

Тема 5.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Лекция 8.

Подготовительные и вспомогательные процессы при выполнении земляных работ

Гродно

ВОПРОСЫ:

8.1 Виды земляных сооружений. Общие понятия о свойствах грунтов.

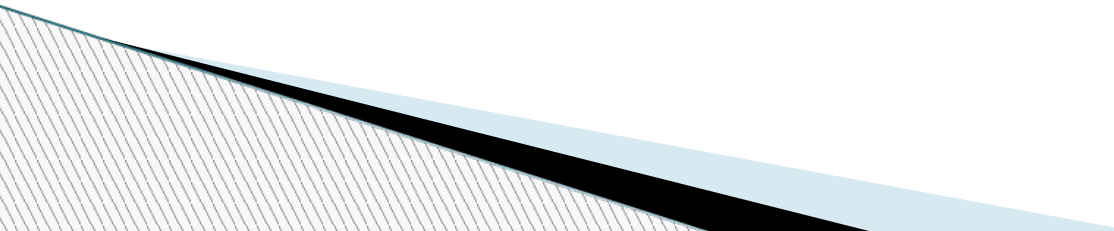
8.2 Состав подготовительных и вспомогательных процессов. Разбивка земляных сооружений на местности.

8.3 Водоотвод и водоотлив. Понижение уровня грунтовых вод.

8.4 Обеспечение устойчивости стенок котлованов и траншей в процессе их разработки. Искусственное закрепление грунтов.

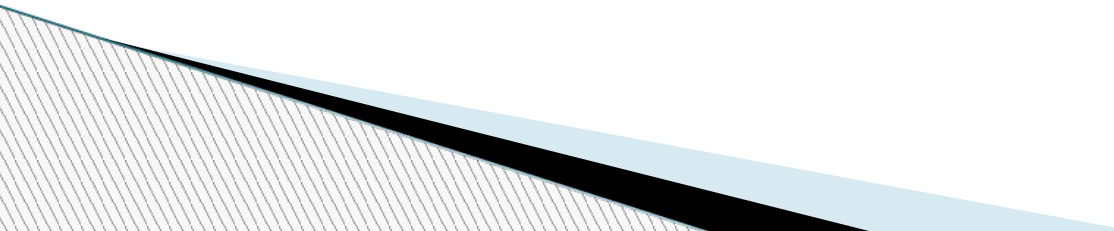
8.5 Определение объемов разрабатываемого грунта котлованов, выемок и насыпей линейно-протяженных сооружений.

8.6 Определение объемов земляных работ при вертикальной планировке площадок, распределение грунта на основе баланса земляных масс.



8.1 Виды земляных сооружений. Общие понятия о свойствах грунтов. Состав подготовительных и вспомогательных процессов.

Виды земляных работ:

- планировка площадки,
 - рыхление твердых или мерзлых грунтов,
 - заглубление фундаментов,
 - обратная засыпка,
 - устройство постоянных, временных и вспомогательных сооружений.
- 

Земляные сооружения



Траншея - выемка шириной до 3 м, имеющая значительную длину.

Котлован - выемка, длина которой не превышает десятикратной ее ширины.

Яма - выемка под отдельно стоящие небольшие фундаменты.

Постоянные земляные сооружения:

- плотины,
- дамбы,
- выемки для прокладки дорог,
- ложа искусственных водоемов,
- русла каналов,
- площадки для возведения жилых кварталов, промышленных зданий и других сооружений.

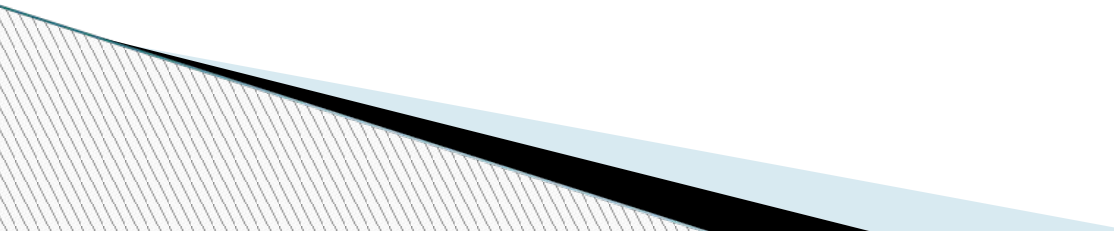
Временные земляные сооружения:

- котлованы и траншеи для возведения фундаментов,
- траншеи для прокладки инженерных коммуникаций и т. д., т.е. все земляные сооружения, возводимые на время строительства.

Резерв — выемка из которой грунт берется для насыпи или обратной засыпки за пределами строительной площадки.

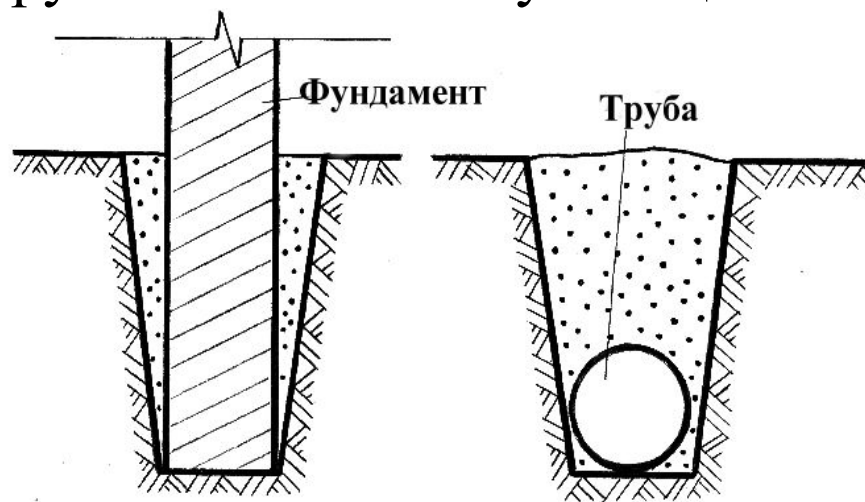
Кавальер — насыпь, в которой грунт из выемки, складировается без перспектив использования его в процессе строительства или для обратной засыпки.

Отвал — место отсыпки кавальера.



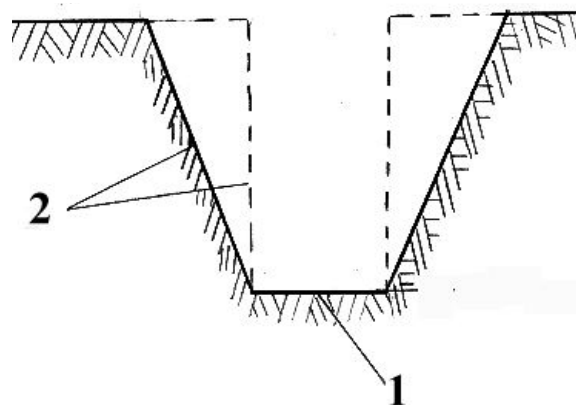
Подземные выработки – временные выемки, закрытые с поверхности. Устраиваются для телевизионных, транспортных, коммуникационных или водопропускных сооружений.

Обратной засыпка – земляное сооружение, в котором отсыпка грунта из отвала используется для полного закрытия подземного сооружения или коммуникаций.



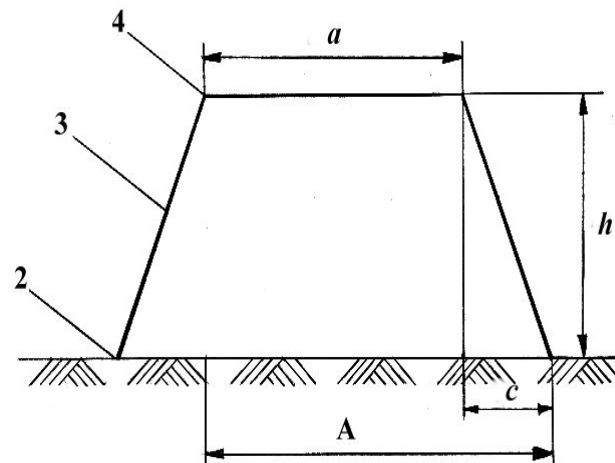
Обратная засыпка подземных конструкций и коммуникаций

Основные элементы земляных сооружений:
для выемок — дно и боковые поверхности,
для насыпей — подошва насыпи и ее откосы.



Элементы профиля выемки:

- 1 — дно,
- 2 — боковая поверхность



Основные элементы насыпи:

- 1 — подошва насыпи;
- 2 — основание откоса;
- 3 — откос;
- 4 — бровка откоса

Боковые поверхности выемок — либо в виде вертикальных стенок, либо в виде наклонных откосов.

Откос — линия, образованная пересечением плоскости откоса и дна выемки (подошвы насыпи).

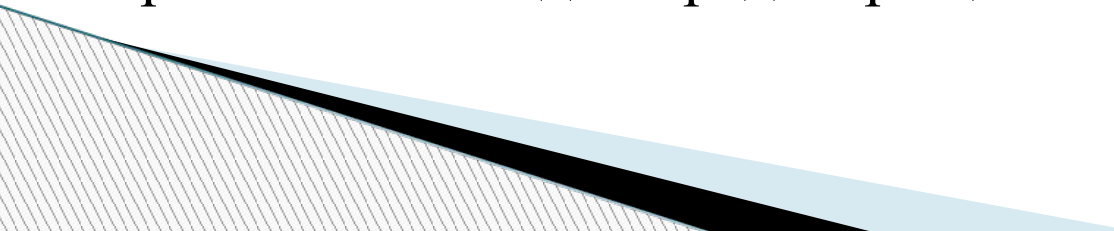
Бровка откоса — линия, образованная пересечением плоскости откоса и поверхностью земли (верхней плоскостью насыпи).

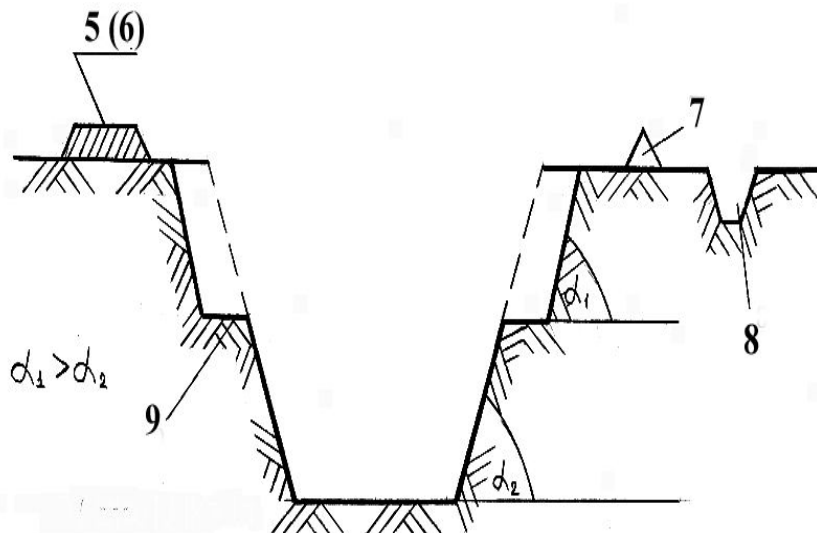
Берма — горизонтальная ступенька, предназначенная для снижения нагрузки на основание откоса (увеличения его устойчивости).

Водоотводная канава — для отвода поверхностных вод от насыпи.

Нагорная канава — для отвода поверхностных вод от выемки.

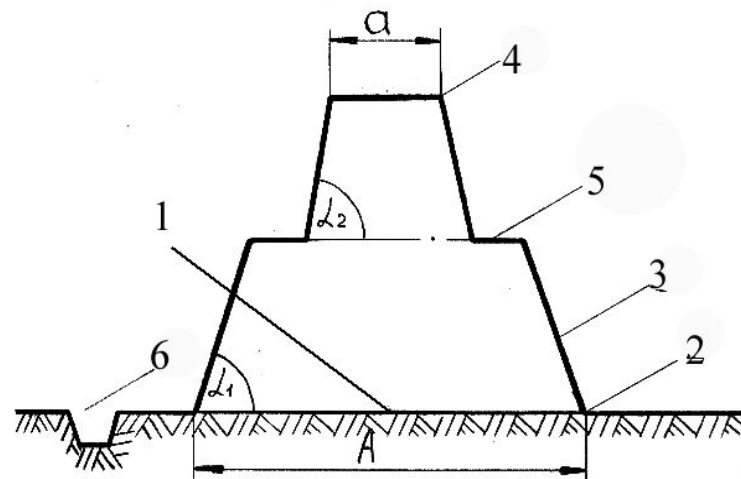
Банкет — невысокий земляной валик, отсыпаемый вдоль бровки выемки для предотвращения попадания воды в выемку.





