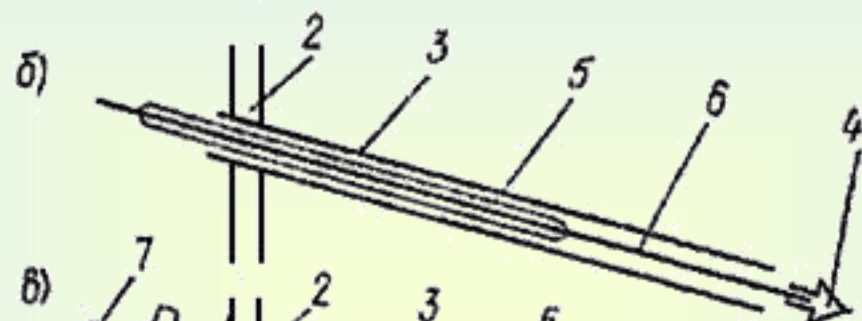
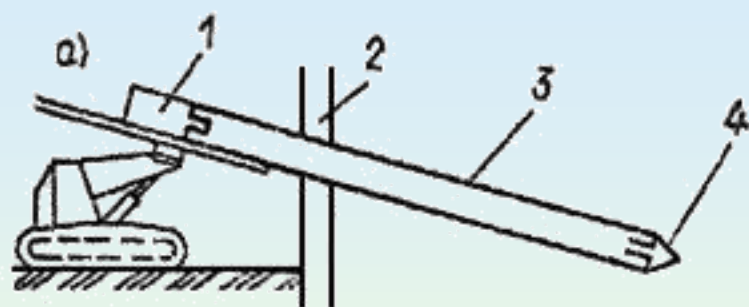
8 – гайка сферическая

цементный раствор



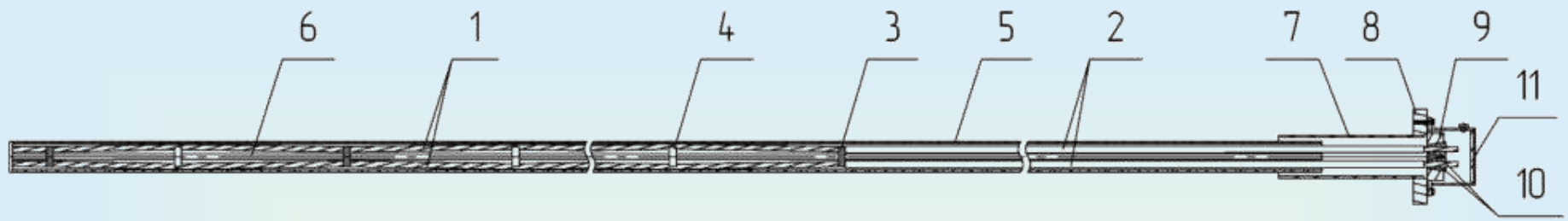
Буровая установка





*Прядевые
грунтовые
анкеры*





- 1 – арматурные канаты; 3 – стяжки;*
- 2 – изолирующие трубки, обеспечивающие свободную длину;*
- 4 – сепараторы, обеспечивающие волнообразность прядей в корне анкера;*
- 5 – внешняя гофрированная пластиковая труба, выполняющая роль дополнительной антикоррозионной защиты для постоянных анкеров;*
- 6 – инъекционные трубки для нагнетания цементного раствора;*
- 7 – труба соединительная защитная;*
- 9 – анкерная обойма с коническими отверстиями;*
- 10 – запорные клинья; 8 – плита опорная;*
- 11 – защитный колпак, заполненный цементным раствором и обеспечивающий антикоррозионную защиту узла крепления.*



(495) 234-25-02

При проектировании анкеров должны быть обеспечены следующие требования:

- достаточная несущая способность анкеров для восприятия усилий, действующих на анкеруемое сооружение;*
- расположение зоны заделки анкера за пределами возможной призмы обрушения грунта ($\geq 1,0$ м);*
- тщательная защита анкера от коррозии;*
- надежный контакт между конструкцией анкера и окружающим грунтом в зоне заделки.*

Расчет конструкций анкеров и их оснований выполняют по I ПС:

$$P_d \leq R_{a,d},$$

где P_d – расчетная нагрузка на грунтовый анкер;

$R_{a,d}$ – расчетное значение сопротивления анкера выдергиванию:

$$R_{a,d} \leq \frac{R_{a,k}}{\gamma_a},$$

здесь $R_{a,k}$ – предельная величина нормативного значения сопротивления выдергиванию (зависит от способа изготовления корня анкера);

γ_a – частный коэффициент надежности по сопротивлению по грунту для анкеров.

Например, для микросвай

$$R_{a,k} = \pi D l_k q_{sk},$$

где D – диаметр цементного тела анкера:

