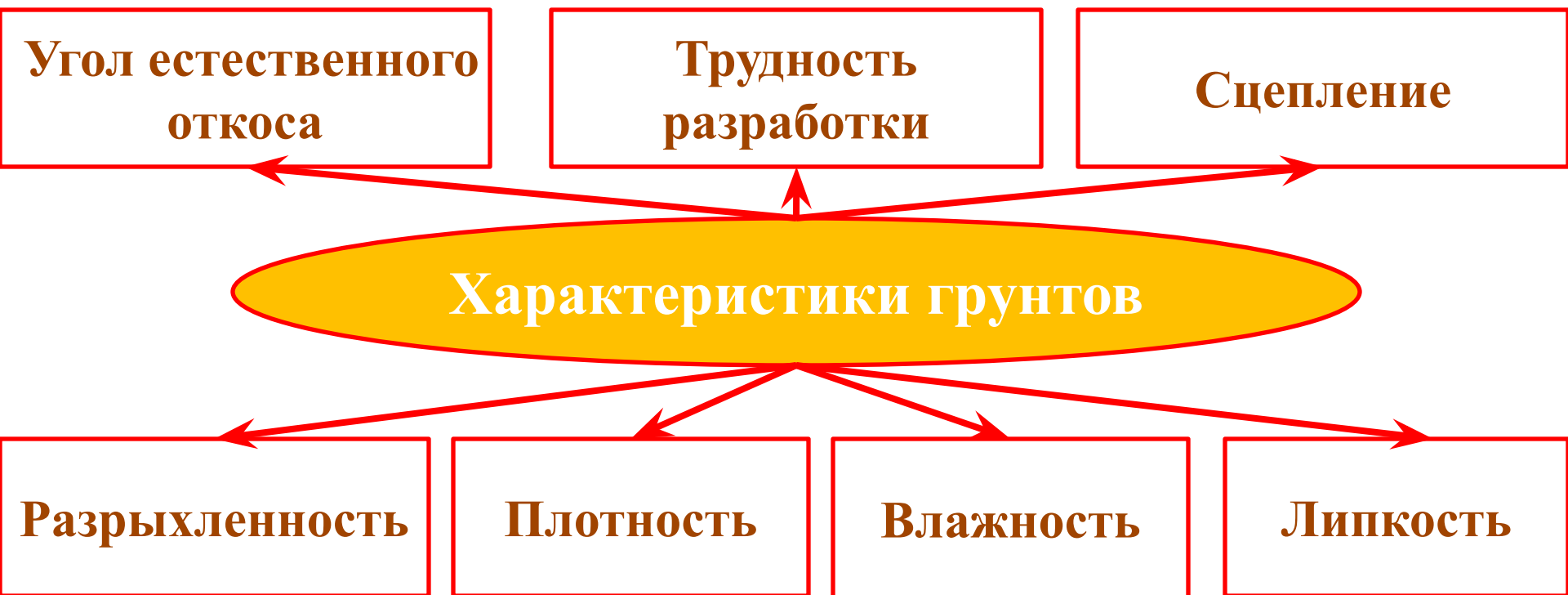


**Основные  
положения  
технологии процесса  
переработки грунта.**

# §1. Грунты и их строительные свойства

- В строительном производстве грунтами называют породы, залегающие в *верхних слоях земной коры* и представляющие собой главным образом *рыхлые и скальные породы*.



- **Плотность** - масса 1 м<sup>3</sup> грунта в естественном состоянии (в плотном теле).
  - Плотность песчаных и глинистых грунтов - 1,6... 2,1 т/м<sup>3</sup>,
  - Скальных неразрыхленных грунтов — до 3,3 т/м<sup>3</sup>.
- **Влажность** характеризуют степенью насыщения грунта водой, (Отношение массы воды в грунте к массе твердых частиц грунта)
  - Более 30% грунты считают мокрыми,
  - При влажности до 5% - сухими.
- **Липкость** - способность грунта при определенной влажности прилипать к поверхности различных предметов.  
(Определяют усилием, необходимым для отрыва прилипшего предмета от грунта (для глин до 0,05 Мпа\*)).