**Поперечное сечение
глубокой постоянной
выемки:**

- 1 – дно выемки;
- 2 – основание откоса;
- 3 – откос;
- 4 – бровка откоса;
- 5(6) – кавальер;
- 7 – банкет;
- 8 – нагорная канава;
- 9 – берма



**Поперечное сечение
высокой насыпи:**

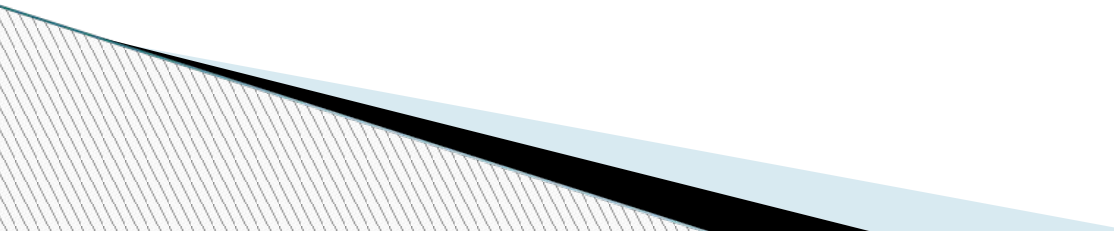
- 1 – подошва насыпи;
- 2 – основание откоса;
- 3 – откос;
- 4 – бровка откоса;
- 5 – берма;
- 6 – водоотводная канава

Технологические свойства грунтов

Грунты классифицируют по гранулометрическому (фракционному) и химико-минералогическому составу.

Гранулометрический состав - количественное содержание в грунте минеральных частиц определенной крупности (глинистых диаметром менее 0,005 мм, пылеватых диаметром от 0,005 до 0,05 мм и песчаных диаметром от 0,05 до 2,00 мм). Согласно существующей классификации грунты могут быть песчаными, супесчаными, суглинистыми и глинистыми.

Глинистые частицы обуславливают внутренние силы сцепления, а следовательно, и сопротивление относительному сдвигу.



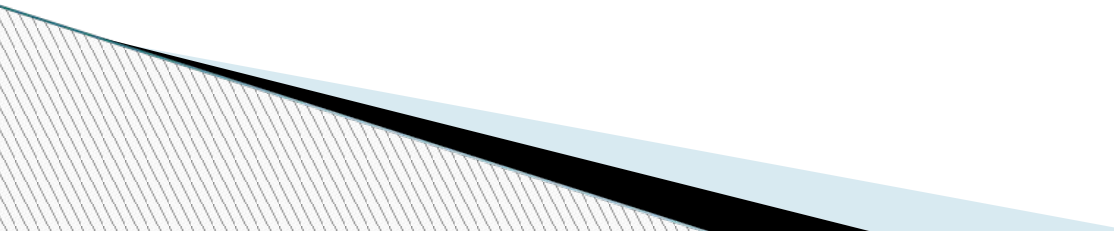
Чем больше глинистых частиц, тем значительнее силы сцепления, при отсутствии или очень малом их содержании в грунте возникают только силы трения.

Внешним признаком содержания глинистых частиц в грунте, а следовательно, и наличия сил сцепления является способность грунтов налипать к рабочим органам землеройных машин.

Грунты, обладающие только силами сухого трения, называются **несвязными** (крупнообломочные (гравелисто-галечниковые) и песчаные грунты).

Грунты, характеризующиеся наличием сил сцепления между частицами, носят название **связных** (глины и суглинки).

Промежуточное положение занимают так называемые **мало связные грунты** (супеси). Наряду с силами трения они обладают слабо выраженными силами сцепления.



Гранулометрический и химико-минералогический состав грунта, а также количественное соотношение в нем твердой и жидкой фаз обуславливают его физико-механические свойства, которые, в свою очередь, влияют на эффективность разработки и выбор оптимальных технологических параметров применяемых средств механизации.

Физические свойства грунтов:

- объемная масса,

□ влажность,

□ пористость,

□ плотность,

□ пластичность,

□ угол внутреннего трения,

□ разрыхляемость,

□ тиксотропность,

□ водопроницаемость и др.

Механические свойства грунтов:

- прочность (несущая способность),
- ▣ деформативность,
- ▣ сопротивление сдвигу (сцепление),
- ▣ коэффициент бокового давления и др.

Разрыхляемость - способность грунта увеличивать свой объем при разработке.

Характеризуется коэффициентом разрыхления

$$K_p = V_{\text{разр}} / V_{\text{ест}}$$

Величина коэффициента первичного разрыхления составляет:
для песчаных грунтов- 1,08-1,17, для глинистых- 1,24-1,32 и
для лёссовых - 1,50-1,60.

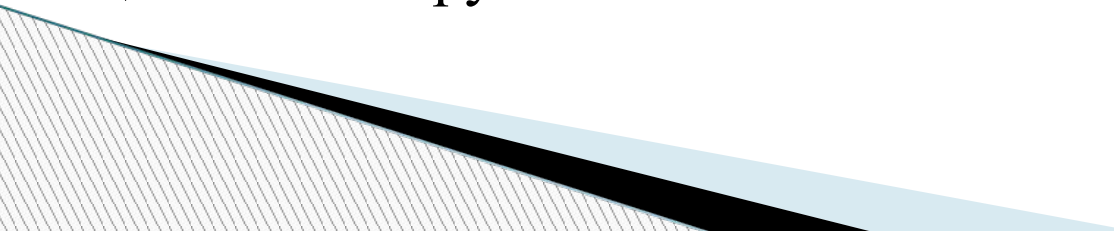
Разновидности разрыхления: первичное и остаточное.

Остаточное характеризуется отношением объема уплотненного грунта к его объему в «плотном теле», т. е. в естественном залегании.

Величина остаточного разрыхления для песчаных грунтов 1,04-1,09, для глинистых 1,01-1,05.

Коэффициент первичного разрыхления оказывает существенное влияние на производительность машин для разработки грунтов.

Тиксотропность - способность грунта переходить из пластичного в текучее состояние под воздействием ударно-вибрационной нагрузки.



Водопроницаемость - способность грунтов фильтровать воду под воздействием внешнего давления. Количественной характеристикой водопроницаемости является коэффициент фильтрации K_f (выражается в м/сут или см/с):

- песчаные грунты $K_f > 0,10$
- супесчаные $0,1 > K_f > 0,01$
- суглинистые $0,01 > K_f > 0,10^{-6}$
- глинистые $1,10 > K_f > 1,10^{-9}$.

Липкость - способность грунта прилипать к твердым поверхностям.

Абразивность - способность грунта оказывать истирающее действие на рабочие органы машин.

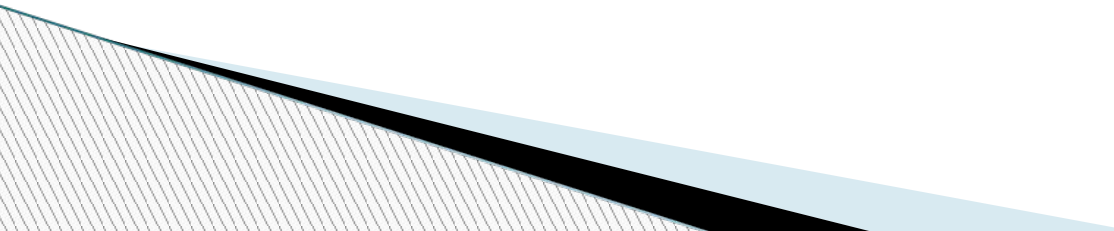
Трудность разработки грунта – учитывает не только свойства грунтов, но и трудоемкость их разработки с использованием соответствующих машин и механизмов.

Группы грунтов по трудности разработки приведены в НЗТ на земляные работы.

При разработке грунтов одноковшовыми экскаваторами – **шесть групп**, многоковшовыми экскаваторами и скреперами – **две**, бульдозерами и грейдерами – **три**.

При производстве земляных работ вручную грунты по трудности их разработки разделены на **семь** групп.

Во всех случаях меньший номер группы соответствует грунтам, трудность разработки которых наименьшая.



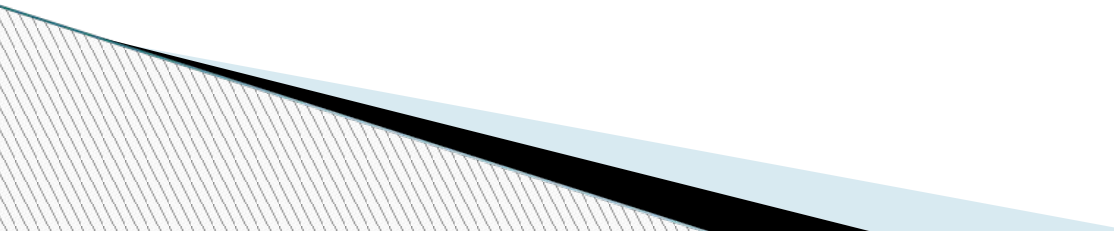
8.2 Состав подготовительных и вспомогательных процессов.

Разбивка земляных сооружений на местности.

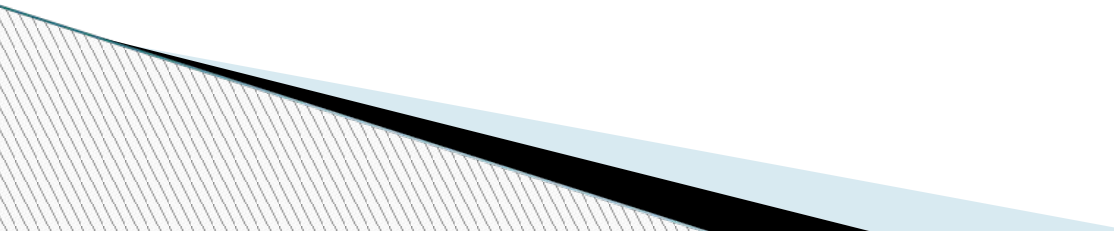
Подготовительные процессы осуществляют до начала разработки грунта

Вспомогательные – до или в процессе возведения земляных сооружений.

Весь этот комплекс процессов называют **земляными работами.**



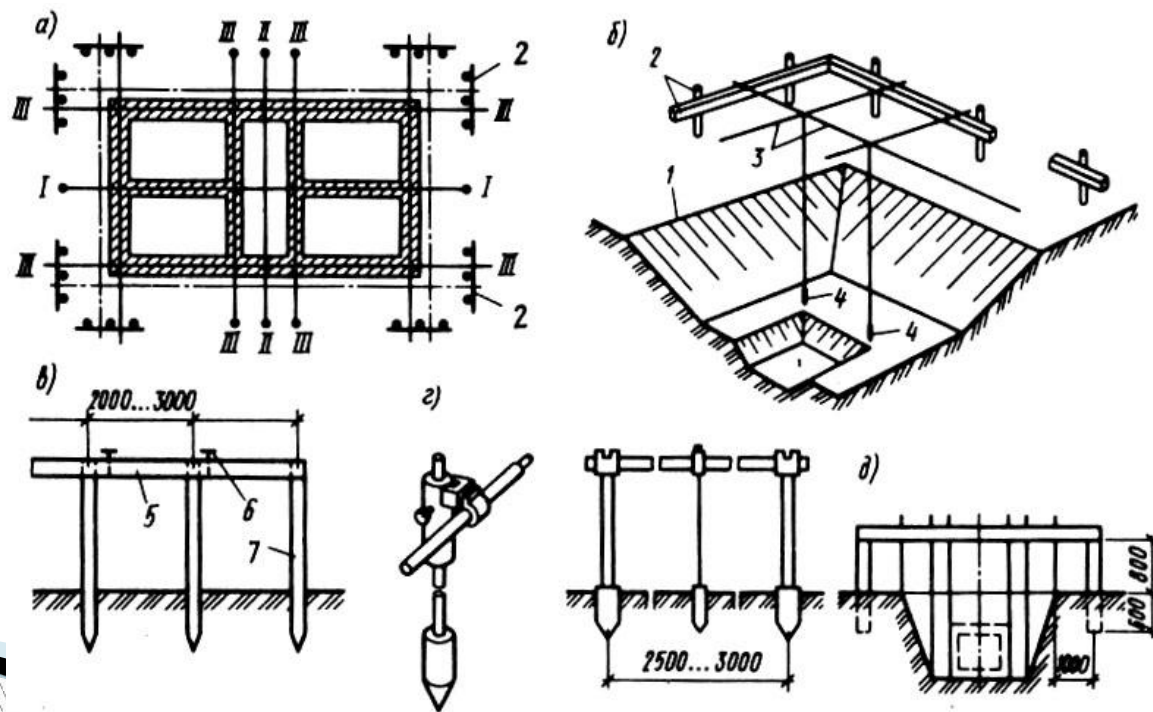
К подготовительным и вспомогательным процессам, связанным с разработкой выемок и возведением насыпей, относятся:

- ▣ разбивка земляных сооружений,
 - ▣ водоотвод, водоотлив и понижение уровня грунтовых вод,
 - ▣ временное крепление стенок выемок,
 - ▣ искусственное закрепление грунтов,
 - ▣ разрыхление плотных грунтов.
- 

Разбивка земляных сооружений

Разбивку котлована начинают с выноса и закрепления на местности (в соответствии с проектом) створными знаками основных рабочих осей, в качестве которых обычно принимают главные оси здания I-I и II-II.