$$D = d_{скв} k_d,$$

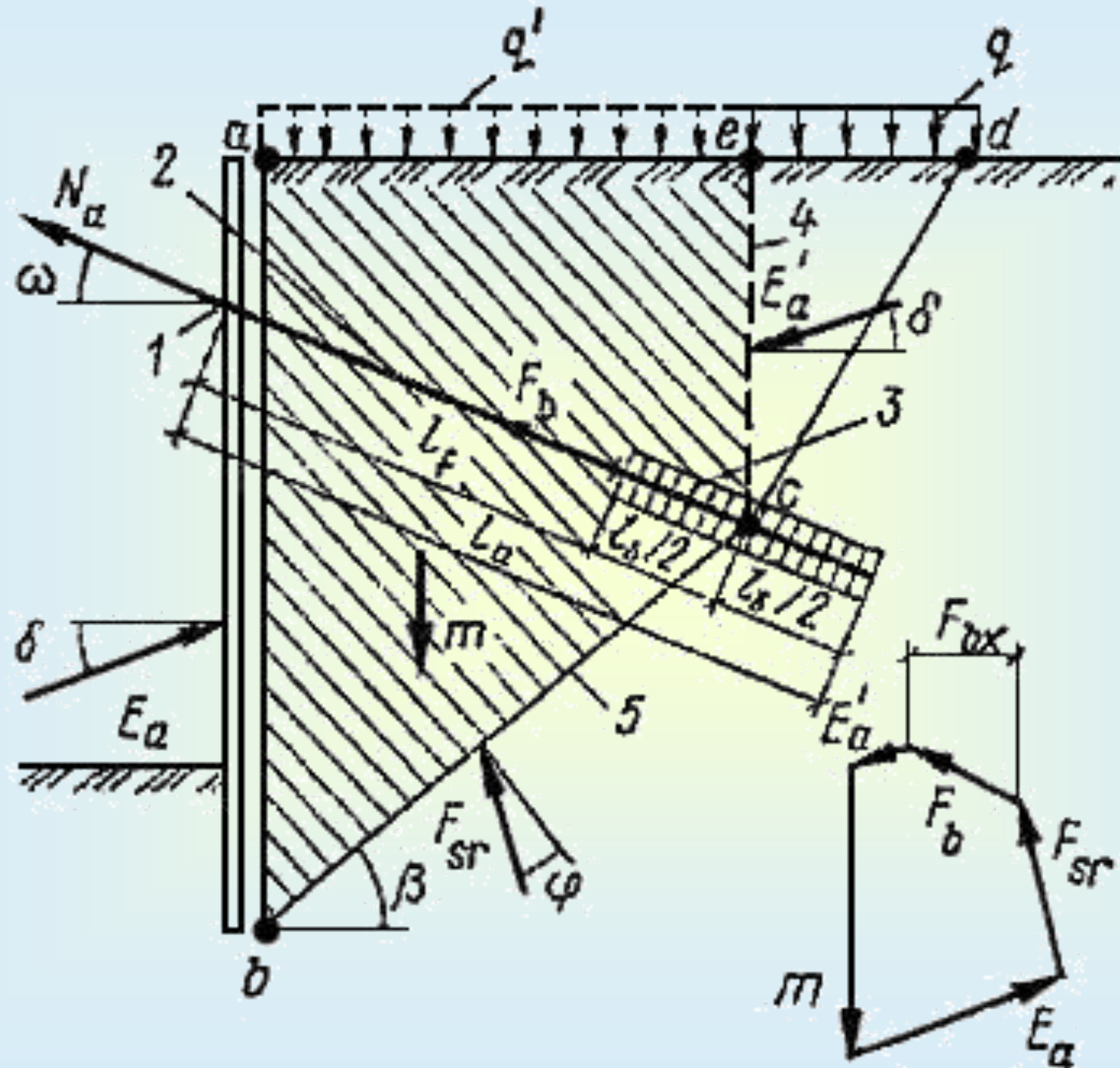
здесь $d_{скв}$ – диаметр скважины,

k_d – коэффициент увеличения диаметра корня анкера,

q_{sk} – предельное сопротивление грунта по боковой поверхности анкера,

l_k – длина корня анкера.

Оптимальное положение анкера в грунте (угол наклона ω и полная длина l_a , включающая длину свободной части анкера и длину зоны заделки), подбирают при расчете общей устойчивости системы «стена–грунт–анкер» на опрокидывание вокруг низа анкеруемого сооружения исходя из условия, что прочность грунтов на сдвиг в системе преодолена и образуется «глубокая линия скольжения» (метод Кранца).



Коэффициент устойчивости системы «стена–грунт–анкер» на опрокидывание k_y вокруг низа анкеруемого сооружения определяют из отношения:

$$k_y = \frac{F_{b,x}}{N_{a,x}} \geq \gamma_g,$$

где $F_{b,x}$ – горизонтальная проекция несущей способности анкера в зоне заделки ($R_{a,d}$);

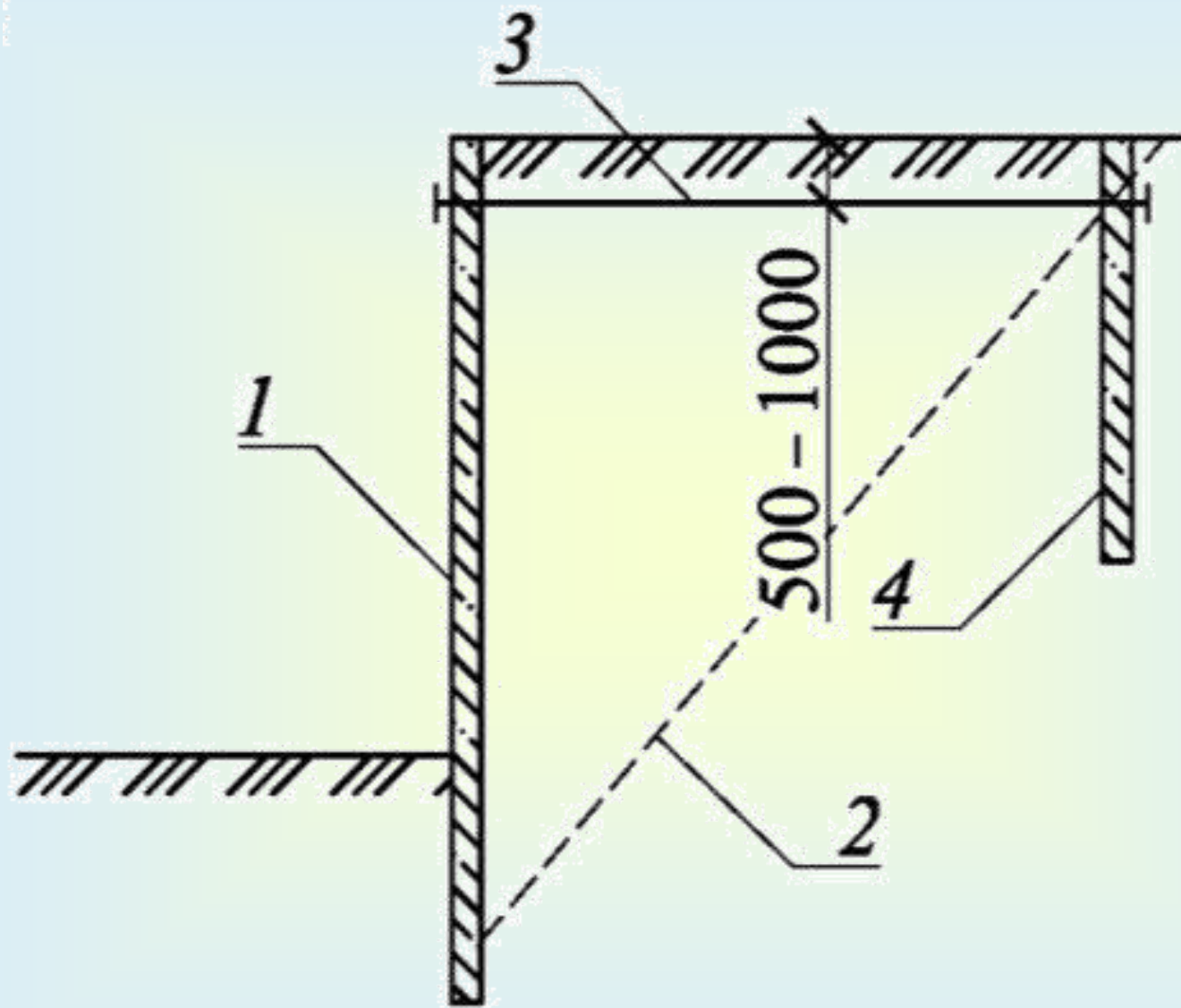
$N_{a,x}$ – горизонтальная проекция расчетной нагрузки на анкер (P_d);