*Большая липкость усложняет выгрузку грунта из ковша машины или кузова, условия работы транспорта и др.*

\*1 Мегапаскаль (Мпа)  $\approx$  10 атм.

• **Разрыхляемость** - способность грунта увеличиваться в объеме при его разработке (*первоначальное разрыхление*). При этом его плотность уменьшается. Характеризуется коэффициентом разрыхления  $K_r$ . (Отношение объема разрыхленного к объему грунта в естественном состоянии )

Песчаные 1,08...1,17, суглинистые 1,14...1,28 и глинистые 1,24...1,3.

Уложенный в насыпь разрыхленный грунт уплотняется (под массой вышележащих слоев грунта или уплотнения транспортом, смачивания дождем и т. д. Однако грунт не занимает того объема, который он занимал до разработки (*остаточное разрыхление*). Коэффициент остаточного разрыхления  $K_{o.p}$ ,

Песчаные 1,01...1,025, суглинистые 1,015..1,05, глинистые 1,04..1,09.

• **Сцепление** - начальное сопротивление грунта сдвигу. Зависит от вида грунта и его влажности. Сила сцепления для: Песчаных 0,03...0,05 МПа, глинистых - 0,05... 0,3 МПа.

- Угол естественного откоса характеризуется физическими свойствами грунта, при котором он находится в состоянии предельного равновесия.
- Углом естественного откоса грунта называется угол, образованный боковой поверхностью свободно отсыпанного грунта и горизонтальной плоскостью. Величина этого угла зависит от влажности и крупности частиц грунта.
- Для обеспечения устойчивости земляных сооружений (насыпей, выемок) их возводят с откосами.
- Крутизна откосов определяется отношением высоты откоса сооружения к его заложению.
- В соответствии со СНиП разные грунты имеют разные коэффициенты откосов, определяемые их свойствами.
- Крутизна откоса зависит от угла естественного откоса.

## Удельное сопротивление резанию (трудность разработки)

зависит от:

- свойств и показателей разрабатываемого грунта,
- конструктивного исполнения рабочего органа землеройного или землеройно-транспортного оборудования.

С учетом этого в строительном производстве Грунты по трудности разработки классифицируют в группы (ЕНиР2-1-1).

Для одноковшовых экскаваторов грунты подразделяют на 6,

Для многоковшовых экскаваторов и скреперов - на 2,

Для бульдозеров и грейдеров - на 3 группы.

Вручную -на 7 групп.

# §2.Подготовительные и вспомогательные процессы разработки грунта

- Должны обеспечивать:
  - качественное и безопасное производство работ;

В зависимости :

- от местных условий,
- типа возводимого земляного сооружения.

- Включают:

**Разбивку земляных сооружений**

**Водоотлив и понижение уровня грунтовых вод**

**Временное крепление стенок выемок**

**Искусственное закрепление грунтов**

# 2.1. Разбивка земляных сооружений

- Устанавливает и закрепляет положение их на местности.
- Осуществляют с помощью геодезических инструментов и различных измерительных приспособлений.
- Разбивку котлованов 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. После этого 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 вкопанных деревянных столбов и прикрепленных к ним досок. Доска должна быть толщиной не менее 40 мм, иметь обрезную грань, обращенную кверху, и опираться не менее чем на три столбика. Более совершенной является инвентарная металлическая обноска. Для пропуска транспортных средств в обноске должны быть разрывы. При значительном уклоне местности обноски делают с уступами.
- 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 хорошо видимыми колышками или вехами. После возведения подземной части здания основные разбивочные оси переносят на его цоколь.
- Для линейно протяженных сооружений (например, для коллектора) устраивают только поперечные обноски, которые располагают на прямых участках через 50 м, на закруглениях - через 20 м. Обноску устраивают также на всех пикетах и точках перелома профиля.