Затем вокруг будущего котлована на расстоянии 2...3 м от его бровки параллельно основным разбивочным осям **устанавливают обноску**.

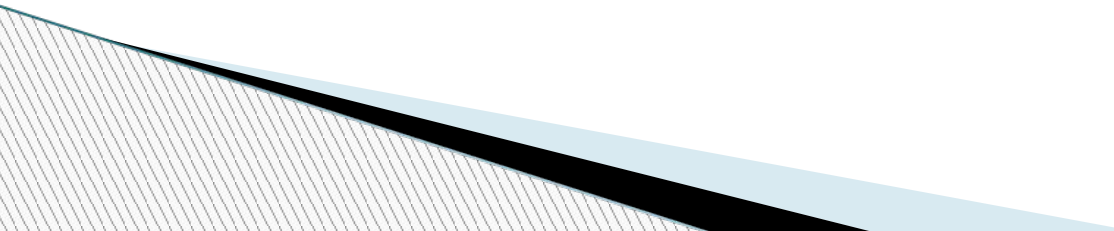


Обноска разового использования состоит из забитых в грунт металлических стоек или **деревянных столбов** и прикрепленных к ним досок.

Доска - толщиной не менее 40 мм с обрезной гранью, обращенной кверху, опирающаяся не менее чем на три столбика.

Инвентарная металлическая обноска состоит из металлических стоек и труб, укрепленных на стойках хомутами.

Для пропуска транспортных средств в обноске должны быть разрывы.



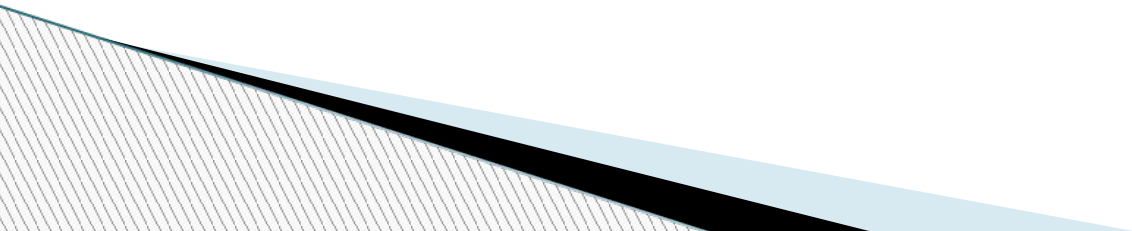
На обноску переносят основные разбивочные оси и, начиная от них, размечают все остальные оси здания.

Все оси закрепляют на обноске гвоздями или пропилами и нумеруют.

На металлической обноске оси закрепляют краской.

Размеры котлована поверху, понизу и другие характерные его точки отмечают забитыми в грунт колышками или вехами.

После возведения подземной части здания основные разбивочные оси переносят на его цоколь.



8.3 Водоотвод и водоотлив. Понижение уровня грунтовых вод.

Водоотвод выполняется для защиты выемки от поверхностных вод путем устройства водоотводящих канав или системы дренажей.

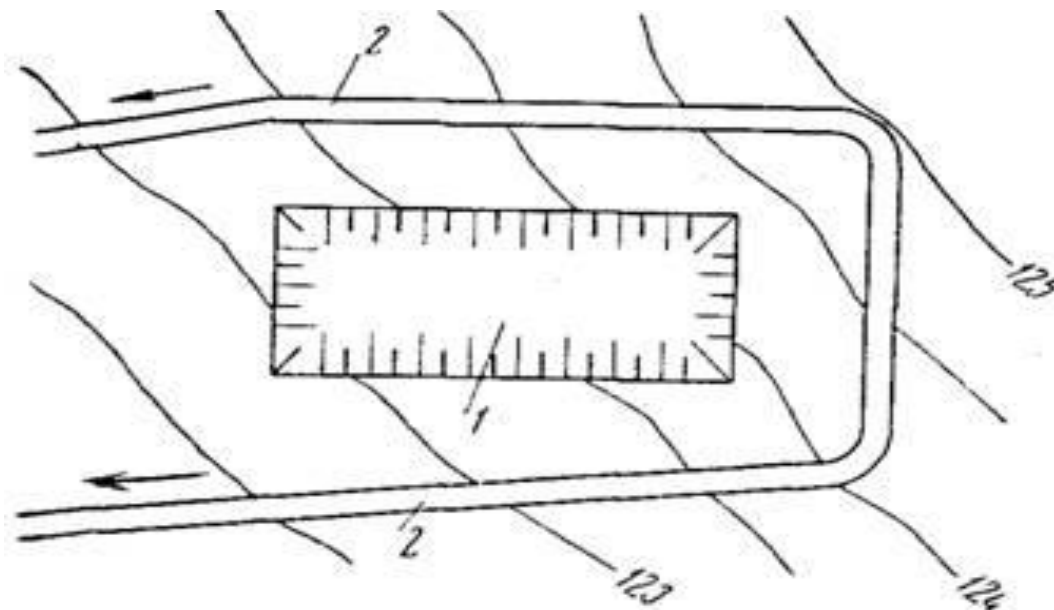


Рис. Водоотвод с помощью нагорных канав:

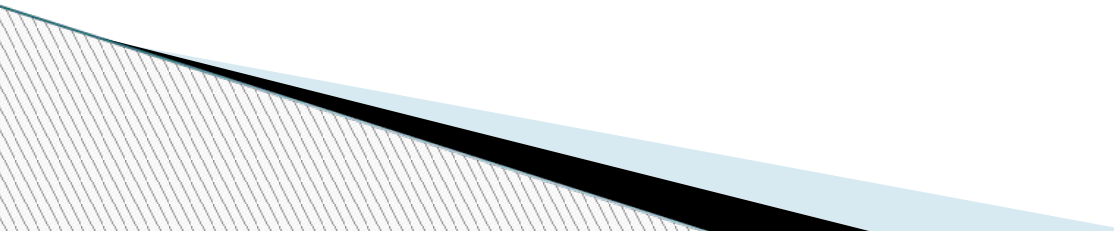
1 - котлован; 2 - нагорная канава

Дренажи.

При наличии высокого уровня грунтовых вод осушение строительной площадки производят с помощью дренажей - открытых или подземных (закрытых) водостоков.

Закрытый дренаж - глубокая траншея, заполненная фильтрующими материалами.

На дно траншеи – гравий или щебень (крупность до 50 мм). Далее более мелкий гравий (6-8 мм). Затем крупный песок. Для защиты от загрязнения на песок укладывают слой мха (торфа). Сверху траншею заполняют глиной (не менее 0,5 м).



При больших притоках воды дренажи устраивают из керамических, бетонных или деревянных труб. На дне траншеи, вырытой в водопроницаемом грунте, расстилают слой глины, на который укладывают трубу, затем все это засыпают песком, гравием или другим дренирующим материалом. Для доступа воды дренажные трубы изготавливают с отверстиями. В случае применения труб без отверстий, их укладывают с зазорами в стыках величиной 2-3 см.

Ширина дренажных траншей при глубине:

- до 2,5 м - 0,8 м;
- от 2,5 до 6 м наименьшая ширина должна быть от 0,8 до 1,0 м;
- до 12 м - 1,5 м.

Дно дренажных траншей с продольным уклоном в сторону водоприемника (обычно это магистральная водоотводная канава). Величина **уклона** для закрытого дренажа принимается **не менее 0,005**.

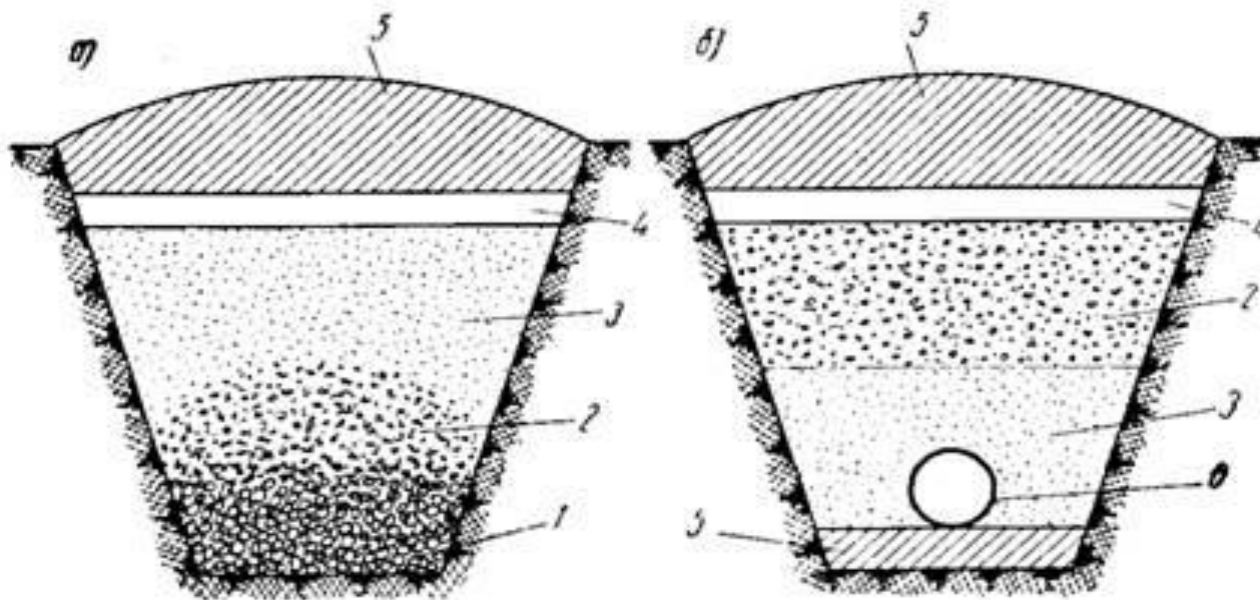


Рис. Виды дренажей:

а - с гравийно-песчаным заполнением; б - с трубой;

1 - крупный гравий; 2 - мелкий гравий; 3 - песок; 4 - торф или мох; 5 - глина; 6 - труба

Водоотлив применяют при незначительном притоке воды в выемки.

Открытый водоотлив для откачки воды насосами непосредственно из котлованов или траншей.

