

**Лекция**

**3**

**ТЕХНОЛОГИЯ  
ВОЗВЕДЕНИЯ  
ПОДЗЕМНЫХ И  
ЗЕМЛЯНЫХ  
СООРУЖЕНИЙ**

**Земляные сооружения** – строительная продукция, полученная в результате разработки, перемещения или укладки грунтов, а так же введения в грунт дополнительных конструкций.

## **Классификация земляных сооружений:**

### **по расположению относительно поверхности земли:**

**выемки** – углубления, образуемые разработкой грунта ниже уровня поверхности

**насыпи** – возвышения на поверхности, возводимые отсыпкой ранее разработанным грунтом.

### **по назначению:**

**постоянные** – предназначенные для длительного использования (нагорные канавы, вертикальная планировка, дороги, каналы) Расчеты конструкции в ПСД)

**временные** – устраиваются на период строительства (котлованы, траншеи, отвалы, резервы) Расчеты конструкции в ППР

**подпорные** – предназначенные для удерживания грунта от обрушения (подпорные стенки различных конструкций).

# СПОСОБЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

- *механический* – разработка грунта, при котором грунт в забое разрушается послойно рабочим органом землеройной машины, а перемещается транспортными средствами. Работы могут проводиться открытым или закрытым способами. Применяются бульдозеры, экскаваторы;
- *гидромеханический* – разрушение и перемещение грунта производится потоком воды (применяются гидромониторы, землесосные снаряды);
- *взрывной* – разрушение (иногда и перемещение) грунта энергией взрыва;
- *комбинированный* способ.

# Вертикальная планировка строительной площадки.

## Перечень выполняемых строительных процессов:

- удаление слоя растительного грунта;
- разработка грунта планировочной выемки с перемещением в планировочную насыпь;
- отсыпка планировочной насыпи с разравниванием и предварительным уплотнением грунта;
- окончательная планировка площадей и откосов выемок и насыпей;

На каждый процесс разрабатывается технологическая карта.

Работы организуются поточным методом.

Ведущий процесс – разработка грунта.

Планировочная площадь разбивается на карты (горизонтальный параметр) и ярусы (вертикальный параметр). В зависимости от объёмов работ и дальности перемещения грунта выбирается бульдозерный или экскаваторно-транспортный способы разработки грунта.

Работы выполняются по  
*двухкартной* или *трёхкартной* схеме.

схема	процессы
<b>двухкартная</b>	1) отсыпка и разравнивание (с увлажнением и выстаиванием); 2) уплотнение
<b>трёхкартная</b>	1) отсыпка и разравнивание; 2) увлажнение и выстаивание; 3) уплотнение.

Работы выполняются на основе комплексной механизации всех процессов.

Расчёт производительности ведущей машины ведётся на расчётную единицу – 1000м<sup>3</sup>.

По ведущей машине подбирается весь комплект машин.

(Например: экскаватор-автосамосвал-бульдозер-пневмокоток-поливочная машина-грейдер).

# **В технологической карте предусматривается:**

- графическая схема комплексно-механизированного процесса с разбивкой на карты, схема движения машин и механизмов, места временной стоянки, размеры проходов и переходов (с захватки на захватку);
- баланс земляных масс;
- выбор, обоснование и расчёт схем механизации;
- описание технологии производства работ по процессам;
- подсчёт объёмов работ и калькуляция трудозатрат;
- спецификация материальных ресурсов, машин, механизмов;
- требования по охране труда, охране окружающей среды.

# **ВОПРОС 1. Работы нулевого цикла дня промышленных и гражданских зданий (котлованный способ)**

**В состав работ нулевого цикла входят:**

- водоотвод и водопонижение;
- разбивка осей и отрывка котлована с зачисткой основания под фундаменты;
- подготовительные работы к монтажу подземной части здания
- по необходимости (устройство усиленного основания под грузоподъемные машины);
- разбивка осей фундаментов;
- монтаж подземной части здания, включая фундаменты, фундаментные балки, стены подвалов;
- прокладка подземных коммуникаций водопровода, канализации, газопровода, теплосети, водостока, дренажа, телефонной канализации, электрокабелей;
- устройство бетонной подготовки под полы;
- монтаж перекрытия над подземной частью здания;
- гидроизоляция фундаментов и стен подвала;
- обратная засыпка пазух с уплотнением;