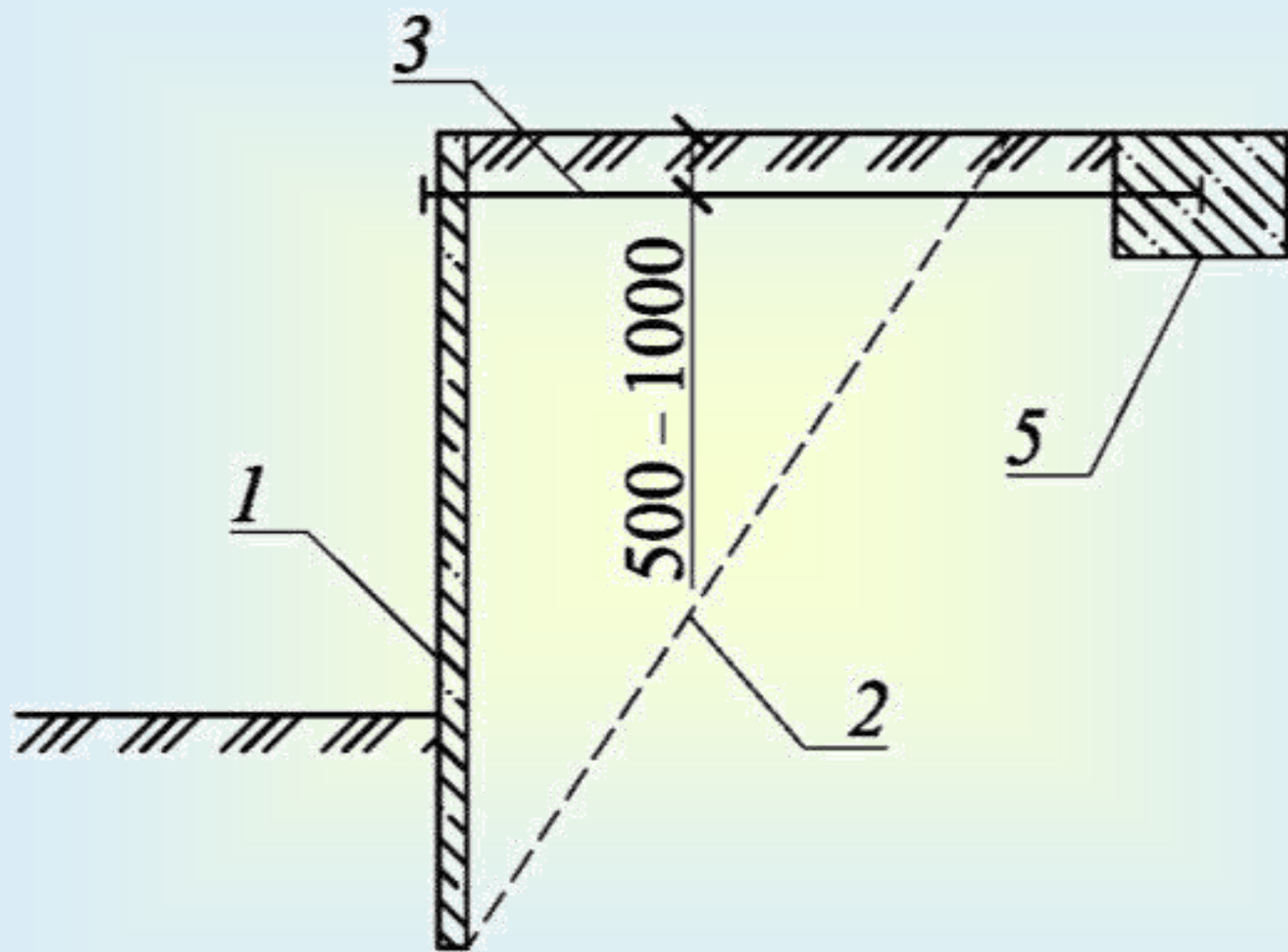
γ_g – коэффициент надежности (для временных анкеров 1,5; для постоянных 2,0).