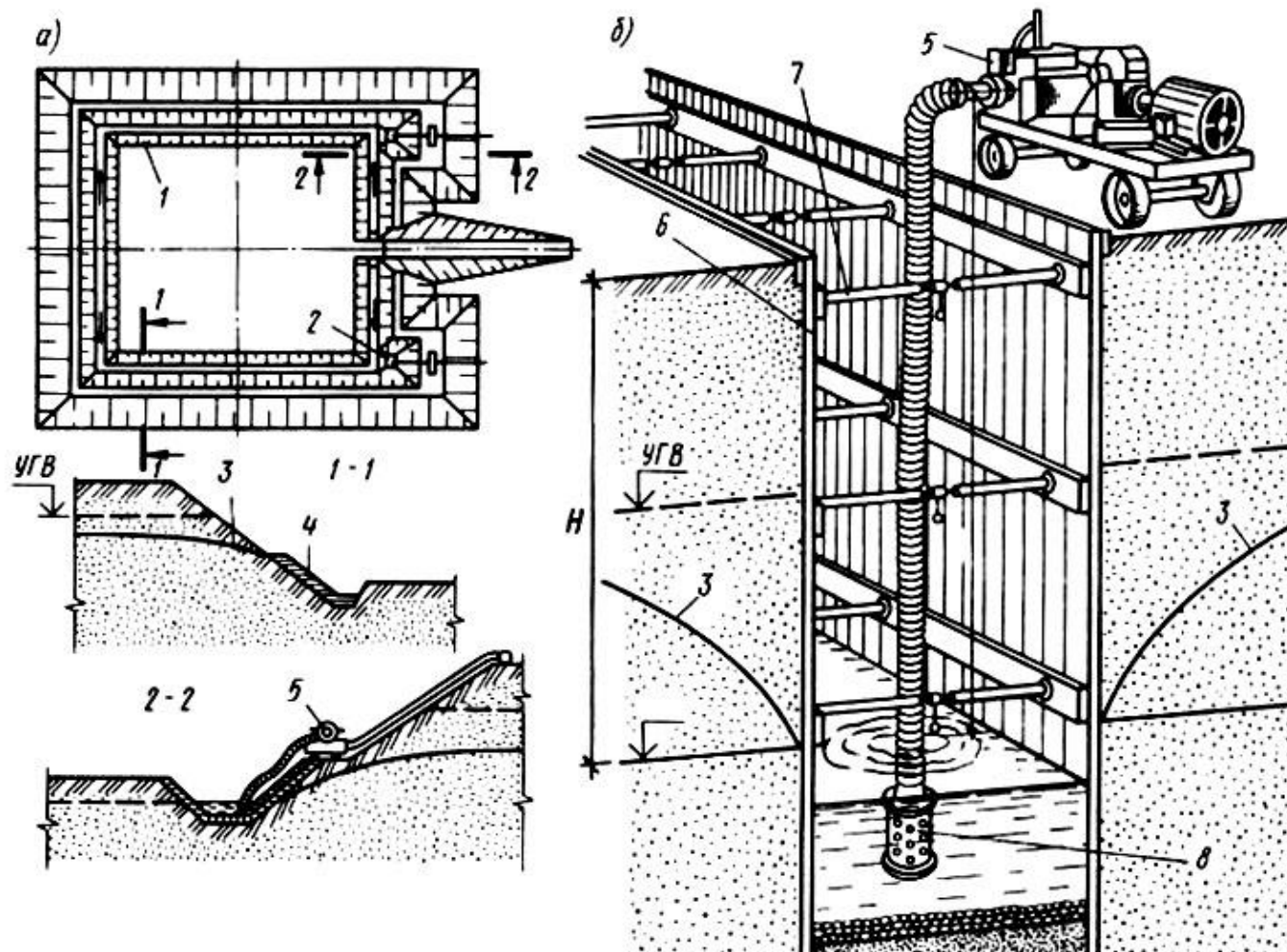
Грунтовые воды направляются по прорытым водосборным канавам или лоткам к приемкам (**зумпфам**), откуда вода выкачивается насосами

Насосы подбирают в зависимости от дебита (притока) вод.

Водосборные канавы устраивают шириной по дну 0,3...0,6 м и глубиной 1...2м с уклоном 0,01...0,02 м в сторону приемков.

Сами **приемки** крепят в виде деревянного сруба без дна, а в оплывающих грунтах – шпунтовой стенкой.





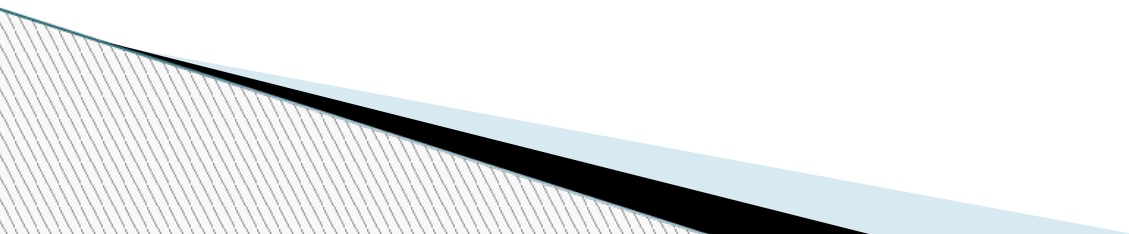
Открытый водоотлив из котлована (а) и траншеи (б):

1 — дренажная канава; 2 — приямок (зумпф); 3 — пониженный уровень грунтовых вод;
 4 — дренажная пригрузка; 5 — насос; 6 — шпунтовое крепление; 7 — инвентарные распорки;
 8 — всасывающий рукав с сеткой (фильтром); Н — высота всасывания до 5...6 м

Открытый водоотлив – простой и доступный способ борьбы с грунтовыми водами, но имеет технологические **недостатки**:

- снижается прочность основания,
- наличие на дне выемки воды затрудняет разработку грунта,
- требуется крепление стенок выемок,
- приток воды в котлован может вызвать ослабление оснований зданий, расположенных рядом со строящимся объектом.

Открытый водоотлив используют в глинистых и песчаных пылеватых грунтах с коэффициентом фильтрации **менее 1 м/сут.**



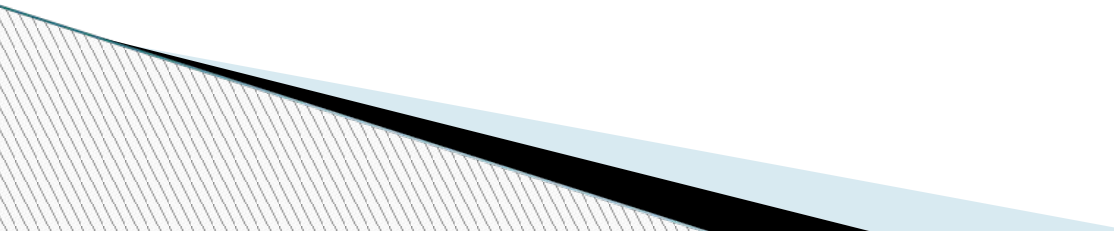
Искусственное понижение уровня грунтовых вод — более совершенный, но и более сложный метод борьбы с притоком воды в выемку.

Понижение уровня грунтовых вод обеспечивают путем непрерывной откачки из специальных скважин, расположенных вокруг котлована или вдоль траншеи. Метод применяют в грунтах с высоким коэффициентом фильтрации (**более 2 м/сут**).

Водопонижение обеспечивает снижение уровня грунтовых вод ниже дна будущей выемки.

Грунт, теперь обезвоженный, разрабатывается как грунт естественной влажности.

Для искусственного водопонижения разработано несколько эффективных способов, основными из которых являются **иглофильтровой, вакуумный и электроосмотический**.



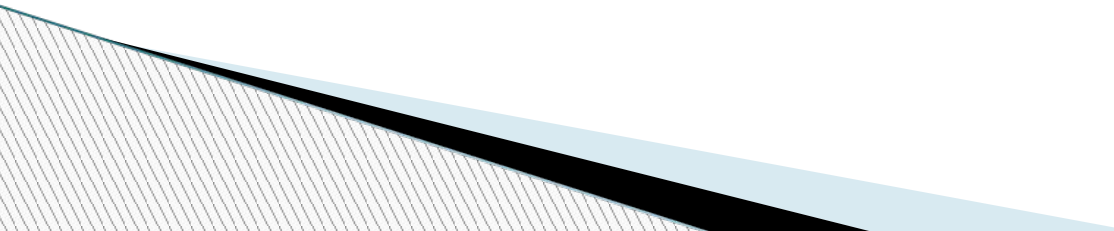
Иглофильтровый способ искусственного понижения грунтовых вод — применяют **легкие иглофильтровые установки** (стальные трубы с фильтрующим звеном в нижней части, водосборный коллектор, самовсасывающий вихревой насос с электродвигателем).

Стальные трубы погружают по периметру котлована.

Фильтрующее звено состоит из наружной перфорированной (внизу наконечник с шаровым и кольцевым клапанами) и внутренней глухой трубы.

На поверхности земли иглофильтры присоединяют водосборным коллектором к насосной установке.

Из-за дренирующих свойств грунта, уровень грунтовых вод (УГВ) понижается и в окружающих грунтовых слоях, образуя новую границу УГВ (**депрессионная кривая**).



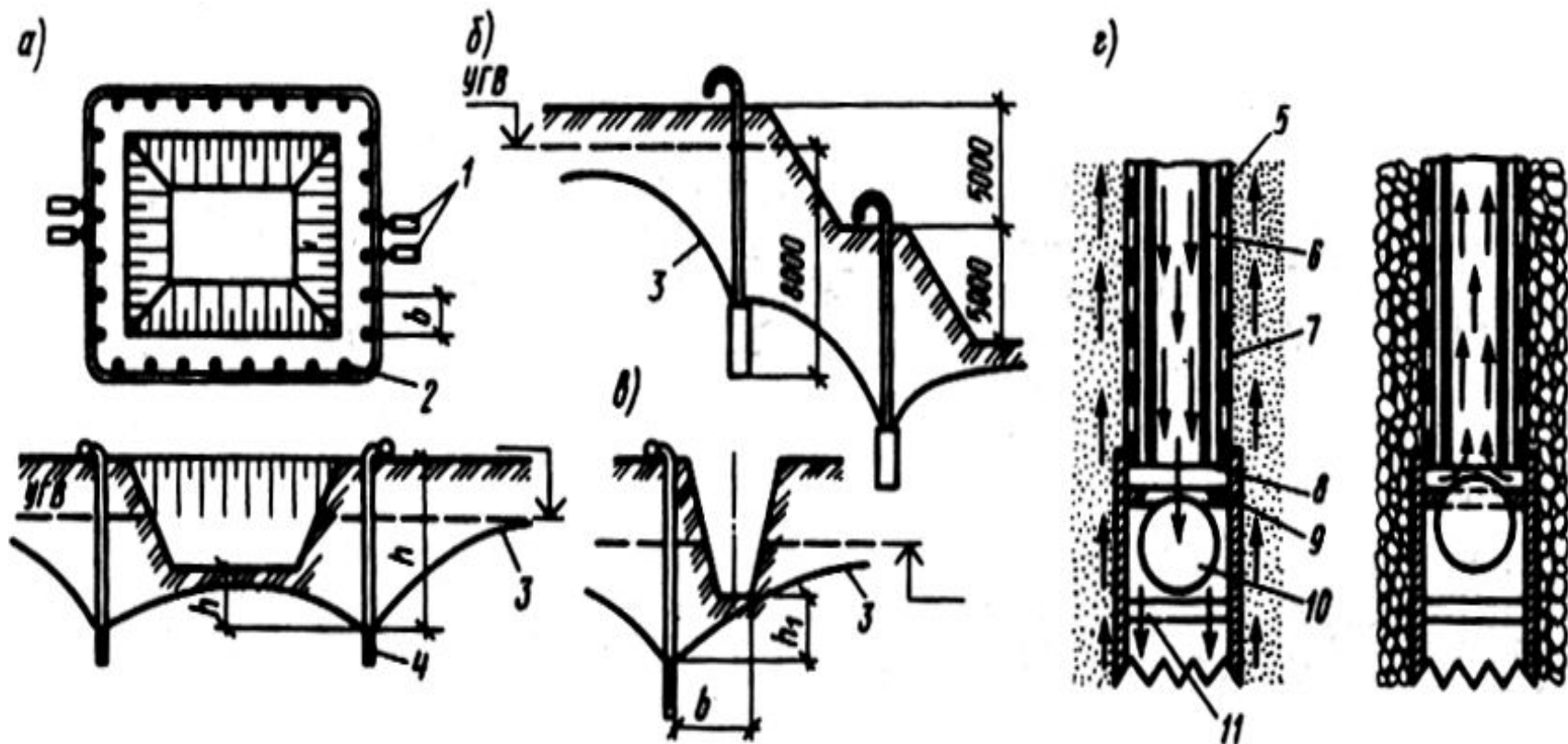


Схема иглофильтрового способа понижения уровня грунтовых вод:

- а) для котлована при одноярусном расположении иглофильтров;
 б) то же, при двухъярусном; в) для траншеи; г) схема работы фильтрующего звена при погружении в грунт и в процессе откачки воды;
- 1 – насосы; 2 – кольцевой коллектор; 3 – депрессионная кривая;
 4 – фильтрующее звено; 5 – фильтрационная сетка; 6 – внутренняя труба;
 7 – наружная труба; 8 – кольцевой клапан; 9 – гнездо кольцевого клапана;
 10 – шаровой клапан; 11 – ограничитель

Иглофильтры погружают в грунт в **пробуренные скважины** или путем нагнетания в трубу иглофильтра воды под давлением до 0,3 МПа (**гидравлическое погружение**).