# Область применения:

При глубине заложения сооружения **до 18 метров**;

**РАЗЛИЧАЮТ** разработку котлована:

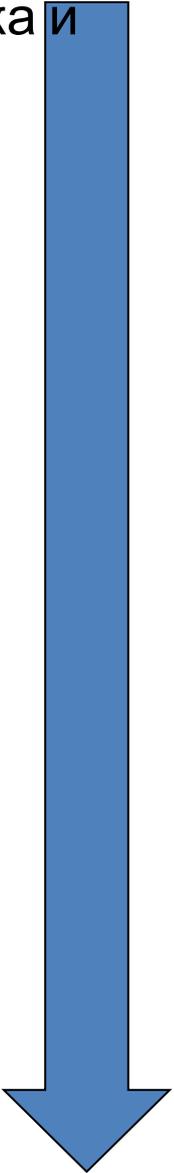
- с естественными откосами, с заложением от 1:0,75 до 1:1,5

- с вертикальными стенками  
(в стесненных условиях  
строительной площадки)



# Технологические операции:

- земляные работы (при необходимости устройство дренажа и водопонижение, въезда выезда, геодезические работы, разработка и перемещение грунта)
- устройство бетонной подготовки основания
- арматурные работы, бетонирование основания
- устройство гидроизоляции основания
- Возведение сборных или монолитных конструкций подземного сооружения
- Устройство гидроизоляции стен
- Защита гидроизоляции стен от повреждений
- Обратная засыпка грунта пазух котлована
- Обвапование грунта



# **ВОПРОС 2. Технология строительства подземных сооружений**

## **Технология «СТЕНА В ГРУНТЕ»**

### **Применение:**

при возведении заглубленных сооружений в условиях городской застройки: подпорные стенки, противофильтрационные завесы, тоннели мелкого заложения, котлованы, подземные гаражи, пешеходные переходы, ёмкости для хранения жидкостей и др.).

## **Сущность технологии:**

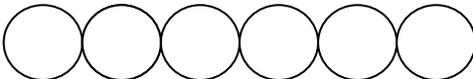
в грунте устраиваются выемки и траншеи различной конфигурации в плане, которые заполняются ограждающими конструкциями из монолитного или сборного железобетона;

внутреннее земляное ядро разрабатывается землеройными машинами, после чего выполняются основные проектные конструкции.

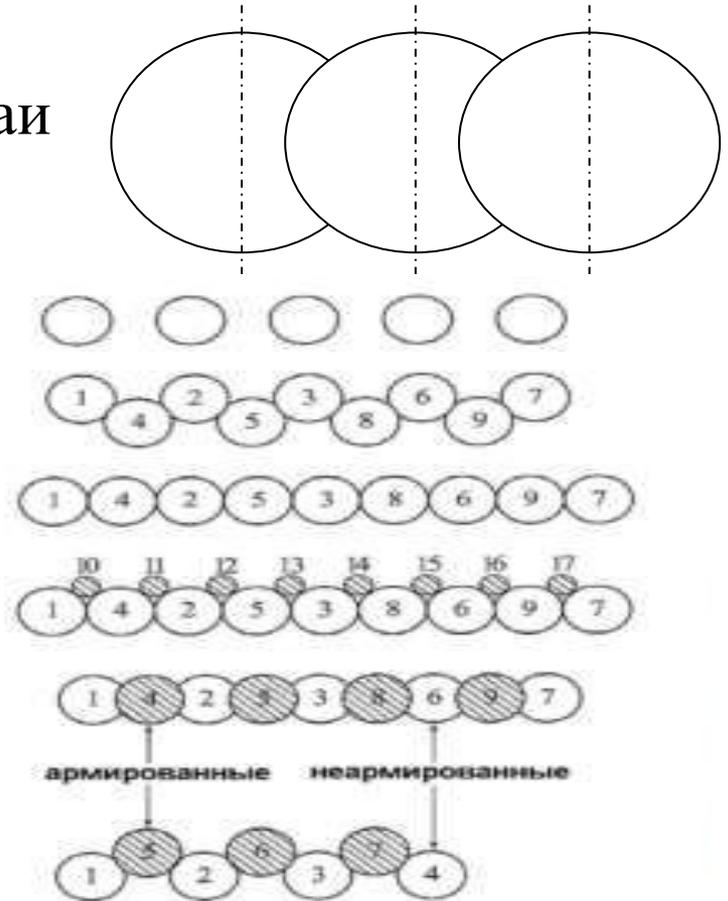
Конструктивно технология «стена в грунте» разделяется на два вида: **свайный** и **траншейный**.