## 2.1. Разбивка земляных сооружений

1. Створные знаки основных разбивочных осей (главные оси здания I-I и II-II) *выносят и закрепляют на местности.*
2. Вокруг будущего котлована на расстоянии 2-3 м от его бровки параллельно разбивочным осям *устанавливают обноску.*
3. Обноска - забитые в грунт металлические (деревянные) стойки (столбы) и к ним - доски. Лучше - инвентарная металлическая.
4. На обноску переносят основные разбивочные оси и, начиная от них, размечают все остальные оси здания.
5. Размеры котлована поверху, понизу и другие характерные его точки отмечают хорошо видимыми колышками или вехами.
6. После возведения подземной части здания основные разбивочные оси переносят на его цоколь.

## 2.2. Водоотлив и понижение уровня грунтовых вод

- При устройстве выемок, расположенных ниже уровня грунтовых вод, необходимо:
  - осушать водонасыщенный грунт* и обеспечивать таким образом возможность его разработки и устройства выемок,
- В период выполнения в них строительных работ следует:
  - предотвращать попадание* грунтовой воды в котлованы, траншеи и выработки.
- Эффективным технологический прием - *откачка грунтовой воды*.

# Открытый и закрытый водотоллив

На выемках (котлованах и траншеях) уровень грунтовых вод искусственно понижают

Способ	Условия	Время
1) Открытый водоотлив	При малом притоке грунтовых вод	До начала производства работ
2) Закрытый (грунтовый), строительное водопонижение	Значительный приток + большая толщина разрабатываемого водонасыщенного слоя	

# Открытый водоотлив

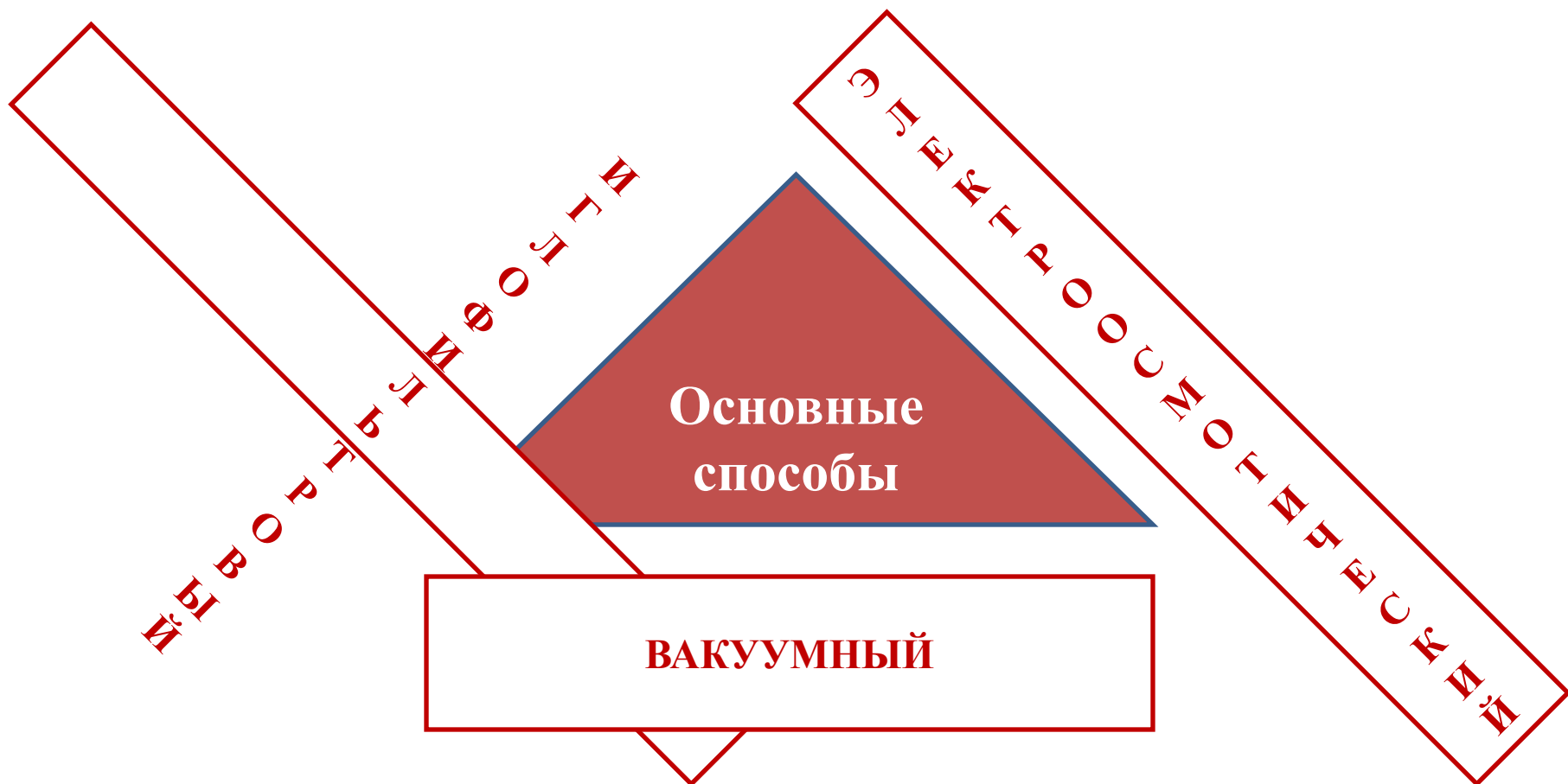
- Откачка протекающей воды непосредственно из котлованов или траншей. Приток воды к котловану (дебит) рассчитывают по формулам установившегося движения грунтовых вод.
- Грунтовая вода, через откосы и дно котлована => водосборные каналы\* => приямки (зумпфы) => насосами.
- Недостаток. Суффóзия грунта. Вода, протекающая через дно и стенки котлованов, разжижают грунт и выносит из него на поверхность мелкие частицы. (В результате - несущая способность грунта в основаниях может снизиться).
- Грунтовый водоотлив, исключаящий просачивание воды через откосы и дно *предпочтительнее*.