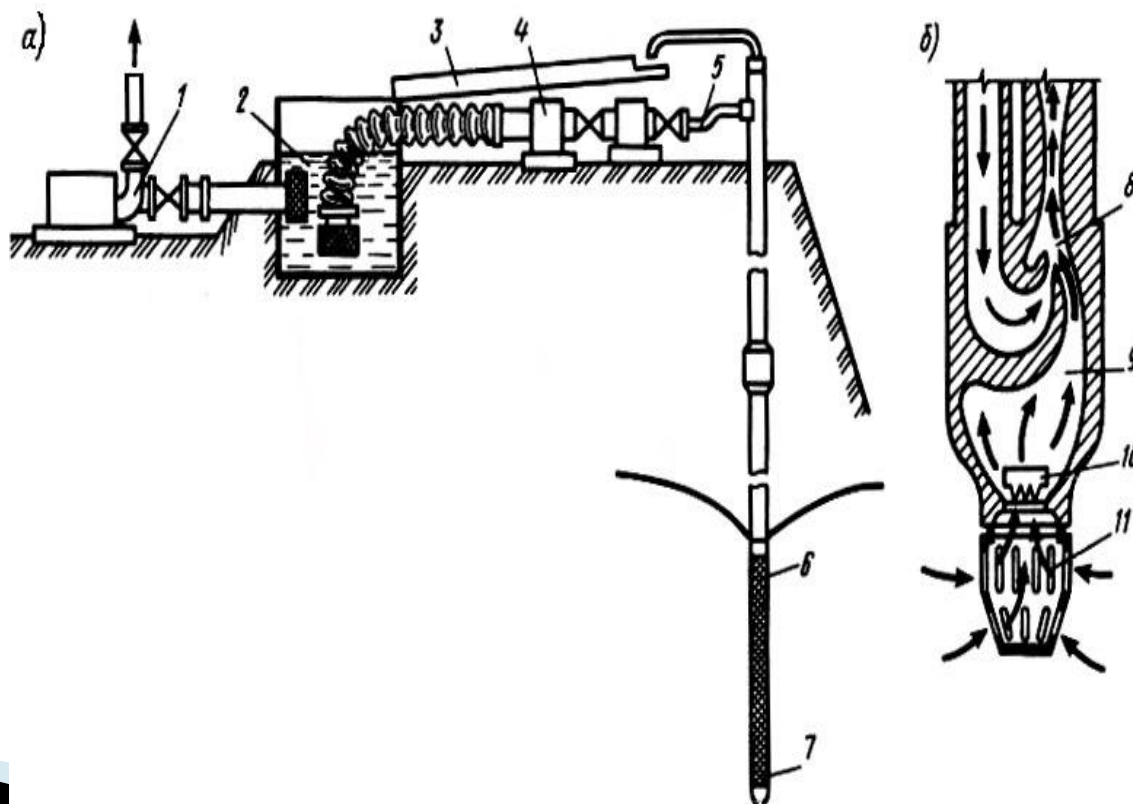
Применение иглофильтровых установок наиболее эффективно в чистых песках и песчано-гравелистых грунтах. Наибольшее водопонижение, достигаемое в средних условиях одним ярусом иглофильтров, составляет **около 5 м**.

Иглофильтры располагают на расстоянии 0,5 м от бровки котлована.

Расстояние между иглофильтрами назначают:

- для среднезернистых грунтов при коэф. фильтрации 2...60 м/сут в пределах 1...1,5 м,
- в сильно фильтрующих песчано-гравелистых грунтах расстояние сокращают до 0,75 м.

Вакуумный способ водопонижения – применяют вакуумные (эжекторные) водопонижительные установки в мелкозернистых грунтах, когда ЛИУ нецелесообразны (мелкозернистые пески, супеси, илстые с коэф. фильтрации $0,02 \dots 1$ м/сут),
При работе вакуумных водопонижительных установок вакуум возникает в зоне эжекторного иглофильтра.

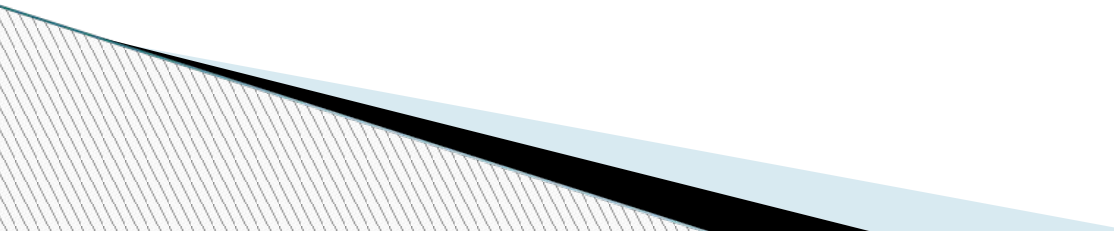


Фильтровое звено эжекторного иглофильтра устроено по принципу легкого иглофильтра, а **надфильтровое звено** состоит из наружной и внутренней труб с эжекторной насадкой.

Рабочую воду под давлением 750...800 кПа подают между внутренней и наружной трубами, далее через эжекторную насадку она устремляется вверх по внутренней трубе.

В результате резкого изменения скорости движения рабочей воды в насадке **создается разрежение**, и тем самым обеспечивается подсос грунтовой воды.

Вакуум создается в глубине иглофильтра, что обеспечивает более интенсивный отсос воды из грунтов с незначительной фильтрационной способностью.



Электроосмос

используют для расширения области применения иглофильтровых установок в грунтах с коэффициентом фильтрации **менее 0,05 м/сут.**

В этом случае наряду с иглофильтрами **в грунт на расстоянии 0,5...1 м от иглофильтров со стороны котлована** погружают стальные трубы или стержни на глубину, идентичную погружению иглофильтров.

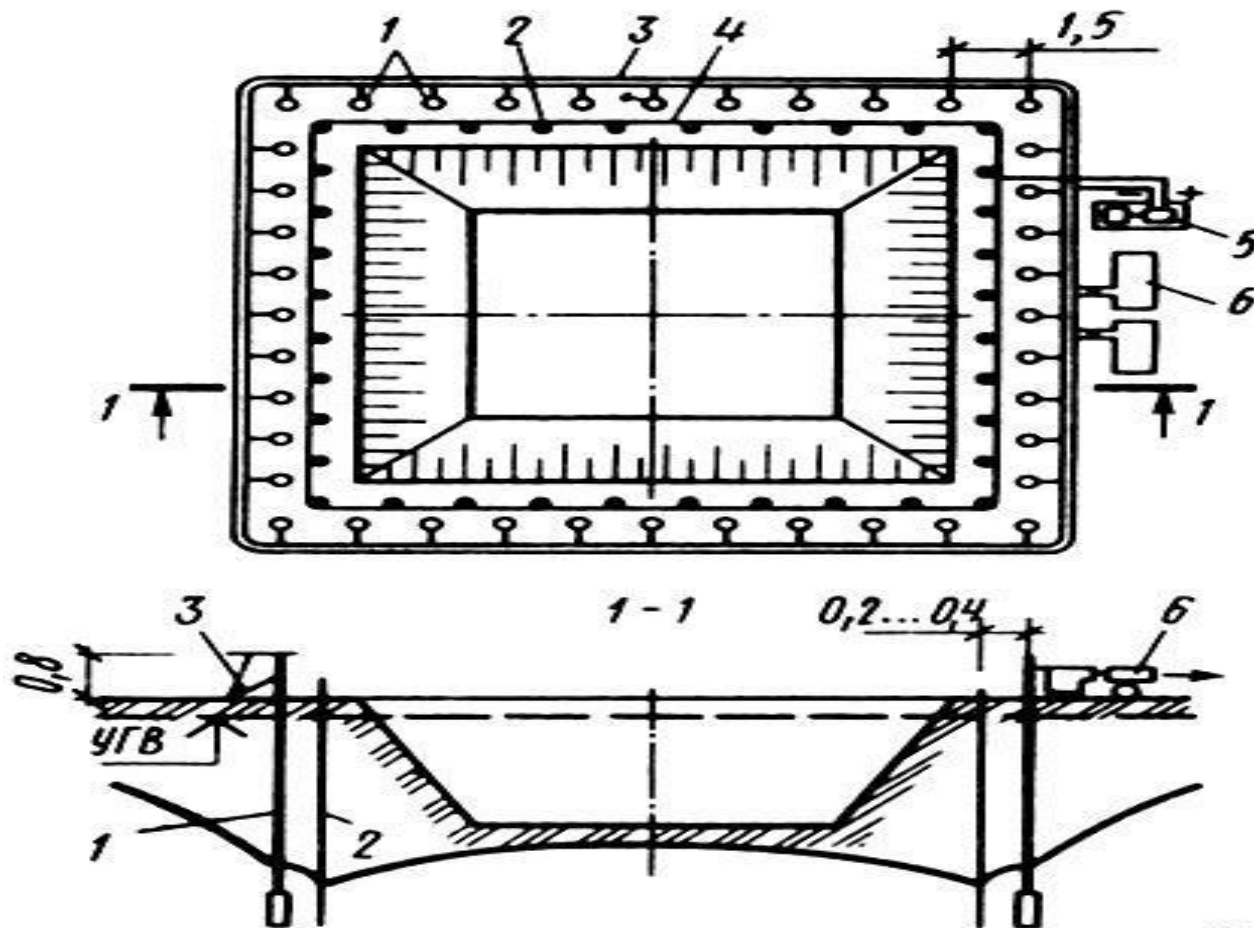


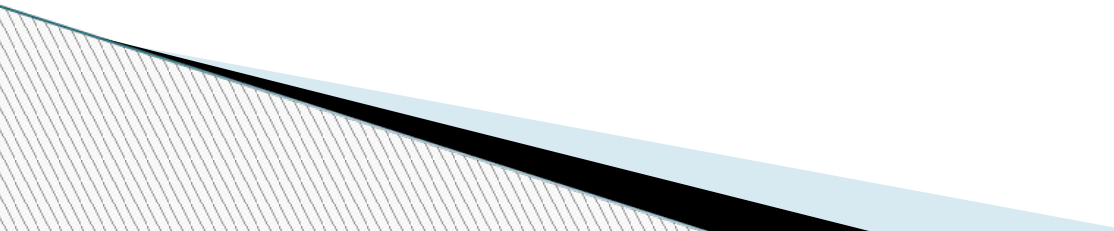
Рис. Схема водопонижения с использованием электроосмоса (размеры в м):

1 – иглофильтр (катод); 2 – труба (анод); 3 – коллектор; 4 – токопровод;
5 – генератор постоянного тока; 6 – насос

Иглофильтры подключают к отрицательному (**катод**), а трубы или стержни – положительному полюсу (**анод**). Электроды размещают в шахматном порядке. Шаг анодов и катодов в своем ряду принимают **0,75...1,5 м**.

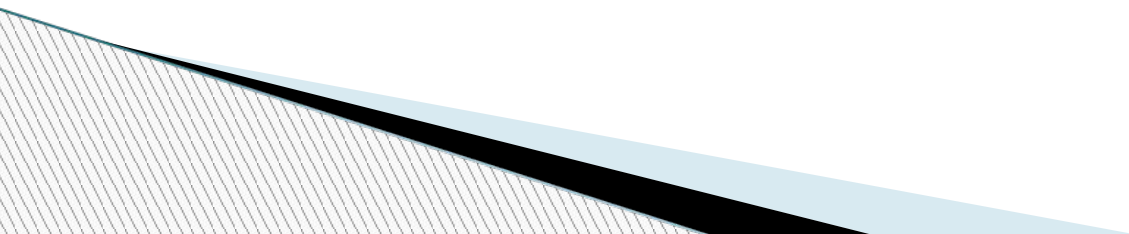
В качестве источника электропитания применяют сварочные аппараты. Мощность определяют из необходимой силы тока $0,5...1$ А на 1 м^2 площади при напряжении $30...60$ В. Под действием тока вода в порах грунта перемещается по направлению к иглофильтрам.

Благодаря **электроосмосу** коэффициент фильтрации грунта **возрастает в 5...25 раз**.



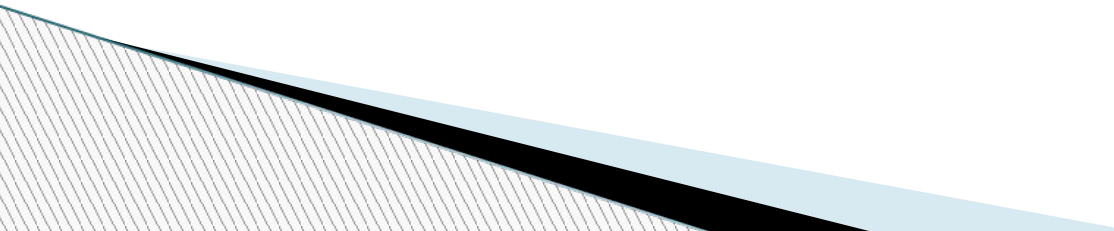
Для понижения уровня грунтовых вод на глубину более 20 м применяют **водопонижающие скважины**. Скважины устраивают **в обсадных трубах** диаметром до 400 мм и оборудуют фильтрами. Воду из скважин откачивают высоконапорными **насосами**.