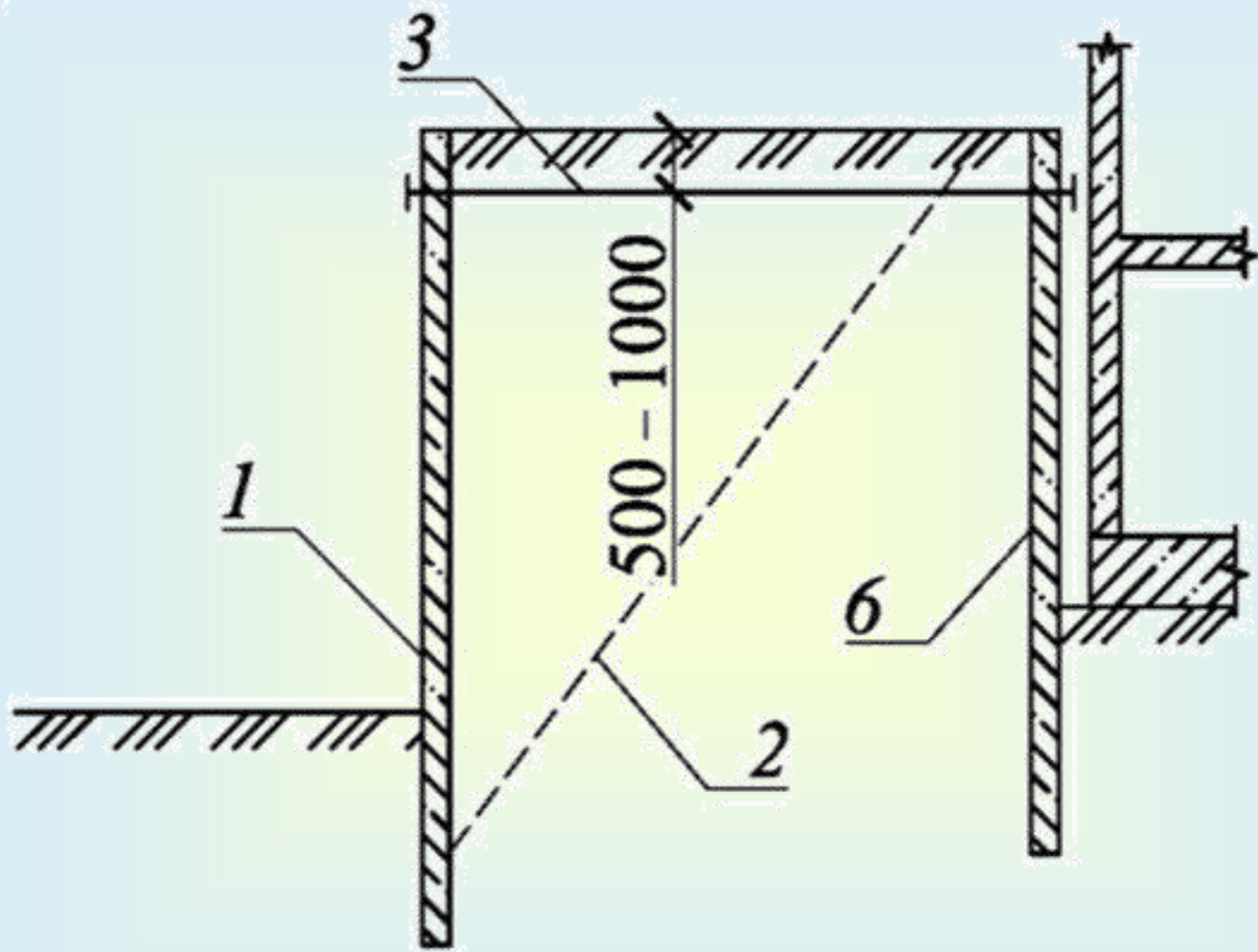
5. Анкерные сваи, плиты и аналогичные конструкции

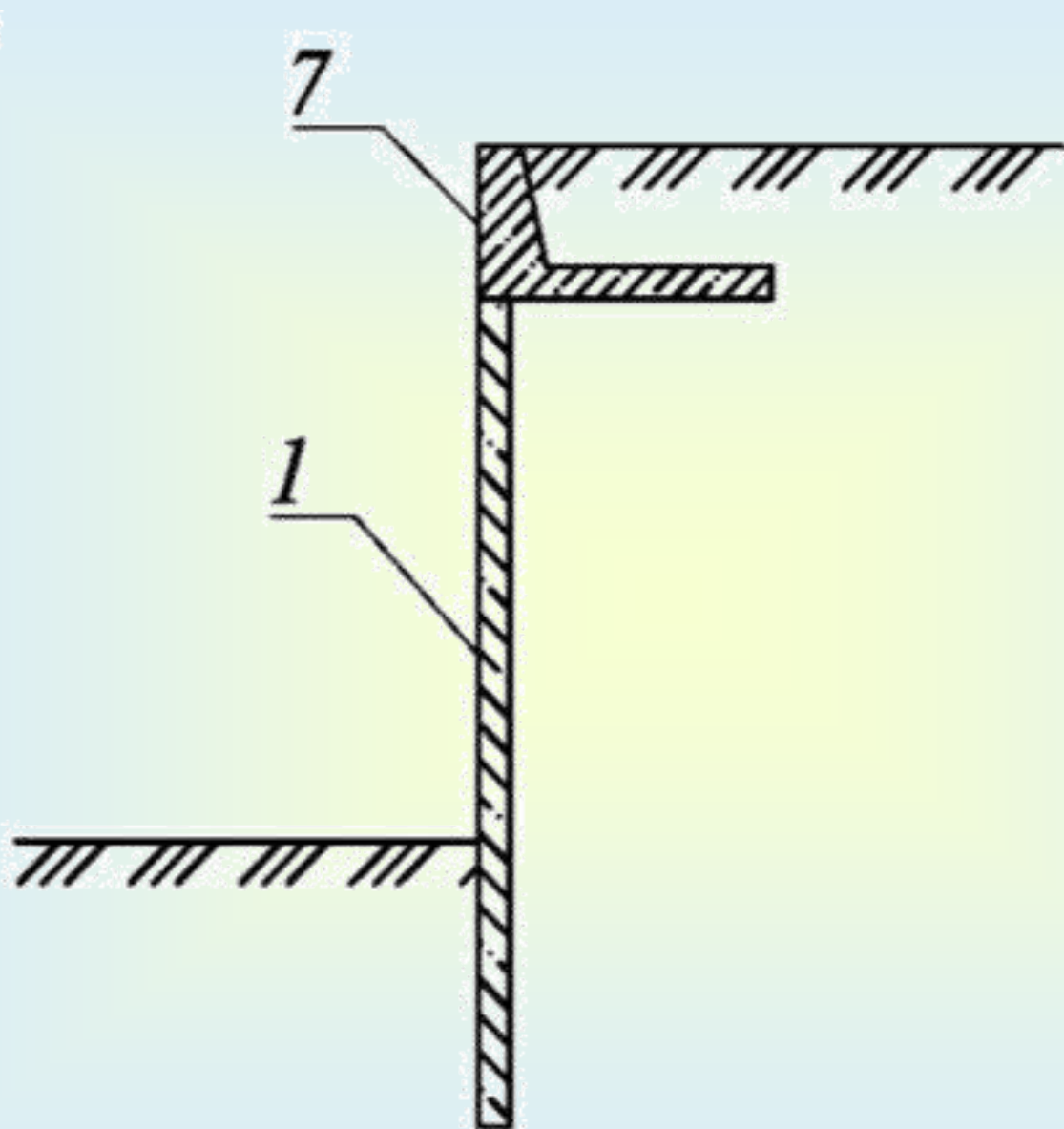
Область применения: для постоянных или временных подпорных сооружений различного назначения, требующих один ряд крепления по верху.