# Схема образования непрерывных стенок

*Свайный* – ограждающая конструкция образуется из сплошного ряда вертикальных буронабивных свай.

 - пересекающиеся сваи

Сначала забуриваются скважины первой проходки на расстоянии  $1,5D$  (по осям), потом второй проходкой пробуриваются объединяющие скважины. В скважины опускается арматура и производится бетонирование методом «вертикально перемещающейся трубы» ВПТ.



**Траншейный** способ предусматривает разработку узких траншей специальной землеройной техникой (многоковшовыми экскаваторами.) с последующим армированием и бетонированием траншей. При этом способе может применяться вертикальная установка (монтаж) в траншее сборных железобетонных плит.

Траншеи могут разрабатываться двумя проходками (аналогично свайному способу) или непрерывной прорезью с секционным заполнением.

# Методы возведения «стен в грунте»

**Сухой** – применяется в сухих, маловлажных грунтах.

**Мокрый** – применяется с водонасыщенных, неустойчивых грунтах. Устойчивость стенок выемок и траншей обеспечивается заполнением их глинистыми растворами с *тиксотропными* свойствами.

Тиксотропность – способность раствора загустевать в состоянии покоя (сдерживаются стенки от обрушения), а при динамических воздействиях разжижаться. Глинистый раствор готовится из бентонитовых глин на глиномешалках, с добавлением химических реактивов (сода, крахмала, ССБ и др.). После очистки от песка и крупных включений раствор перекачивается в ёмкости для хранения (объёмом до 10м<sup>3</sup>), откуда поступают в траншею (скважину).

После использования раствор направляется в ёмкость-отстойник, узел очистки (вибросита) и на повторное использование. Обычно используется *глинопорошок* заводского изготовления.

## Сухой способ

# Производство работ

- ) Разбивка участка на захватки (по производительности землеройного оборудования) – 3...6м длиной.
- ) Разработка грунта с устройством форшахты (укрепление верха траншеи).
- ) Заполнение выемки проектным материалом (буронабивные сваи, сборные железобетонные элементы, монолитный бетон с армированием).



**Форшахта** – это предварительно устроенное железобетонное устройство, (направляющее устройство, или кондуктор, или воротник).

### **Назначение:**

фиксация направления основной траншеи по горизонтали и вертикали;  
обеспечение устойчивости верхней части рабочей траншеи против обрушения в процессе её разработки;  
выполнение функции кондуктора, направляющего рабочий орган буровой установки или грейфера.

## Мокрый способ

1. Разбивка участка на захватки (по производительности землеройного оборудования) – 3...6м длиной.
2. Разработка грунта с устройством форшахты (укрепление верха траншеи).
3. Заполнение выемки проектным материалом (буронабивные сваи, сборные железобетонные элементы, монолитный бетон с армированием).
4. Разработка грунта с установкой перемишек между захватками экскаватором «обратная лопата», грейфером, роторным рабочим органом, буровой установкой .
5. Нагнетание тиксотропного раствора с помощью грязевых и центробежных насосов производительностью 6...200м<sup>3</sup>/час (вместе с разработкой грунта).
6. Арматурные работы.
7. Опускание в траншею бетонолитных труб и бетонирование методом ВПТ (вертикально-перемещаемой трубы).
8. Монтаж сборных элементов (как вариант).
9. Откачка насосами отработанного тиксотропного раствора, очистка и вторичное использование.
0. Разработка котлована (или другое инженерное мероприятие по проекту).  
**Необходимо учитывать:**
  - а) обеспечения устойчивости траншей;
  - б) принятой интенсивности производства работ;
  - в) используемых типов машин;
  - г) конструкции и назначения «стены в грунте».