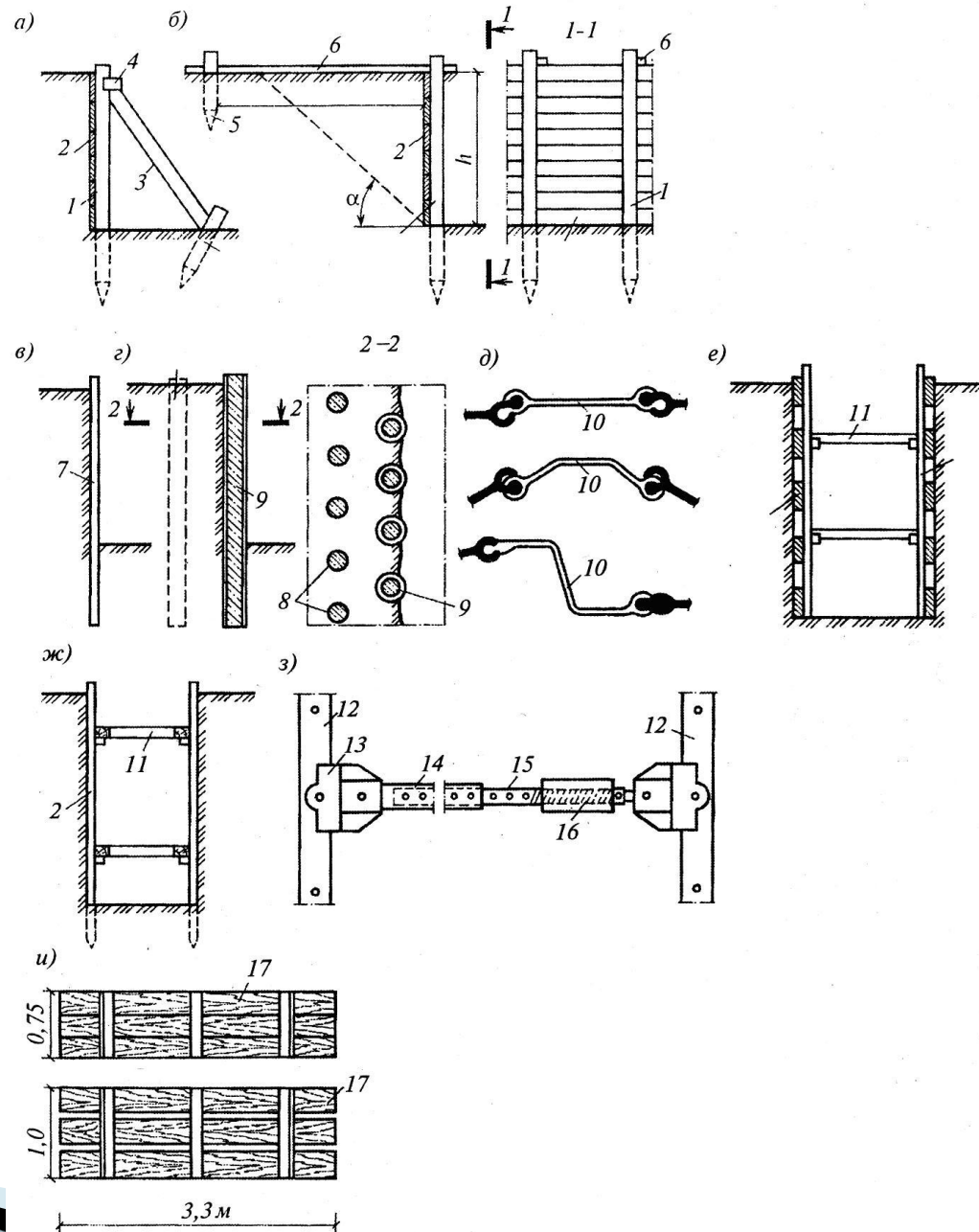
Откачки грунтовых вод **опасны на застроенных городских территориях**, так как они могут вызвать **оседание земной поверхности, деформации** зданий и сооружений



8.4 Обеспечение устойчивости стенок котлованов и траншей в процессе их разработки. Искусственное закрепление грунтов.

Временное крепление стенок земляного сооружения может быть выполнено в виде деревянного или металлического шпунта, деревянных щитов с опорными стойками, щитов с распорными рамами, с подкосным креплением стенок и ряда других конструкций.



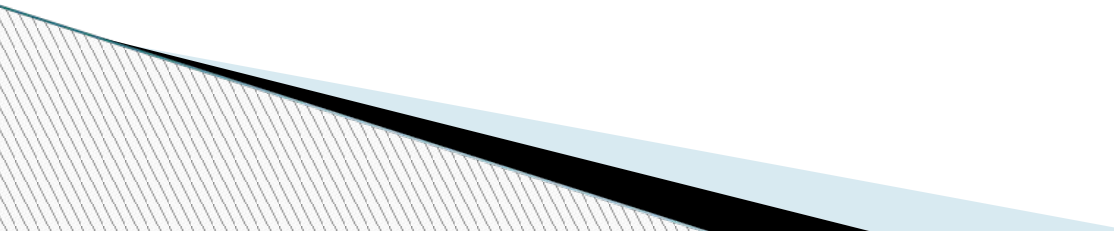


Шпунтовое ограждение — надежный, но самый дорогой из существующих способов. Применяют при разработке выемок в водонасыщенных грунтах вблизи существующих зданий.

Шпунт (метал, древесина), забивают на глубину, большую чем глубина будущего котлована **на 2...3 м.**

Шпунт забивают до разработки выемки.

В качестве **металлических стоек** используют прокатные профили (швеллер, двутавр, трубы) или **специально выпускаемый прокат**. Шпунт может быть **сплошным в виде единой стенки**. Если **шпунт прерывистый**, то между стойками по мере отрывки котлована **забивают деревянную забирку** — щиты, отдельные доски, брусья.



Распорное крепление применимо для узких траншей глубиной 2...4 м в сухих и маловлажных грунтах и **состоит из вертикальных стоек, горизонтальных досок, дощатых (сплошных или несплошных) щитов и распорок,** прижимающих стойки и щиты к стенкам траншеи.

Стойки, как и распорки, устанавливают по длине траншеи через 1,5...1,7 м одна от другой и по высоте через 0,6...0,7 м.

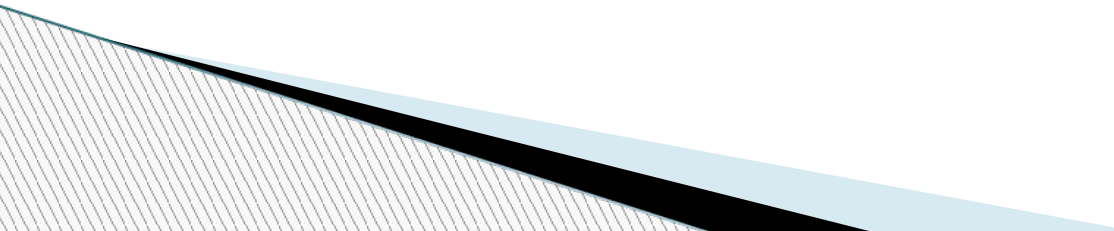
горизонтальную забирку устраивают из досок толщиной 5 см с зазорами на ширину доски, при глубине более 3 м забирку делают сплошной

Распорное крепление трудоемко и затрудняет производство работ при прокладке коммуникаций.

Вместо деревянных стоек и распорок используют **инвентарные распорные рамы**. **Распорка телескопического типа** состоит из **труб, поворотной муфты и опорных частей**. В зависимости от ширины траншеи расстояние между стойками устанавливают путем выдвижения внутренней трубы из наружной. Полное прижатие щитов к стенкам выемки осуществляют поворотом до упора муфты с винтовой нарезкой.

Анкерное крепление.

Для восприятия опрокидывающих моментов, от действия грунта на ограждения выемок, применяют анкерные устройства (**грунтовые анкеры**).

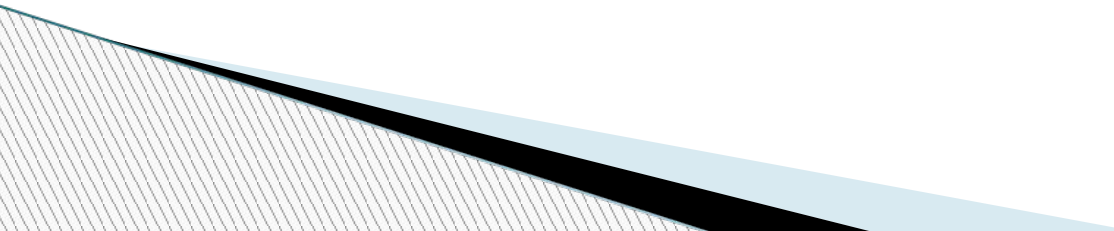


Наиболее простое **анкерное крепление**: на уровне дна вдоль стенок забивают с шагом 1,5...2,0 м стойки на глубину 0,5...1,0 м ниже уровня дна котлована. Эти стойки на уровне верха котлована оттягивают **анкерными тягами** на расстояние, превышающее угол естественного откоса и прикрепляют к **наклонно забитому анкеру**.

За закрепленными стойками укладывают **щиты или доски**. Анкерные тяги заглубляют в грунт, чтобы они не мешали передвижению людей по бровке котлована.

Подкосное крепление устраивают внутри земляного сооружения при отрывке широких котлованов. Крепление состоит из **щитов (досок)**, прижатых к грунту **стойками, раскрепленными подкосами** с защемлением с помощью упоров.

Крепление используют ограниченно, т.к. подкосы и упоры усложняют производство основных работ.

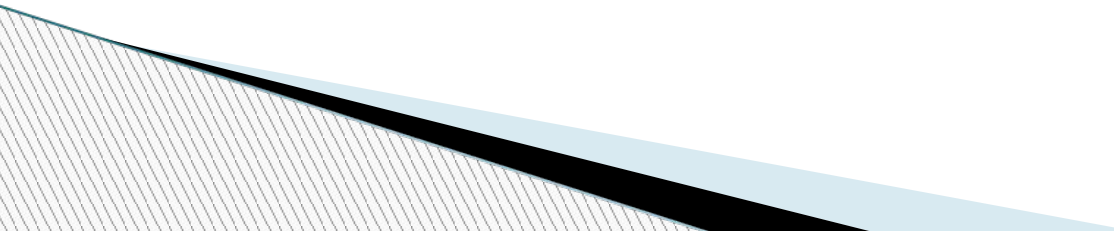


Искусственное закрепление грунтов

применяют при создании вокруг разрабатываемых выемок водонепроницаемых завес или повышения несущей способности грунтовых оснований:

замораживание, цементация, силикатизация, битумизация, термический, химический, электрохимический и другие способы.