\*Водосборные каналы устраивают шириной по дну 0,3...0,6 и глубиной 1...2 м с уклоном 0,01...0,02 в сторону приямков. Приямки в устойчивых грунтах крепят деревянным срубом из бревен (без дна), а в оплывающих - шпунтовой стенкой.

\*\*Суффóзия (от лат. *suffosio* — подкапывание)

# Грунтовый водоотлив

- Обеспечивает снижение уровня ГВ ниже дна будущей выемки.  
Непрерывная откачка воды водопонижительными установками из системы трубчатых колодцев и скважин, расположенных *вокруг котлована* или вдоль траншеи.



# 1) Иглофильтровый способ

- Иглофильтровые установки: стальные трубы с фильтром внизу, водосборный коллектор, самовсасывающий вихревой насос.
  - Погружают в обводненный грунт по периметру котлована.
  - Эффективен в чистых песках и песчано-гравелистых грунтах.
  - Наибольшее понижение уровня грунтовых вод - 5 м.
  - При большей глубине понижения - двухъярусные установки.
- Фильтрующее звено состоит из наружной перфорированной и внутренней глухой трубы.
- Наружная труба внизу имеет наконечник с шаровым и кольцевым клапанами.
- На поверхности земли иглофильтры присоединяют водосборным коллектором к насосу.
- При работе насосов уровень воды в иглофильтрах понижается.
- Из-за дренирующих свойств грунта он понижается и в окружающих грунтовых слоях.

## 2) Вакуумный способ

- Используют для понижения уровня грунтовых вод в мелкозернистых грунтах (иглофильтровые - нецелесообразны).