При необходимости устройства нескольких рядов, как правило, более целесообразно применение грунтовых анкеров.









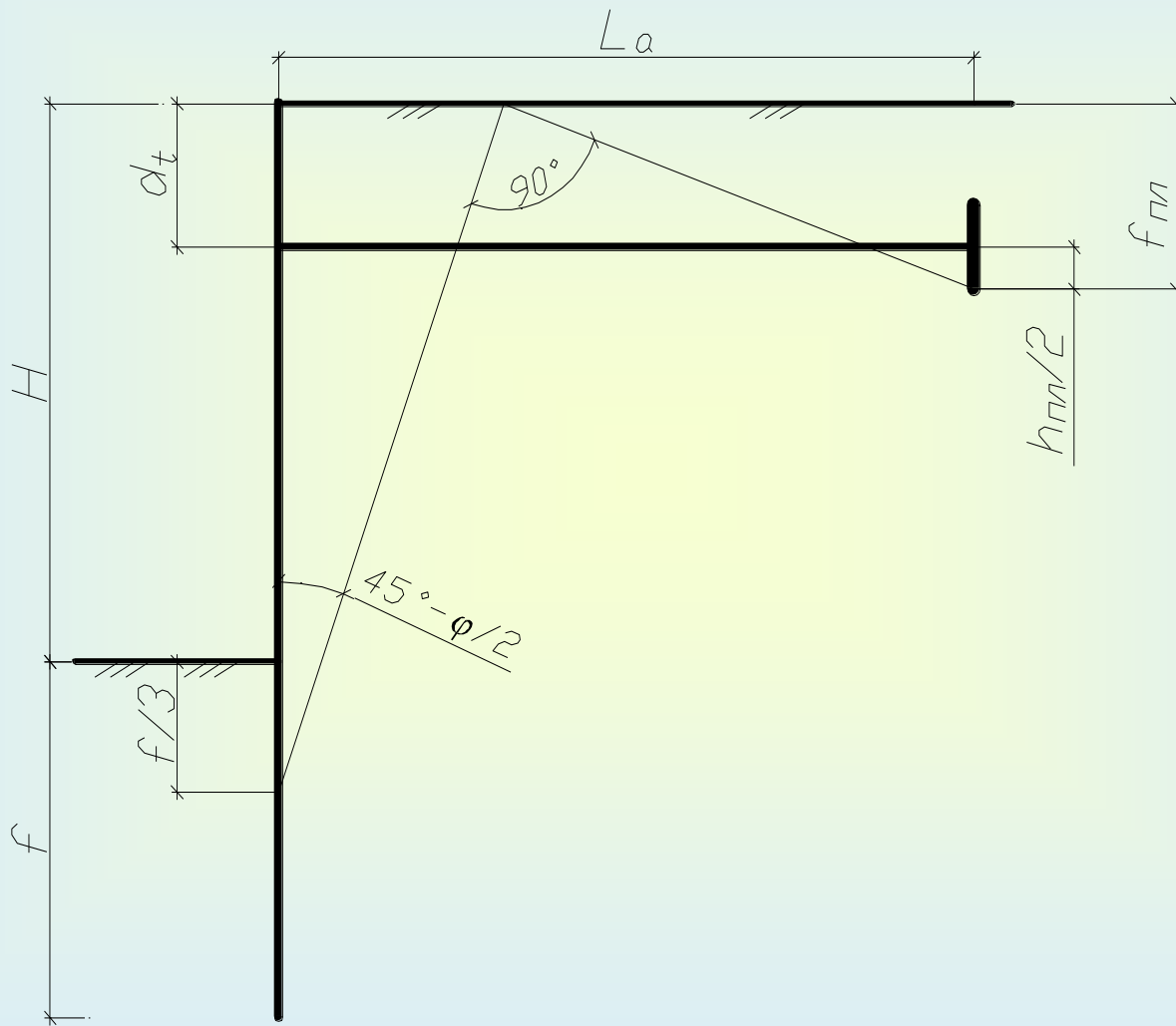
Расчет анкерных устройств состоит в определении длины и диаметра анкерной тяги и проверки устойчивости анкерной плиты.

1. Определение длины анкерной тяги

По формуле:

$$L_a = \frac{1}{3} f \cdot \operatorname{tg}\left(45 - \frac{\varphi_I^{2ep}}{2}\right) + H \cdot \operatorname{tg}\left(45 - \frac{\varphi_I^{1ep}}{2}\right) + f_{nl} \cdot \operatorname{tg}\left(45 - \frac{\varphi_I^{1ep}}{2}\right).$$

Или графически:



2. Определение диаметра анкерной тяги

Из расчета анкерной тяги по прочности на растяжение (зависит от расчетного сопротивления стали анкерной тяги растяжению и общего анкерного усилия, приходящегося на один анкер).