Замораживание — в очень водонасыщенных грунтах при разработке глубоких выемок. По периметру погружают замораживающие колонки из труб, соединяют их между собой трубопроводом. В трубы нагнетают специальную жидкость — рассол (растворы солей с низкой температурой замерзания), охлажденный холодильной установкой до $-20...25\text{ }^{\circ}\text{C}$



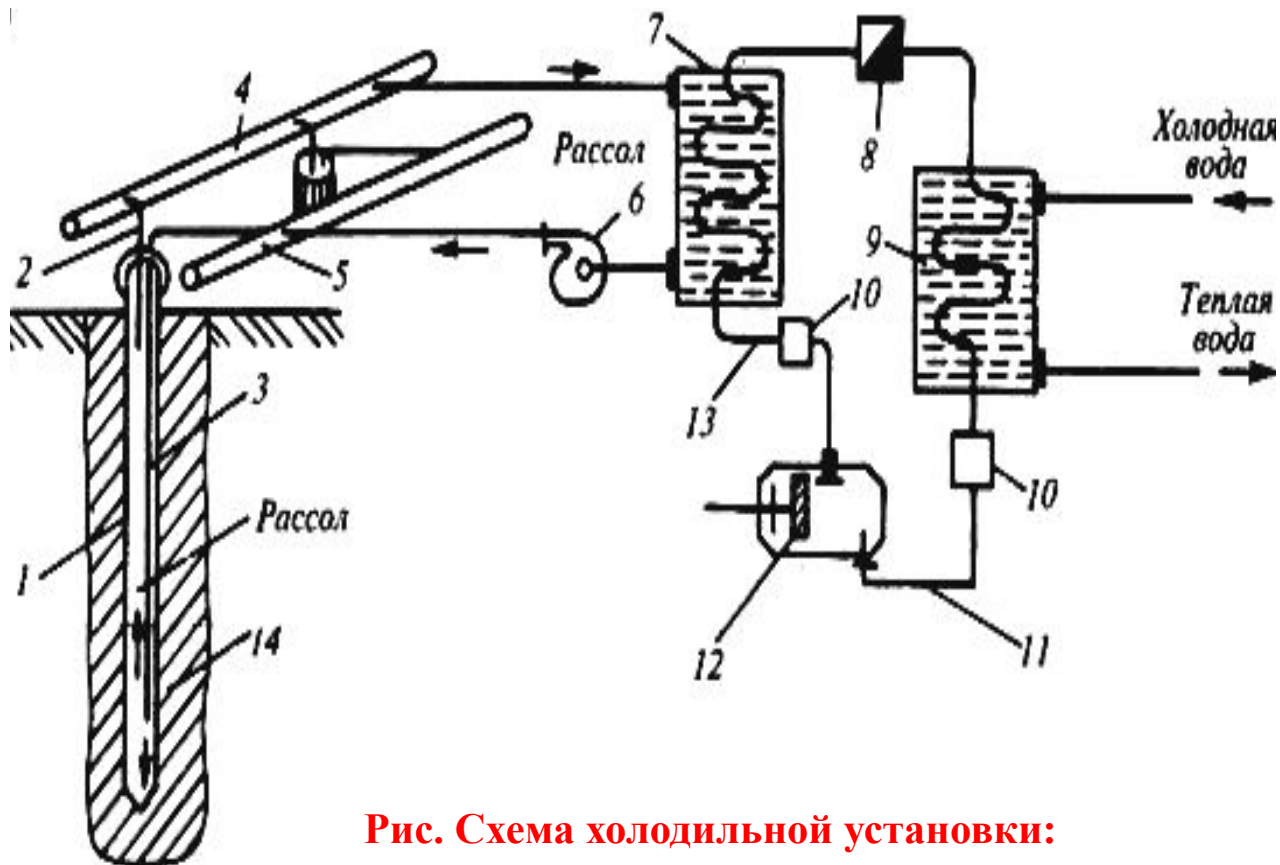


Рис. Схема холодильной установки:

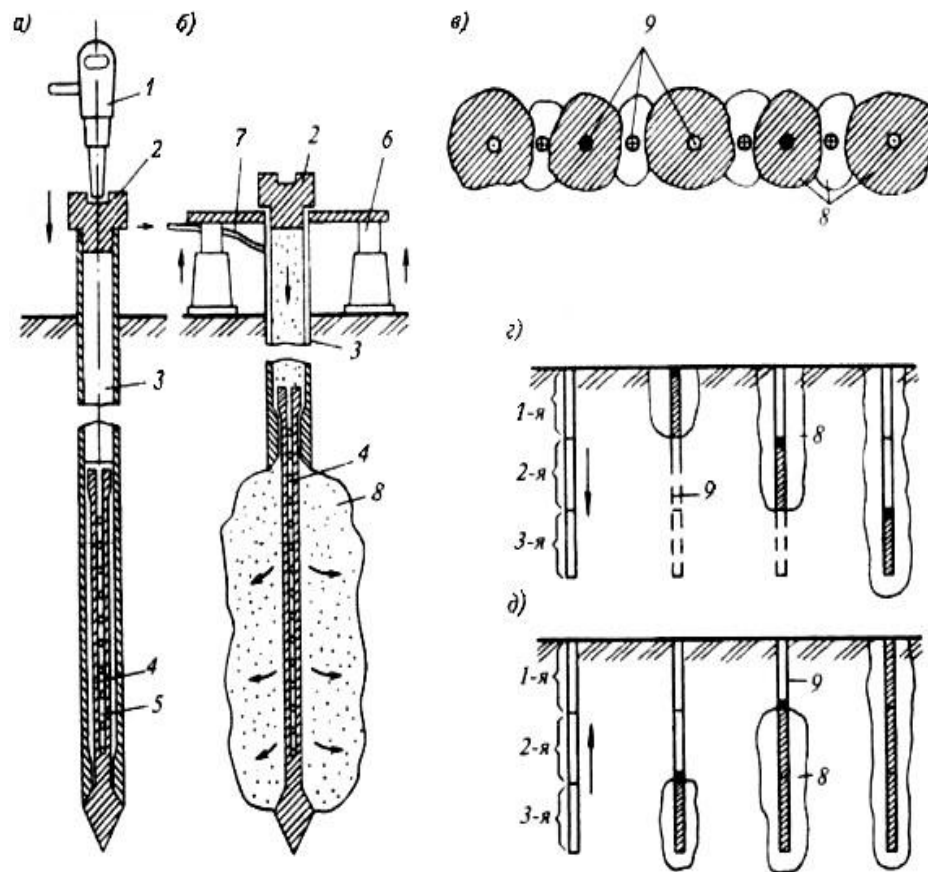
- 1 – замораживающая колонка; 2 – отводящая труба;
 3 – питающая труба; 4 – коллектор; 5 – распределитель;
 6 – циркуляционный насос; 7 – испаритель; 8 – терморегулирующий вентиль;
 9 – конденсатор; 10 – маслосборник; 11 – линия низкого давления хладоносителя;
 12 – компрессор; 13 – линия высокого давления хладоносителя; 14 – замороженный грунт

Рассол поступает во внутреннюю трубу, затем в нижней части колонки переходит в наружную трубу. Окружающий грунт замерзает **концентрическими цилиндрами**. Эти цилиндры смерзаются **в сплошную стенку мерзлого грунта**, которая выполняет функцию конструкции ограждения временной выемки. Расстояние между колонками **от 1,5 до 3 м**.

Цементация осуществляется для закрепления крупно- и среднезернистых песков и выполняется путем нагнетания в грунт цементного раствора через **инъекторы**.

На глубину до 15 м **инъекторы** погружаются забивкой пневматическими молотами, вибропогружателями. Через инъекторы подается **цементный раствор** состава от 1:1 до 1:10 по массе (цемент : вода)

Радиус закрепления **в песках** — **0,3...0,75 м**, прочность укрепленных грунтов может достигать 3,5 МПа.



Цементация оснований:

а) погружение иньектора; б) нагнетание раствора; в) последовательность нагнетания раствора при устройстве противофильтрационной завесы; г) схема цементации нисходящими зонами; д) схема цементации восходящими зонами; 1 – отбойный молоток; 2 – оголовок; 3 – труба-удлинитель; 4 – перфорированная часть с острием; 6 – домкраты; 7 – растворопровод; 8 – зоны цементации; 9 – скважины; 1-я, 2-я и 3-я – зоны цементации по высоте

Силикатизация (химический способ) — последовательное нагнетание в грунт водного раствора силиката натрия (**жидкого стекла**) и ускорителя твердения (раствора соли хлора, обычно **хлористого кальция**).

В грунт последовательно нагнетают при давлении до 15 атм (1,5 МПа) раствор жидкого стекла и хлористого кальция, которые в результате химической реакции образуют нерастворимое вещество (гель кремниевой кислоты), прочно соединяющее в единый монолит примыкающий естественный грунт

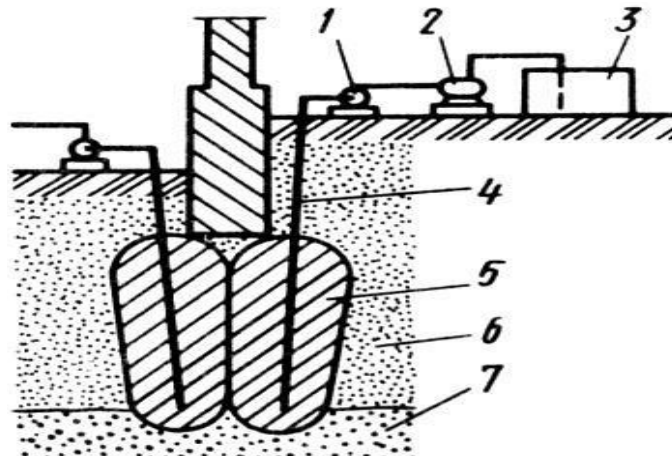


Схема установки для химического закрепления грунтов

Битумизация — для закрепления песчаных и сильно трещиноватых грунтов и для прекращения фильтрации воды.

Горячий битум нагнетают в грунт через **инъекторы**, установленные скважинах. К **инъекторам**, обогреваемым электрическим током, горячий битум подается из котлов **насосом** по трубам при давлении, достигающем 50...80 атм (5...8 МПа).

Термическое укрепление грунтов заключается в обжиге лессовидных и пористых суглинистых грунтов раскаленными газами через пробуренные в грунте скважины диаметром 10...20 см. Скважины пробуривают в шахматном порядке **на расстоянии друг от друга 2...3 м и на глубину до 15 м**

К форсунке по шлангам подается топливо и сжатый воздух. В процессе обжига в скважине **температура 600...1100 °С** - происходит процесс спекания грунта. Обжиг 5...10 сут, образуется **керамическая свая диаметром 2...3 м**.

Электрохимическое закрепление грунтов применяют для глинистых и илистых грунтов.

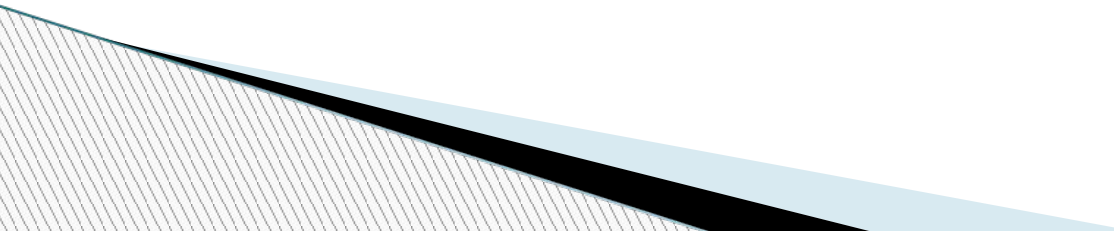
При погружении в грунт чередуют через ряд металлические стержни (аноды) и трубы (катоды), через которые в грунт подается раствор хлористого кальция, силиката натрия и других химических добавок.

В результате насыщения грунта раствором хлористого кальция и пропускания электрического тока в грунте происходят необратимые изменения, увеличиваются их прочностные характеристики.

8.5 Определение объемов разрабатываемого грунта котлованов, выемок и насыпей линейно-протяженных сооружений.

Для основных производственных процессов объёмы разрабатываемого грунта определяют в кубических метрах в плотном теле. Для некоторых подготовительных и вспомогательных процессов объёмы определяют в квадратных метрах поверхности.

Подсчет объемов разрабатываемого грунта сводится к определению объемов различных геометрических фигур, определяющих форму того или иного земляного сооружения. При этом допускается, что объем грунта ограничен плоскостями и отдельные неровности не влияют на точность расчета.



В практике промышленного и гражданского строительства приходится главным образом рассчитывать объемы котлованов, траншей (и других протяженных сооружений) и объемы выемок и насыпей при вертикальной планировке площадок.