# Для мокрого метода необходимо учитывать

- инженерно-геологическое строение должно быть изучено на глубину  $1,5H+5\text{м}$ , где  $H$  – глубина заложения основного сооружения. Рекомендуемая сетка скважин  $20\times 20\text{м}$  (для линейных сооружений через  $20\text{м}$ );
- мокрый способ не применим при наличии грунтов с кавернами, пустотами, илистых, рыхлых, насыпных; если в грунте имеются обломки строительных конструкций, металл, выходы скалы; при небольших глубинах котлована (до  $3\dots 5\text{м}$ ), если можно использовать более простые и дешёвые способы разработки котлована;
- наличие грунтов или его прослоек, разрабатываемость которых выше технологических возможностей землеройной техники.

# Технология «Опускного колодца»

При строительстве сооружений иногда возникает необходимость устройства мощных или глубоко заложённых фундаментов в сложных гидрогеологических условиях. В этом случае прибегают к устройству опускных систем.

***Опускная система*** – ограждающая конструкция в виде бетонной, железобетонной или металлической оболочки, погружаемой в грунт, внутри которой создаётся рабочее пространство для ведения строительного-монтажных работ. Опускные системы выполняются в виде опускных колодцев или кессонов.

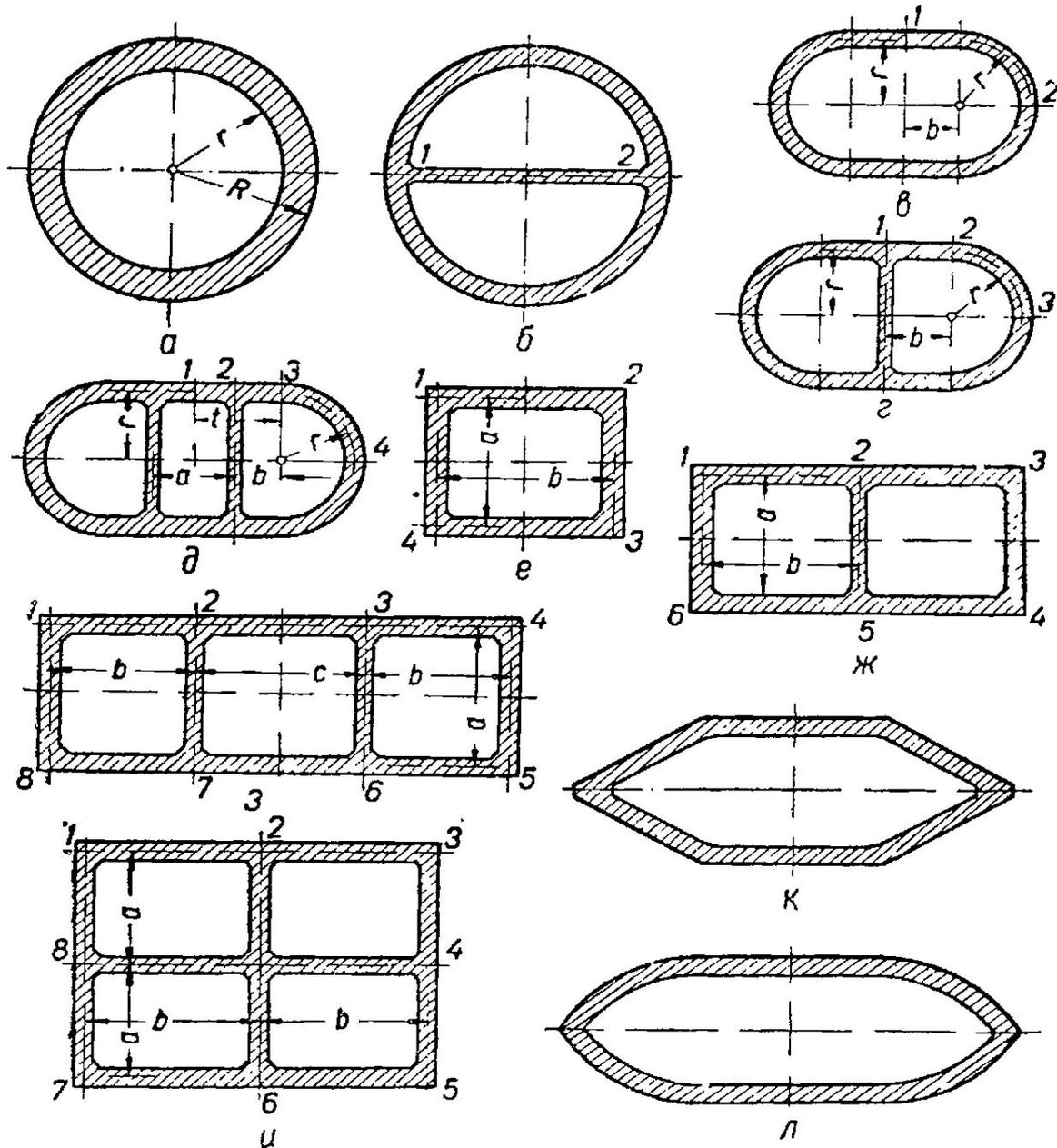
**Опускные колодцы** – открытые сверху и снизу полые, как правило массивные, конструкции, погружаемые под действием собственного веса по мере удаления из полости грунта.