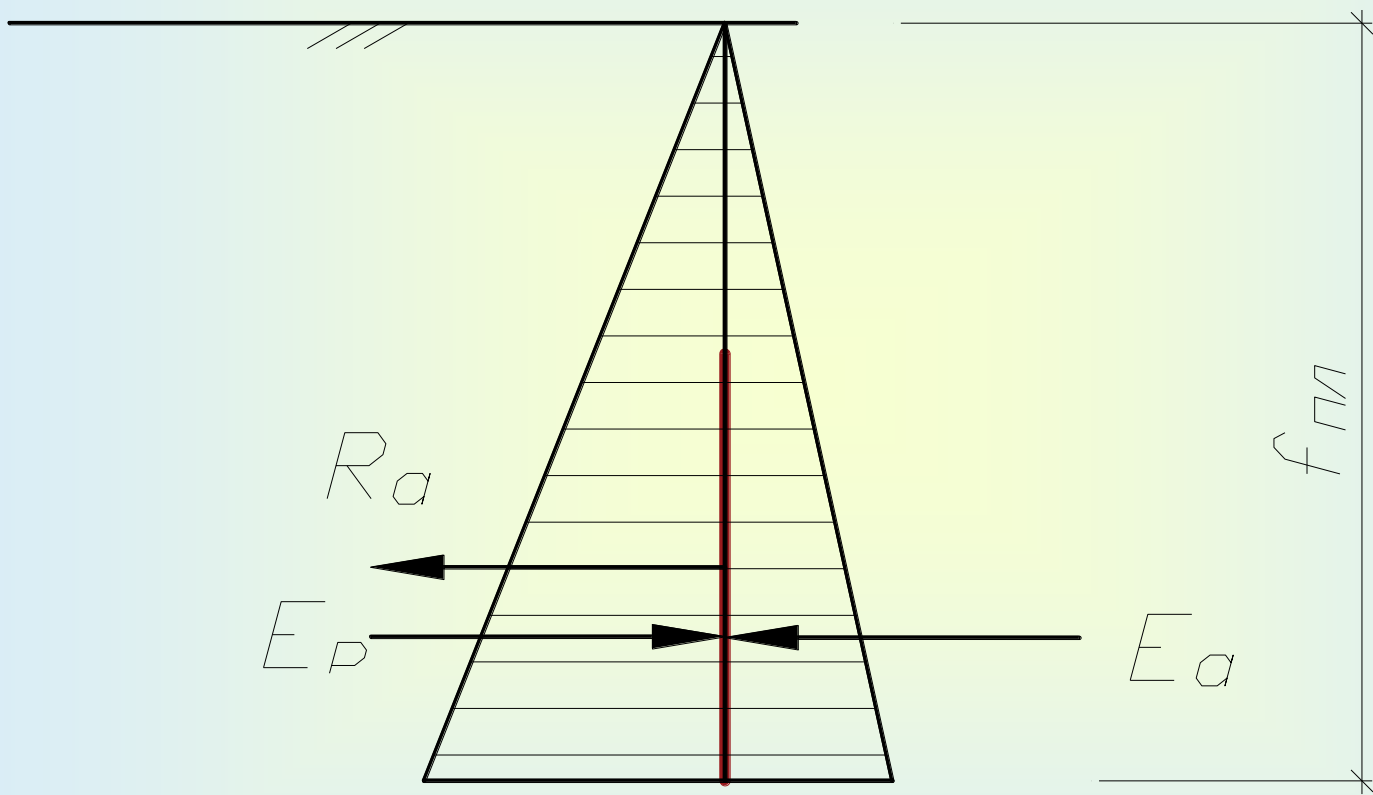
2. Расчет анкерной опоры

Анкерная опора может выполняться в виде прерывной или непрерывной анкерной плиты, вертикальных свай.

Расчет анкерной опоры заключается в определении ее устойчивости:

$$\gamma_n R'_a \leq E_p - E_a,$$

где γ_n – коэффициент надежности, учитывающий недопустимость больших смещений.



Стоимость и срок изготовления анкерных конструкций в большинстве случаев сопоставима или ниже чем у распорной системы.

При проектировании анкерных свай и связующих тяжёлой необходимо учитывать габариты строительной площадки, временные дороги, места складирования материалов и т. п. Применение данных конструкций требует достаточного места в пределах участка строительства.

6. Контрфорсы

Область применения: *в качестве постоянных распорных конструкций для постоянных подпорных сооружений.*

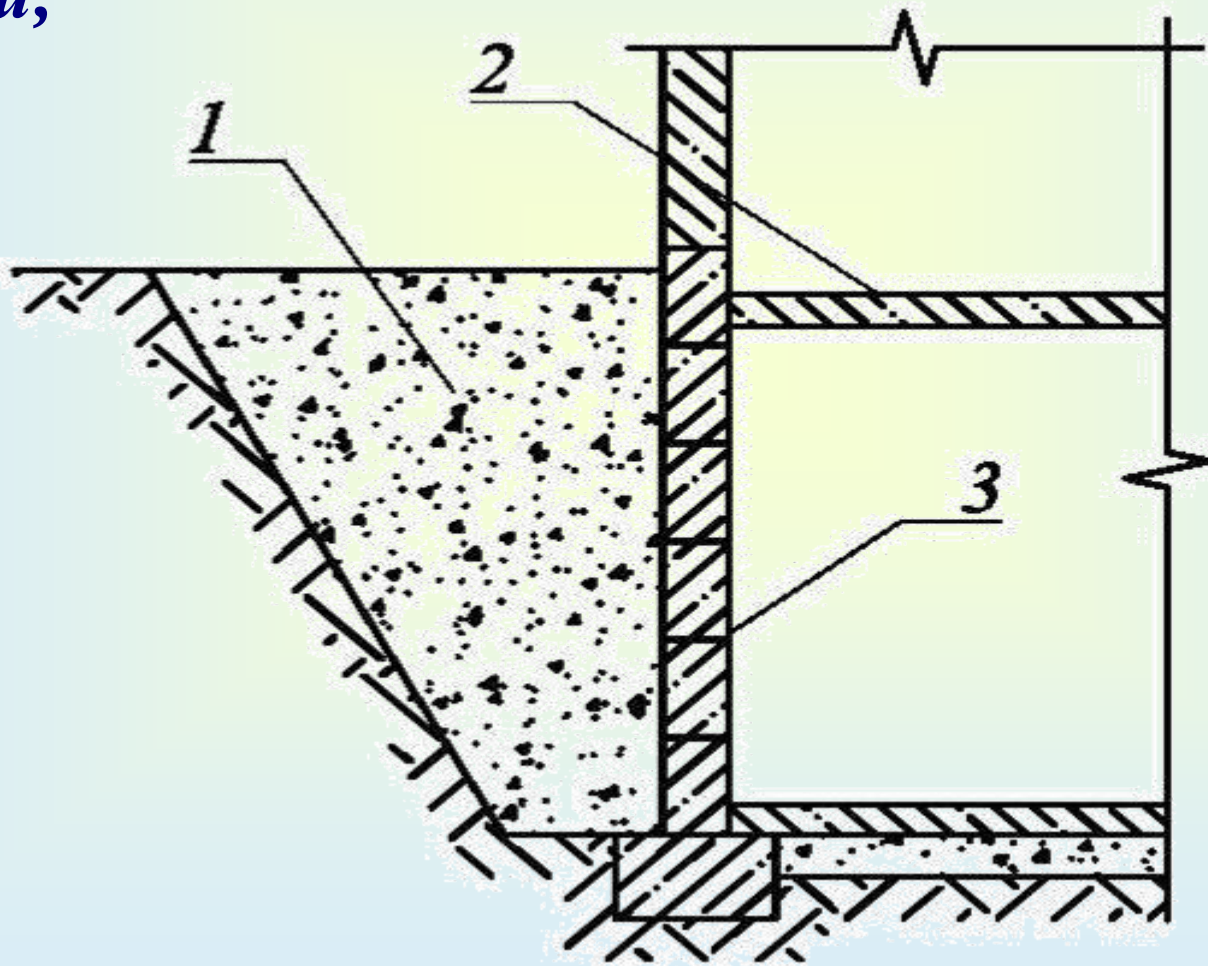
Выполняются из бетона, бутобетона, камня, металлических, деревянных элементов, могут являться частью подпорного сооружения при создании соответствующей конфигурации.