### Принцип действия.

- Рабочую воду под давлением 750...800 кПа подают в кольцевое пространство между внутренней и наружной трубами, и через эжекторную насадку => вверх по внутренней трубе.
- В результате резкого изменения скорости движения рабочей воды в насадке создается разрежение и тем самым обеспечивается подсос грунтовой воды.
- Грунтовая вода смешивается с рабочей и направляется в циркуляционный резервуар,
- Из него избыток воды (за счет поступления грунтовой) откачивается низконапорным насосом или сливается самотеком.

# 3) Явление электроосмоса

- Э... - движение жидкости через капилляры или пористые диафрагмы при наложении внешнего электрического поля.
- Наряду с иглофильтрами в грунт на расстоянии 0,5...1 м от иглофильтров в сторону котлована погружают стальные трубы или стержни. Иглофильтры подключают к отрицательному (катод), а трубы или стержни - к положительному полюсу источника постоянного тока (анод).

## Принцип действия

- Электроды размещают друг относительно друга в шахматном порядке. Шаг одинаков - около 0,75... 1,5 м.
- Аноды и катоды погружают на одну и ту же глубину.
- Под действием электрического тока вода, содержащаяся в порах грунта, освобождается и перемещается в сторону иглофильтров.
- За счет движения воды коэффициент фильтрации грунта увеличивается в 5...25 раз.



## 2.3. Временное крепление стенок выемок

Водонасыщенный грунт, стесненные условия, невозможность требуемых откосов - закрепляют вертикальные стенки.

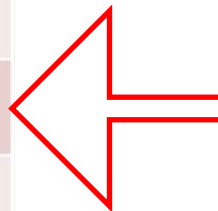
- **Шпунт** – самый дорогой. Обеспечивает устойчивое состояние грунта за пределами выемки. Забивают до ее разработки.
- **Распорного (горизонтально-рамного) типа** - самый простой. Стойки, горизонтальные доски или дощатые (сплошные и нет) щиты, распорки, прижимающие их к стенкам траншеи. При сухих или маловлажных грунтах, траншеи до 4 м.
- **Подкосное крепление** - щиты или доски, прижаты к грунту стойками, раскрепленными подкосами и упорами. Ограничено (подкосы и упоры, расположенные в котловане усложняют работу). На широких котлованах.
- **Инвентарные распорные рамы** из трубчатых стоек и распорок наиболее эффективны (малая масса, легкий монтаж).

**Принцип действия.** Металлические трубчатые стойки по высоте имеют отверстия для крепления распорок. Распорка телескопического типа состоит из наружной и внутренней труб, поворотной муфты и опорных частей. В зависимости от ширины траншеи расстояние между стойками устанавливают путем выдвижения внутренней трубы из наружной и фиксируют болтом, вставляемым в отверстия труб. Полное прижатие щитов к стенкам выемки осуществляют поворотом муфты с винтовой нарезкой.

## 2.4. Искусственное закрепление грунтов

- В зависимости от: а) физико-механических свойств грунта, б) его состояния, в) требуемой степени и назначения закрепления применяют:

<b>СПОСОБЫ</b>	1)Замораживание
	2)Цементация
	3)Битумизация
	4)Химический
	5)Термический
	6)Электрический
	7)Электрохимический



**Создают вокруг  
разрабатываемых  
выемок  
водонепроницаемые  
завесы или повышают  
несущую способность  
грунтовых оснований**

- В результате: повышается прочность грунта, он становится неразмываемым, а в некоторых случаях - водонепроницаемым

# 1)Замораживание грунтов

- Применяют в сильно водонасыщенных грунтах (плывунах) при разработке глубоких выемок.
- По периметру котлована погружают замораживающие колонки из труб, соединенных между собой трубопроводом.
- По нему нагнетают рассол (растворы солей), охлажденный холодильной установкой до  $-20... -25^{\circ}\text{C}$ .
- Охлаждающие иглы состоят из наружных труб, закрытых снизу и внутренних, вставленных в них коаксиально и открытых снизу.
- Рассол  $\Rightarrow$  во внутреннюю трубу, в нижней части  $\Rightarrow$  в наружную трубу  $\Rightarrow$  вверх  $\Rightarrow$  к следующей колонке.
- Окружающий грунт замерзает цилиндрами с постепенно увеличивающимися диаметрами. Эти цилиндры смерзаются в сплошную стенку мерзлого грунта.

