

**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 м³ грунта в естественном состоянии (в плотном теле).
 - Плотность песчаных и глинистых грунтов - 1,6... 2,1 т/м³,
 - Скальных неразрыхленных грунтов — до 3,3 т/м³.
- **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, исключая 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.

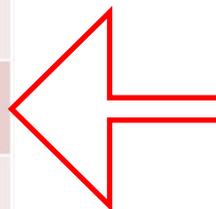
- **Шпунт** – самый дорогой. Обеспечивает устойчивое состояние грунта за пределами выемки. Забивают до ее разработки.
- **Распорного (горизонтально-рамного) типа** - самый простой. Стойки, горизонтальные доски или дощатые (сплошные и нет) щиты, распорки, прижимающие их к стенкам траншеи. При сухих или 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:

СПОСОБЫ	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 Na_2SiO_3 , а затем хлористого кальция 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 инъектором, 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...2м³, реже до 4 м³.

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.

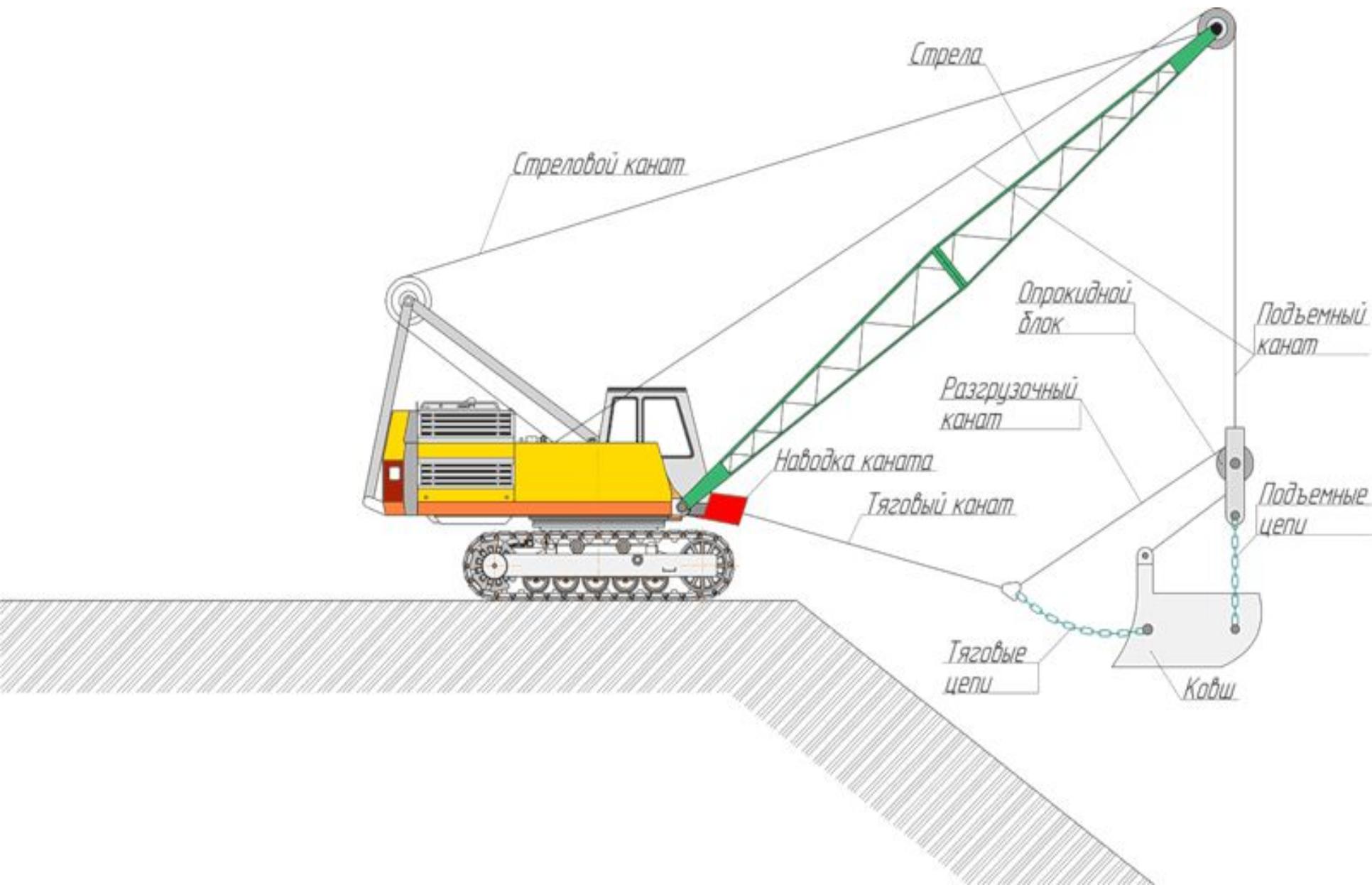
3) Экскаватор-драглайн

- 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 м³),
- 2) Полуприцепные (с объемом ковша 4,5 м³)
- 3) Самоходные (с объемом ковша 8, 15 и 25 м³) 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





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