Определение объемов при разработке котлованов и траншей

Котлован представляет собой с геометрической точки зрения обелиск, объем которого V подсчитывают по формуле:

$$V = H / (2a + a_1)b + (2a_1 + a)b_1 / 6,$$

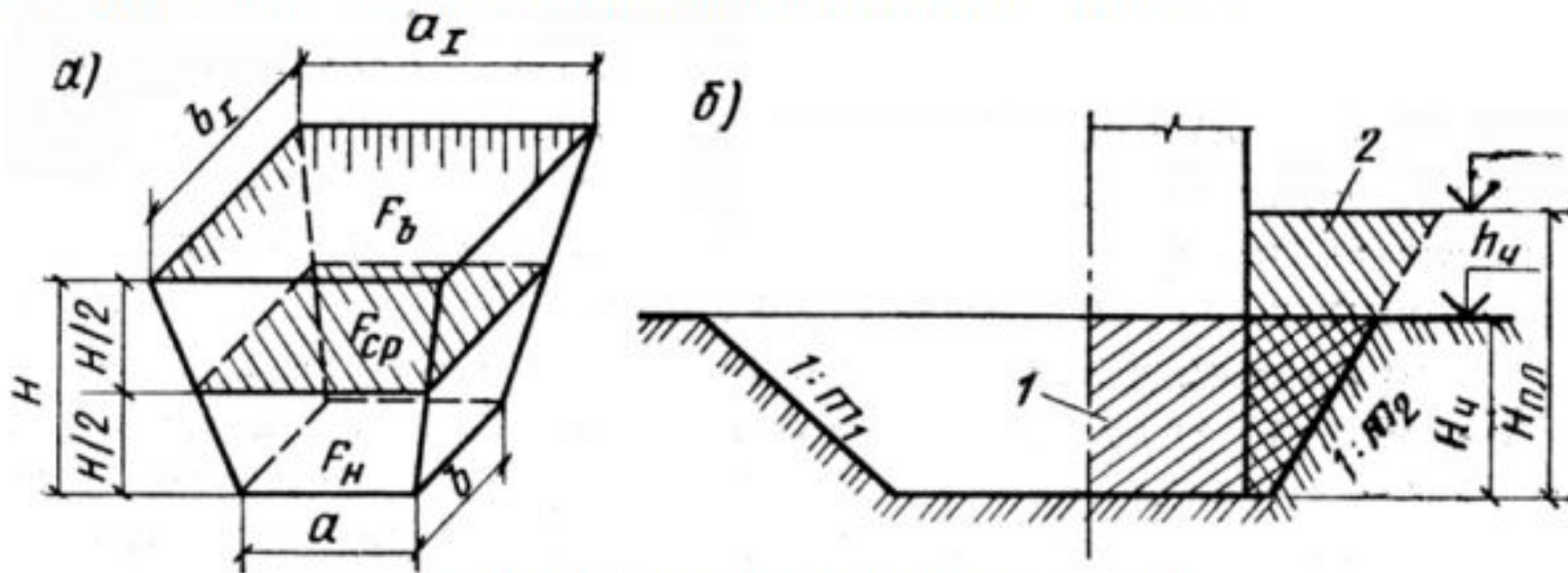
где H — глубина котлована, вычисленная как разность между средней арифметической отметкой верха котлована по углам (отметки местности на участке планировочной насыпи и проектной на участке планировочной выемки) и отметкой дна котлована;

a, b - длины сторон котлована (принимают равными размерам нижней части фундамента у основания с рабочим зазором около 0,5 м с каждой стороны),

$a = a' + 0,5 \cdot 2$, $b = b' + 0,5 \cdot 2$; a', b' -размеры нижней части фундамента;

a_1, b_1 - длины сторон котлована поверху, $a_1 = a + 2H \cdot m$; $b_1 = b + 2H \cdot m$;

m — коэффициент откоса (нормативная величина).



Определение объема котлована:

- а – геометрическая схема определения объема котлована;
 б – разрез котлована постоянного (откос 1:2) и временного (откос 1:1);
 1 – объем выемки; 2 – объем засыпки

Для определения **объема обратной засыпки пазух котлована**, когда объем его известен, нужно из объема котлована вычесть объем подземной части сооружения:

$$V_{\text{об.з}} = V - (a' \cdot b') \cdot H$$

При расчете объемов траншей и других линейно-протяженных сооружений в составе их проектов должны быть представлены продольные и поперечные профили. Продольный профиль разделяют на участки между точками перелома по дну траншеи и дневной поверхности. Для каждого такого участка объем траншеи вычисляют отдельно, после чего их суммируют. Траншея, протяженная выемка и насыпь на участке между пунктами 1 и 2 представляют собой трапецеидальный призматок (рис.), объем которого может быть определен приближенно:

$$V_{1-2} = (F_1 + F_2) L_{1-2} / 2 \text{ (завышенный),}$$

$$V_{1-2} = F_{\text{ср}} L_{1-2} \text{ (заниженный),}$$

где F_1, F_2 – площади поперечного сечения в соответствующих пунктах
 продольного профиля, определяемые как $F = aH + H^2m$;
 F_{cp} – площадь поперечного сечения на середине расстояния между
 пунктами 1 и 2.

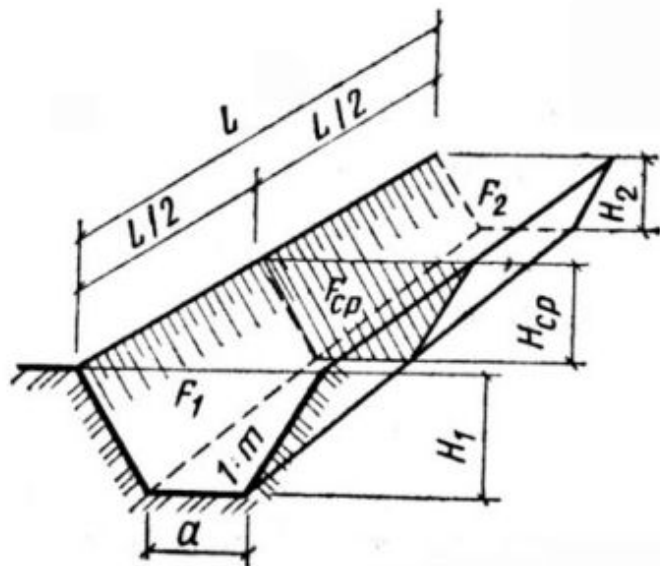


Схема определения
 объема траншеи

Более точное значение объема призматоида находят по
 формулам:

$$V_{1-2} = F_{cp} + [m(H_1 + H_2)^2/12]L_{1-2},$$

$$V_{1-2} = [F_1/2 + F_2/2 - m(H_1 - H_2)^2/6] L_{1-2}.$$

8.6 Определение объемов земляных работ при вертикальной планировке площадок, распределение грунта на основе баланса земляных масс.

Подсчет объемов планировочных работ производят или способом треугольных призм, или по средней отметке квадратов.

При первом способе планируемый участок разбивают на квадраты со стороной (в зависимости от рельефа местности) 25-100 м; квадраты делят на треугольники, в вершинах которых выписывают рабочие отметки планировки.

Если отметки (H_1 , H_2 , H_3) имеют одинаковый знак (выемка или насыпь), объем каждой призмы определяют по формуле:

$$V = a^2/6 (H_1 + H_2 + H_3)$$

При разных знаках рабочих отметок подсчитывают суммарный объем насыпки и выемки; объемы можно определить вычитанием объема пирамиды **ABCD** из общего объема призмы **ADHYGE**.

На план наносят сетку квадратов со стороной 10–50 м и линии границ насыпей и выемок. Объем планировки каждого квадрата подсчитывается, исходя из средних по квадрату рабочих отметок планировки. Объем насыпей и выемок линейных сооружений (дороги, каналы) на прямолинейных участках сооружения определяется обычно по таблицам. Для сооружений с криволинейной осью по формуле Гюльдена:

$$V = F \cdot \pi \cdot r \cdot \alpha / 180^\circ,$$

где V -объем земляного сооружения, м^3 ,

F - площадь сечения поперечника, м^2 ,

r - радиус кривизны оси тела земляного сооружения, м,

α - центральный угол поворота крайних профилей, ограничивающих криволинейный участок, град.

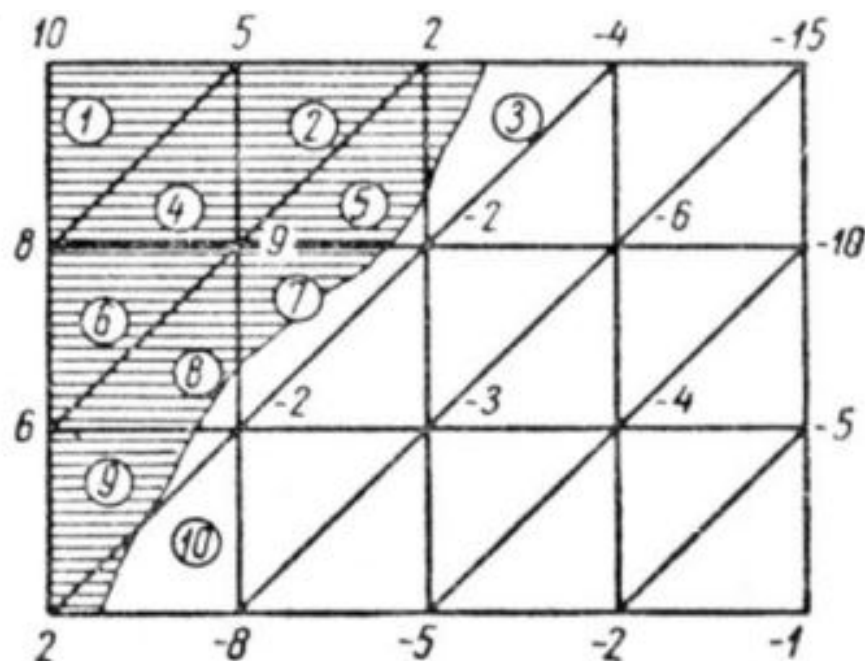


Рис. 3.14. Схема подсчета объемов земляных работ способом треугольных призм:

а- разбивка участка (цифры в кружках – номера призм; цифры на пересечении линий – рабочие отметки);
б- треугольная призма при рабочих отметках одного знака;
в- тоже при разнозначных отметках

По методу средней отметки квадратов подсчет планировочных объемов производят, пользуясь планом с горизонталями через 0,25–0,5 м для равнинной и 0,5–1 м для горной местности.

Подсчет объема земляных конусов у искусственных сооружений производится:

- при одинаковой крутизне откоса земляного полотна и откоса конуса – по формуле:

$$V = \frac{\pi H}{24} [3(b - b_1 + mH)^2 + m^2 H^2],$$

где V_1 – объем обоих конусов, м^3 ,

H – высота насыпи в сечении по обрезу фундамента, м,

b – ширина полотна, м,

b_1 – ширина устоя, м,

m – показатель откоса земляного полотна и конусов,

- при разной крутизне откоса земляного полотна и откоса конуса – по формуле:

$$V_1 = \frac{\pi H}{6} \left[3 \frac{b - b_1}{2} (x - \alpha) + 1,5 \frac{b - b_1}{2} nH + 1,5(x - \alpha)mH + mnH^2 \right],$$

где n – показатель откоса конуса,

x – полная величина захода земляного полотна на устой на уровне бровки, м,

α – величина захода прямолинейной части земляного полотна, м.

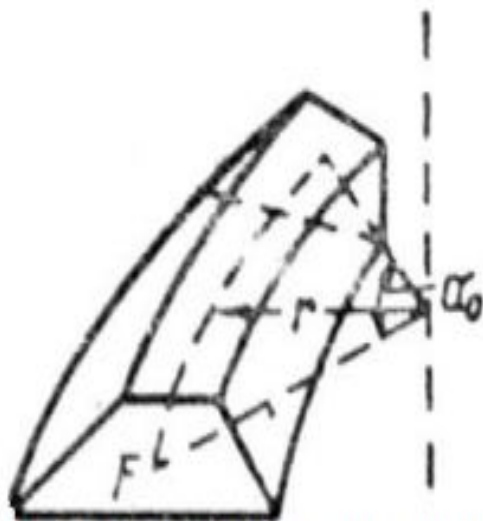


Рис. 3.15. Линейное земляное сооружение с криволинейной осью

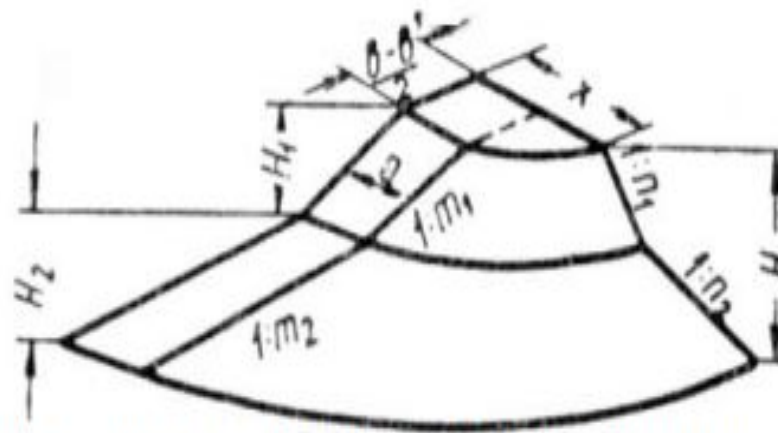


Рис.3.16. Откосы земляного полотна у мостовых конусов