Конструкции крепления применяют при большой высоте подрезки, когда работа подпорного сооружения по консольной схеме не обеспечивает необходимой прочности, жесткости, деформаций подпорного сооружения или их обеспечение ведет к нецелесообразному увеличению расхода материала.

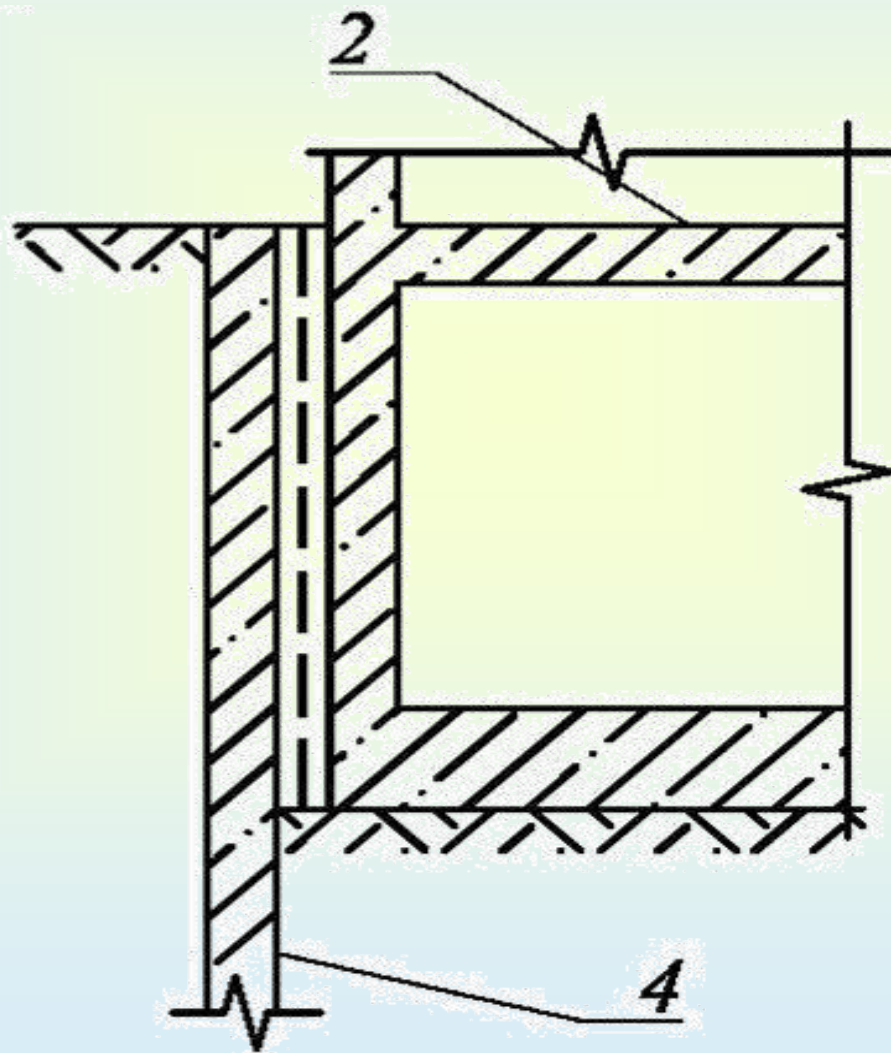
***Особенности
проектирования стен подвала***

Различают следующие типы стен подвалов:

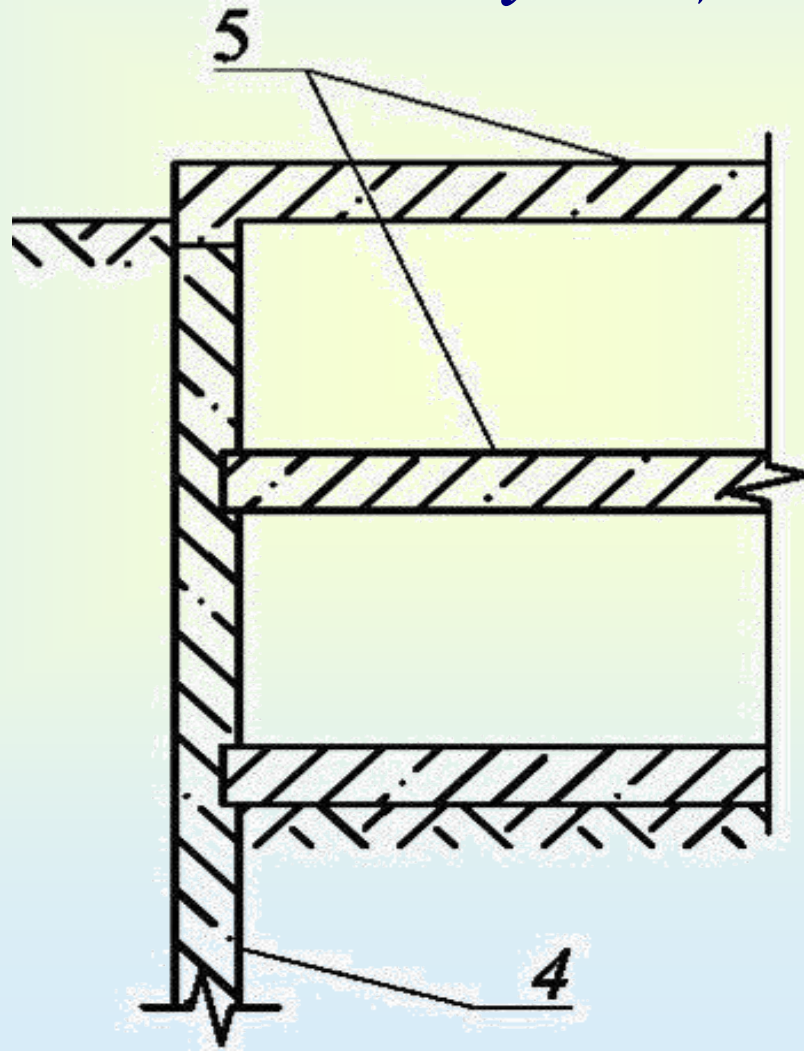
- стены подвалов, выполняемые в предварительно разработанных выемках, с последующей обратной засыпкой;