**Кессоны** – тонкостенные конструкции, имеющие сверху герметичное перекрытие, образующее рабочую камеру с избыточным давлением, позволяющим работать под водой.

# Область применения

- При строительстве подземной части (колодца) водозаборов, насосных станций первого подъема воды, канализационных насосных станций
- При больших в плане заглубленных сооружениях
- При возведении подземных сооружений в водонасыщенных и неустойчивых грунтах
- При отметке дна объекта от - 10.00 до - 70.00

# Виды опускных колодцев в плане



# Суть способа

Стенки объекта без днища возводят на нулевой отметке полностью или по ярусам и погружают в грунт на проектную отметку

## Виды опускаемых колодцев

### сборные

из типовых унифицированных железобетонных панелей (16, 24, 36, 42 м) из гидротехнического бетона, днища из монолитного железобетона

### монолитные

# Схема опускного колодца

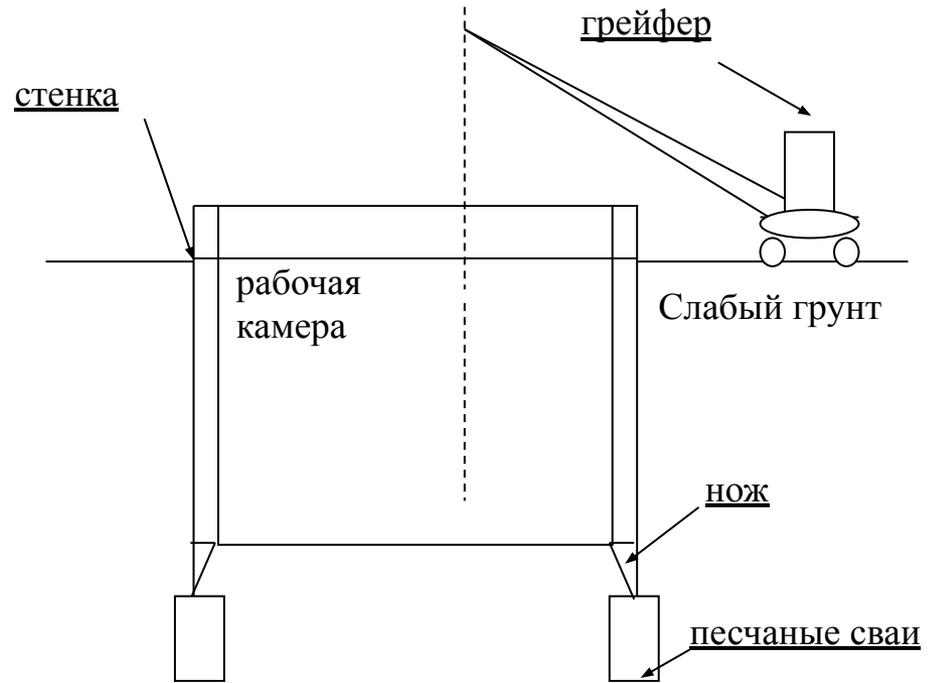
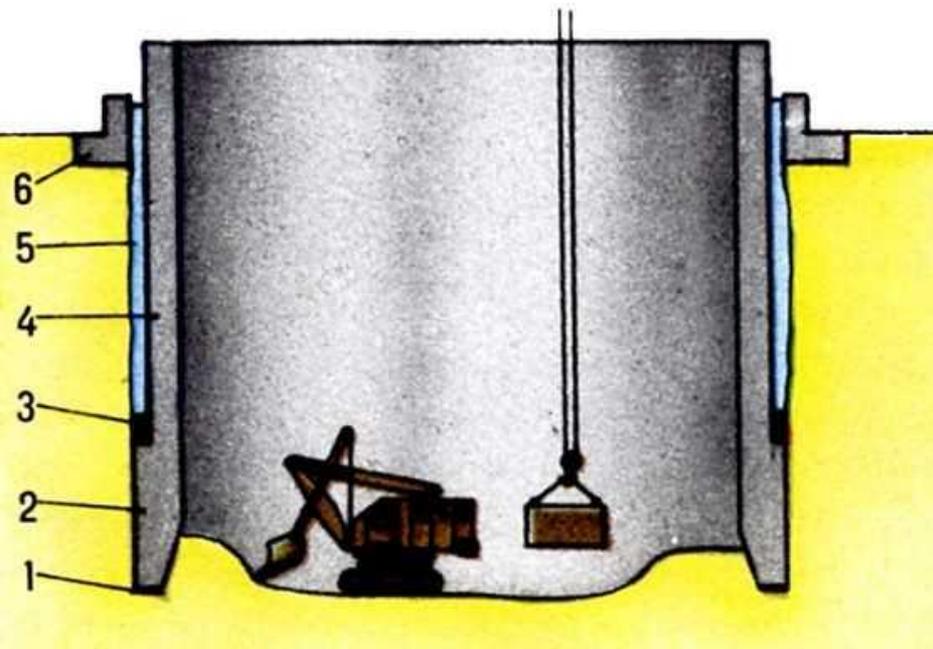
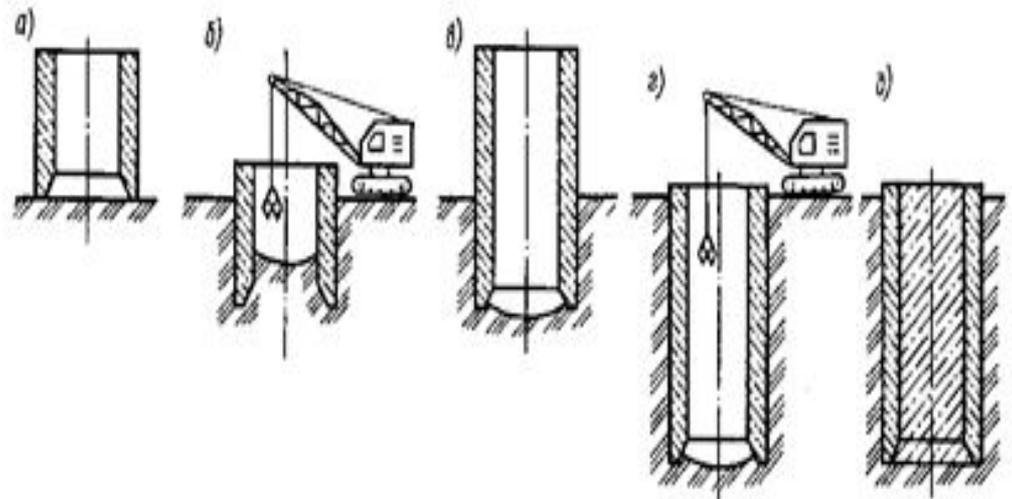


Схема производства работ при опускании колодца:

- 1 - банкетка ножа;
- 2 - ножевая часть;
- 3 - замок из плотной глины;
- 4 - оболочка;
- 5 - тиксотропный раствор;
- 6 - форшахта.