## 2),3) Цементация и битумизация

- Инъекции цементного раствора или разогретых битумов применяют для пористых грунтов с высоким коэффициентом фильтрации, а также трещиноватых скальных пород.

**4) Химический способ** - закрепляют песчаные и лёссовые\* грунты посредством нагнетания в них через инъекторы\*\* химических растворов. М.б.: 2-х и однорастворный.

### Принцип действия

- Двухрастворное закрепление - последовательное нагнетание в грунт сначала водного раствора силиката натрия  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , а затем хлористого кальция  $\text{CaCl}_2$ . Реагируя, образуют гель кремниевой кислоты, который обволакивает зерна грунта и, твердея, связывает их в монолит. В хорошо дренирующих грунтах.
- Однорастворное закрепление (смесь силиката натрия и отвердителя) применяют для слабодренирующих грунтов.

\*Залегают на значительной части территории России

\*\*Специальные трубы .

## **5) Термическое закрепление**

- Для лёссовых грунтов. Реализуется обжигом раскаленными газами, нагнетаемыми через скважину в поры грунта. Газы образуются при сжигании жидкого или газообразного топлива, подаваемого в толщу грунта вместе с воздухом через жаропрочные трубы в заранее пробуренную скважину.

## **6) Электрический способ**

- Закрепляют влажные глинистые грунты. Эффект электроосмоса. Через грунт пропускают постоянный электрический ток. Глина осушается, сильно уплотняется и теряет способность к пучению.

## **7) Электрохимический способ**

- Одновременно с током в грунт вводят через трубу, являющуюся катодом и иньектором, растворы химических добавок, увеличивающие проводимость тока. Интенсивность процесса закрепления грунта возрастает.

# §3. Разработка грунта механическим методом

## Машины

```
graph TD; A(Машины) --> B(Только разрабатывает грунт - землеройная); A --> C(Разрабатывает и перемещает-землеройно-транспортная);
```

Только разрабатывает грунт  
- землеройная

Разрабатывает и перемещает-  
землеройно-транспортная

## 3.1. Землеройные машины

- Многоковшовые экскаваторы непрерывного действия

- В основном для разработки траншей.
  - Рабочий орган - является ковшовая цепь или ковшовый ротор
- Одноковшовые экскаваторы - наибольшее применение.

- С ковшом вместимостью 0,15...2м<sup>3</sup>, реже до 4 м<sup>3</sup>.

1)Экскаватор с прямой лопатой

2)Экскаватор с обратной лопатой

3)Экскаватор-драглайн

4)Экскаватор-грейфер

Зона действия экскаватора на данной позиции, называют **забoем**

# 1) Экскаватор с прямой лопатой

- Для разработки грунтов, расположенных *выше уровня стоянки* экскаватора, преимущественно с погрузкой на транспорт.
- Выемка грунта осуществляется **лобовыми** и **боковым** забоями.

В *лобовом забое* экскаватор разрабатывает грунт впереди себя и отгружает его на транспортные средства, которые подают к экскаватору по дну забоя.

**Разработка грунта способом *бокового забоя*. Экскаватор черпает грунт преимущественно с одной стороны перемещения и частично впереди себя**

- Более эффективным является **боковой забой**.

Транспорт подается под погрузку сбоку выработки, чем достигается значительное уменьшение угла поворота стрелы экскаватора



## 2) Экскаватор с обратной лопатой

- используют при разработке грунтов, которые находятся *ниже* уровня стоянки экскаватора, и преимущественно при рытье небольших котлованов и траншей.
- Разработку грунта ведут лобовым или боковым забоем с погрузкой грунта в транспортные средства или укладкой в отвал.