- стены подвалов, выполняемые поверх временного или постоянного ограждения котлована;



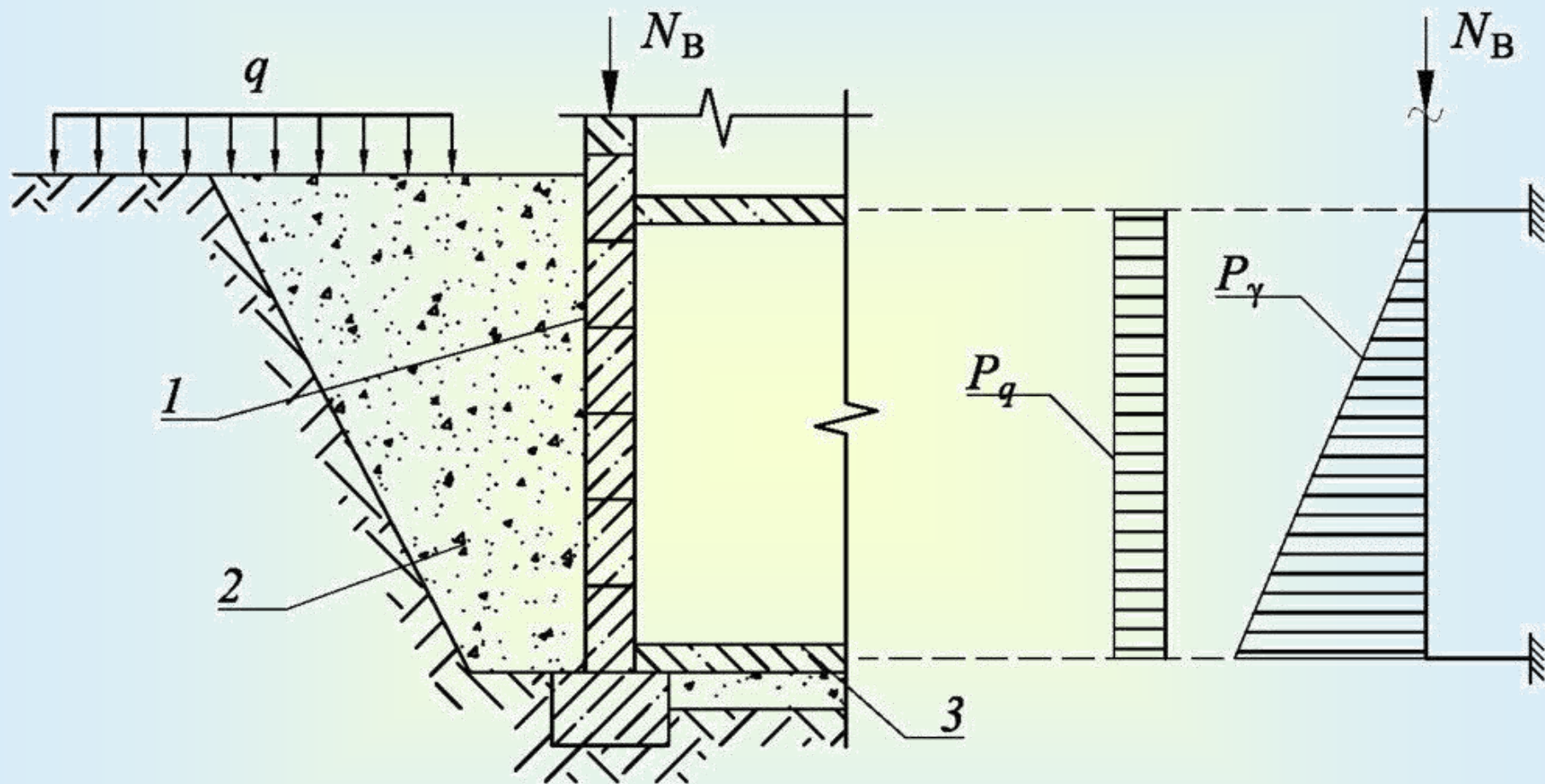
- постоянные ограждения котлованов, являющиеся стеной подвала и удерживающие перепад грунта в период строительства и эксплуатации объекта.



Наружные стены подвалов следует рассчитывать по предельным состояниям первой и второй групп, с учетом горизонтального давления грунта в состоянии покоя и вертикальной нагрузки на стену.

При этом, давление грунта со стороны низких отметок (пассивное давление со стороны экскавации под полом подвала) следует принимать равным нулю.

Определение внутренних усилий в стене подвала следует выполнять, рассматривая ее как часть конструкции сооружения, нагруженную горизонтальным давлением грунта и вертикальной нагрузкой N_v от проектируемого объекта.



Горизонтальное давление грунта от собственного веса, временных и постоянных нагрузок на поверхности и подземных вод следует определять аналогично массивным и уголковым подпорным.

Стены подвалов следует разделять деформационными и температурно-усадочными швами.

Расстояние между швами следует принимать:

- для стен подвалов, подвергающихся попеременному воздействию положительных и отрицательных температур – аналогично массивным и угловым подпорным стенам;

- для стен подвалов, не подвергающихся попеременному воздействию положительных и отрицательных температур, расстояние между деформационными и температурно-усадочными швами определяется расчетом; без расчета допускается принимать расстояние между температурно-усадочными швами не более 60 м для монолитных и 120 м для сборных и сборно-монолитных конструкций подвалов.

При наличии грунтовых вод стены подвалов должны быть защищены гидроизоляцией в соответствии с требованиями СП 71.13330, если в техническом задании на проектирование не оговорено иное.

При необходимости следует устраивать дренажи под полом или по периметру подвала.

Обратную засыпку пазух котлована следует производить таким образом, чтобы не вызвать смещение сооружения от проектного положения под действием давления обратной засыпки.