# Производство работ

Циклы производства работ по устройству опускных колодцев

1. Устройство основания под ножевую часть.

2. Бетонирование ножевой (опорной) части и нижнего яруса опускного колодца.

3. Нарращивание стенок опускного колодца.

4. Гидроизоляция стенок опускного колодца.

5. Опускание колодца.

6. Бетонирование днища опускного колодца (при достижении проектной отметки)

# Устройство основания под ножевую часть

При сооружении опускного колодца на слабых или неоднородных грунтах на предварительно спланированную площадку отсыпается песчаная подушка толщиной 0,3- 0,6м или устраиваются буровые песчаные (гравийные) сваи. Песчаные материалы отсыпаются слоями 0,2 м (подушка)...0,5м (сваи) с обязательным уплотнением. Бурение скважин под сваи производится буровыми станками по технологии принятой в ППР. Засыпка песчаной смеси в скважину ведётся через бункер-воронку, после отсыпки смесь увлажняется (для повышения эффекта уплотнения).

Для уменьшения и равномерной передачи на поверхность грунта давления от первого яруса опускного колодца до начала работ по его бетонированию (монтажу) под ножевую часть должно быть подготовлено специальное временное основание в виде деревянных, бетонных, железобетонных подкладок, сегментов, колец или других опорных конструкций.

Поперечные деревянные подкладки укладываются по периметру ножа кольца на предварительно выполненную песчаную подушку. Подкладки могут быть выполнены из окантованных брёвен или брусьев. Длина подкладок ( $L_{п}$ ) принимается в зависимости от толщины стен ( $B_{ст}$ ) опускного колодца :

$$L_{п} = B_{ст} + (0,5 \dots 1\text{м}),$$

Железобетонное опорное кольцо выполняется разрезным (участками не более 1,5м) по песчаной подушке. Ширина железобетонного кольца составляет 0,8...1,2м.

# Бетонирование опорной части

Опорная часть опускного колодца является самой ответственной конструкцией, поэтому её изготовление выделяется в отдельный цикл. Конструктивно это нижний ярус колодца с выступом (12...15см), который обеспечивает полость с наружной стороны, которая используется для технологических потребностей (создание тиксотропной рубашки). В любом случае опорная часть изготавливается из монолитного железобетона. Нижний торец колодца (нож) представляет собой стальной скошенный элемент, связанный с арматурой.

Перед началом бетонирования устанавливается разборно-переставная опалубка или тонкостенные плиты-оболочки (несъёмная опалубка). Арматурные работы начинаются после установки внутренней стороны опалубки, а заканчиваются с установкой верхнего яруса наружной стороны опалубки. Бетонирование производится стандартными методами (технологиями) на основе комплексной механизации бетоноукладочных работ. Предпочтение следует отдавать современным высокопроизводительным машинам (автобетононасосам с телескопическими стрелами).

Распалубливание разрешается после приобретения бетоном 70% прочности.

# Наращивание стенок опускного колодца

После изготовления опорной части производится начальное погружение колодца. В этот период отрабатывается и уточняется технология производства работ и принятая схема механизации.

Дальнейшее наращивание стенок опускного колодца производится в соответствии проектом: путём монолитного бетонирования стенок или монтажа сборных железобетонных элементов.

В зависимости от местных условий и объёмов работ приготовление бетонной смеси может производиться на центральном бетонном заводе или в непосредственной близости от опускного колодца. На современном этапе строительства наиболее предпочтительно применение мобильных бетонных заводов различной производительности и комплектации. Транспортирование смеси производится автобетоновозами или в контейнерах (на небольшое расстояние). Доставка смеси к месту укладки ведётся бетононасосами или кранами в бадьях.