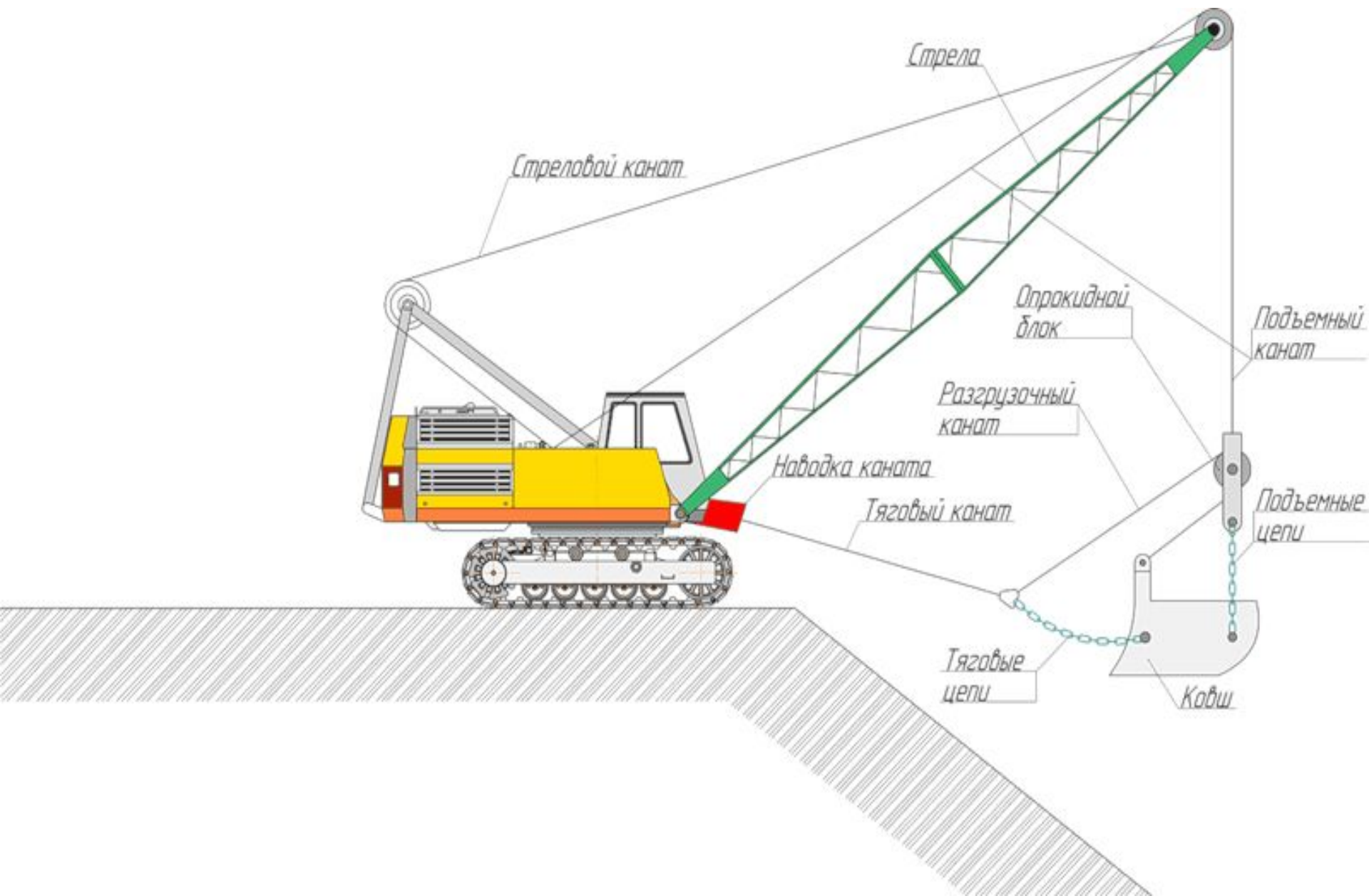
## 3) Экскаватор-драглайн

- Для рытья глубоких котлованов, широких траншей, возведения насыпей, разработки грунта из-под воды и т. п. Их применяют также для отделочных земляных работ при планировке площадей и зачистке откосов.