Бетонирование стен ведётся по ярусам отдельными блоками по длине яруса или последовательно по всему периметру. В обоих случаях бетонирование должно производиться послойно, слоями толщиной 25-50см, но не больше чем 1,25 длины рабочей части вибратора. Толщина слоёв выбирается в зависимости от интенсивности бетонирования и своевременного перекрытия слоёв бетонирования. Нарращивание и разбор опалубки решается в ППР, так как зависит от принятой опалубочной системы.

Стенки опускных колодцев из сборных железобетонных элементов конструктивно выполняются из пустотных блоков, заполняемых бетоном или из вертикальных сплошных панелей. Для закрепления железобетонных элементов в верхней части опорного яруса устраивается паз, в который и устанавливаются элементы. Монтажные работы ведутся при помощи гусеничных, пневмоколёсных или башенных кранов. Для обеспечения вертикальности при монтаже панелей, для фиксации элементов и временного раскрепления применяют специальные кондукторы.

Дальнейшее опускание колодца производят только после достижения бетоном монолитивания проектной прочности и устройства гидроизоляции.

# Гидроизоляция стенок

Гидроизоляция стенок опускных колодцев должна выполняться до их опускания. Конструктивно (в зависимости от назначения) гидроизоляция может быть металлическая, торкрет-гидроизоляция, пропиточная синтетическими составами.

Металлическая выполняется с внутренней стороны колодца и при бетонировании может служить опалубкой.

Торкрет-изоляция наносится в несколько слоёв специальными агрегатами (марка цемента не ниже 400) по технологии установленной в ППР.

Пропитка осуществляется в несколько приёмов.

# Погружение колодца.

Погружение опускных колодцев в грунт является наиболее сложным и ответственным процессом при их строительстве. Перед погружением необходимо провести распалубочные работы, снять колодец с искусственного основания (подкладок), установить землеройное водоотливное и другое специальное оборудование.

Последовательность удаления подкладок должна быть такой, чтобы не произошло перекоса кольца. При погружении грунт разрабатывается слоями равномерно по всей площади колодца.

Сухие грунты разрабатываются землеройной техникой внутри колодца и удаляются краном-грейфером или в бадьях. Обводнённые грунты разрабатываются средствами гидромеханизации (землесосом, гидромонитором) или с водоотливом. В этом случае предусматривается система водоотвода с мощными насосами. В практике строительства часто применяют водопонижение иглофильтровыми установками.

Систематический контроль за погружением колодца ведут с помощью рисок, нанесённых на стенки или нивелировочных контрольных реек, закреплённых по концам двух взаимно перпендикулярных диаметров кольца. Колодцы при погружении могут накреняться, поэтому проверку вертикальности следует производить на всех этапах погружения.

С целью уменьшения трения по наружной поверхности стен возможно применять способы нагнетания тиксотропного раствора, устройства полимерных покрытий и обмазок (снижают трение на 25...50%).

Кроме способа естественного погружения под действием собственного веса используют более прогрессивный (но более дорогой) способ принудительного погружения с помощью домкратов (вдавливания).

# Устройство днища

Устройство днища опускного колодца является завершающей операцией. При сухих грунтах производится бетонирование по щебёночной подготовке и гидроизоляция металлическими листами.

При разработке рыхлых водонасыщенных грунтов возможны наплывы грунта из под ножа, что затрудняет устройство днища. В этом случае вначале устраивают бетонную подушку, укладываемую методами подводного бетонирования: восходящего раствора или вертикально перемещающейся трубы. После набора её бетоном достаточной прочности воду из колодца откачивают и под прикрытием подушки устраивают гидроизоляцию, а затем насухо бетонизируют днище.

# Гидроизоляция подземных сооружений

- Окрасочная и обмазочная (полимербитумные, резинобитумные, этинолевобитумные горячие и холодные мастики);
- Оклеечная (рулонные материалы на основе битума, синтетических пленок);
- Штукатурная (растворы безусадочных и расширяющихся цементов с добавлением хлорного железа, жидкого стекла, полиамида);
- Листовая (для защиты от напорных вод в сооружениях 1 кат.) (стальные или пластмассовые листы);
- Пропиточная (термопластичные материалы и полимеры в расплавленном виде) (для пористых материалов).