## 4) Экскаватор-грейфер

- Для рытья колодцев, узких глубоких котлованов, траншей и других сооружений, особенно в условиях разработки грунтов ниже уровня грунтовых вод

# Экскаватор-драглайн



# Экскаватор-грейфер



## 3.2. Землеройно-транспортные машины

### Машины



Скрепер

Бульдозер

### Скреперы

При отрывке котлованов и планировке поверхностей **применяют:**

- 1) Прицепные (с объемом ковша 3, 7 и 8 м<sup>3</sup>),
- 2) Полуприцепные (с объемом ковша 4,5 м<sup>3</sup>)
- 3) Самоходные (с объемом ковша 8, 15 и 25 м<sup>3</sup>) скреперы.

1) и 2) при транспортировке грунта на 1000 м, 3) - до 3000 м.

**Траектории движения** скреперов (вид сооружения, взаимное расположение мест разработки и укладки грунта, местные условия):

эллиптическая, спиральную, «восьмеркой», зигзагообразная, челочно-поперечная и челочно-продольная.

# Скрепер







SC552

613C

CAT

613C

CAT

# Бульдозеры

- **Разрабатывают грунт** в неглубоких и протяженных выемках и резервах для перемещения его в насыпи обычно на расстояние до 100 м .
- **Применяют также** для:
  - окучивания грунтов,
  - обратной засыпки траншей и пазух котлованов,
  - зачистки дна котлованов после экскаваторных работ,
  - разравнивания и планировки грунта.
- **В цикл работы** бульдозера входят следующие операции:
  - резание и набор грунта путем снятия стружки под уклон,
  - перемещение грунта с надвижкой его отвалом бульдозера,
  - разгрузка грунта,
  - и возвратный холостой ход.



## 3.3. Выполняемые работы

### Укладка и уплотнение грунта при:

- планировочных работах,
- возведении различных насыпей,
- обратных засыпках траншей и пазух фундаментов.

### Гидромеханический метод переработки грунта

- Технология: разработка грунта в забое, перевод его в полужидкую массу (пульпу), транспортирование и укладка (намыв) пульпы в сооружение или в отвал.
- Целесообразно при больших объемах, устройство насыпей с мин. осадкой, наличие больших ресурсов воды и электроэнергии.

### Разработка грунта бурением

- При исследовании свойств и качества грунтов, определении уровня грунтовых вод, устройстве скважин водоснабжения и водопонижения грунтовых вод, устройстве свайных фундаментов, искусственном закреплении грунтов и т. п.



# Разработка грунта взрывом

- Взрывным способом в основном рыхлят скальные породы с последующей их разработкой землеройными машинами и скалоуборочными механизмами.
- Возводят земляные насыпи и перемычки, устраивают выемки для котлованов, дорог и т. п., дробят мерзлые грунты, валуны, валят деревья, корчуют пни, уплотняют грунты и др.

# Разработка грунта в зимних условиях

- В зависимости от конкретных местных условий методы:

- 1) Предохранение грунта от промерзания и последующая разработка обычными методами,
- 2) Разработкой мерзлого грунта с предварительным рыхлением,
- 3) Непосредственной разработкой мерзлого грунта,
- 4) Оттаивание грунта и его разработкой в талом состоянии.

# §4. Контроль качества

- В общем случае **включает**:
  - положение выемок и насыпей в плане и по высоте,
  - геометрические размеры земляных сооружений,
  - свойства грунтов, залегающих в основании сооружений,
  - свойства грунтов, используемых для насыпных сооружений,
  - качество укладки грунта в насыпи и обратные засыпки (характеристики уложенных и уплотненных грунтов).
- **Постоянный контроль качества осуществляют** линейные инженерно-технические работники.
- **Организуют повседневный операционный контроль**, который осуществляют:
  - производители работ и мастера с привлечением
  - представителей геодезической службы и
  - строительной (грунтовой) лаборатории

