

Министерство образования Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра “Технология строительного производства”

69.05 (07)
К563

С.Б. Коваль, М.В. Молодцов

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Курс лекций для заочников
Технология возведения подземных сооружений

Челябинск
Издательство ЮУрГУ
2003

УДК 69.05(075.8) + 69.003.1(075.8)

Коваль С.Б., Молодцов М.В. Технология возведения зданий и сооружений: Курс лекций для заочников. Технология возведения подземных сооружений – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2003. – 25 с.

Приведены классификации подземных сооружений и требования, предъявляемые к ним. Рассмотрены основные способы производства работ, описаны последовательности и особенности производства работ при различных технологиях возведения подземных сооружений.

Курс лекций предназначен для студентов архитектурно-строительного факультета вечерней и заочной форм обучения.

Ил. 14, табл.

Одобрено учебно-методической комиссией архитектурно-строительного факультета.

Рецензенты: Кромский Е.И.

© Издательство ЮУрГУ, 2003.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Оглавление	3
Устройство глубоких буровых опор	4
Опоры из тонкостенных сборных оболочек	5
Опускные колодцы.....	8
Кессоны	13
Стена в грунте	15
Устройство пионерной траншеи.....	16
Разработка траншеи.....	17
Возведение стен под глинистым раствором.	20
Разработка грунта	22

Подземные сооружения возводятся при устройстве фундаментов глубокого заложения, насосных станций, гаражей, вагоноопрокидывателей, опор мостов и других сооружений, возведение которых открытым способом не эффективно или не возможно.

В качестве способов возведения подземных сооружений выделяют:

- глубокие буровые опоры;
- опоры из тонкостенных сборных оболочек;
- опускные колодцы;
- кессоны;
- способ "стена в грунте".

УСТРОЙСТВО ГЛУБОКИХ БУРОВЫХ ОПОР

Буровые опоры глубокого заложения первоначально применялись в мостостроении (так называемые сваи Е.Л. Хлебникова) с целью прохода слабых водонасыщенных грунтов с передачей нагрузок на более сильные скальные основания залегающие на большой глубине (своего рода сваи-стойки в виде мощных буронабивных свай).

Технология возведения буровых опор глубокого заложения аналогична технологии возведения буровых свай, однако их размеры значительно больше: диаметр до 3,5 м, диаметр уширений до 5 м и глубина 100 и более метров. Для получения необходимых размеров ствола скважины используются специальные мощные бурильные установки различных фирм или экскаваторы с грейферным оборудованием.

ОПОРЫ ИЗ ТОНКОСТЕННЫХ СБОРНЫХ ОБОЛОЧЕК

Наибольшее распространение получили тонкостенные металлические и железобетонные оболочки диаметром до 4.5 м и длиной секций до 12 м. Железобетонные оболочки изготавливают на заводах способом центрифугирования с ненапрягаемой и напрягаемой арматурой толщиной стенок в среднем 110 мм и защитным слоем арматуры не менее 25 мм.

Оболочки погружают вдавливанием, вибрированием и завинчиванием, аналогично погружению готовых свай. Отличие составляет лишь более мощное используемое оборудование. К бесспорным преимуществам таких фундаментов можно отнести высокую степень индустриализации, а невысокая несущая способность может быть компенсирована устройством кустовых опор.

В состав работ по устройству таких опор входят (рис. 1): укрупнительная сборка (наращивание) секций оболочки; погружение; удаление грунта из полости; бурение скального основания; заполнение полости оболочки бетонной смесью; устройство ростверка.

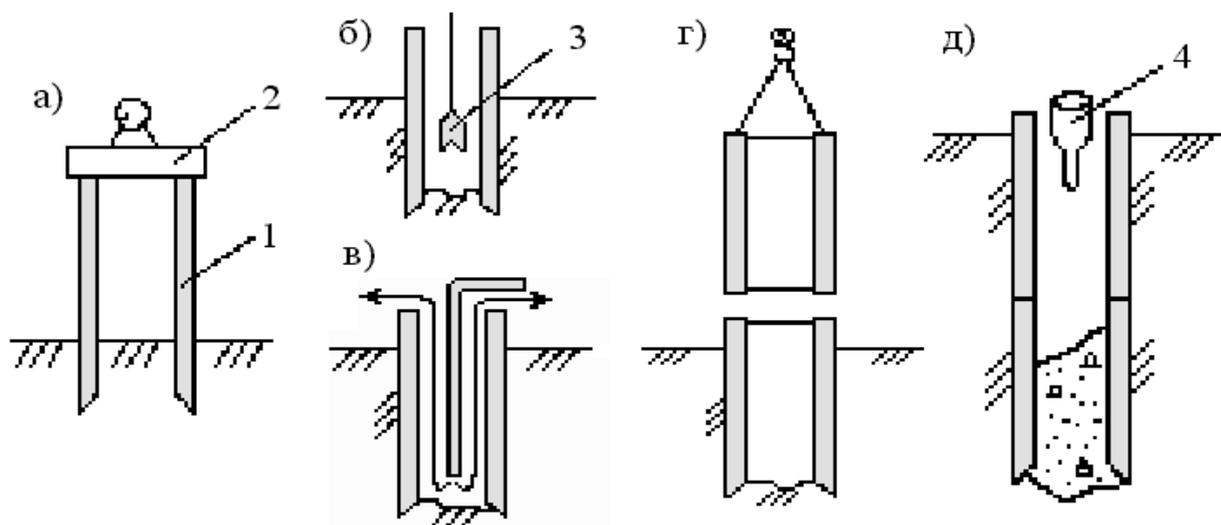


Рис 1. Технологическая последовательность возведения глубоких опор из тонкостенных оболочек.

а) погружение первого звена оболочки; б) извлечение грунта из полости оболочки при помощи грейфера; в) извлечение грунта из полости оболочки при помощи промывной оболочки водой под давлением 10 атм.; г) наращивание следующего звена оболочки; д) бетонирование полости оболочки. 1 – оболочка; 2 – вибропогружатель; 3 – грейфер; 4 – приемная воронка;

Соединение секций оболочки осуществляют путем соединения их фланцев на болтах или сварке (рис. 2). Металлические стыки секций с целью защиты от коррозии покрывают битумной обмазкой. Нижнюю секцию в процессе изготовления соединяют с режущей металлической конструкцией – ножом.

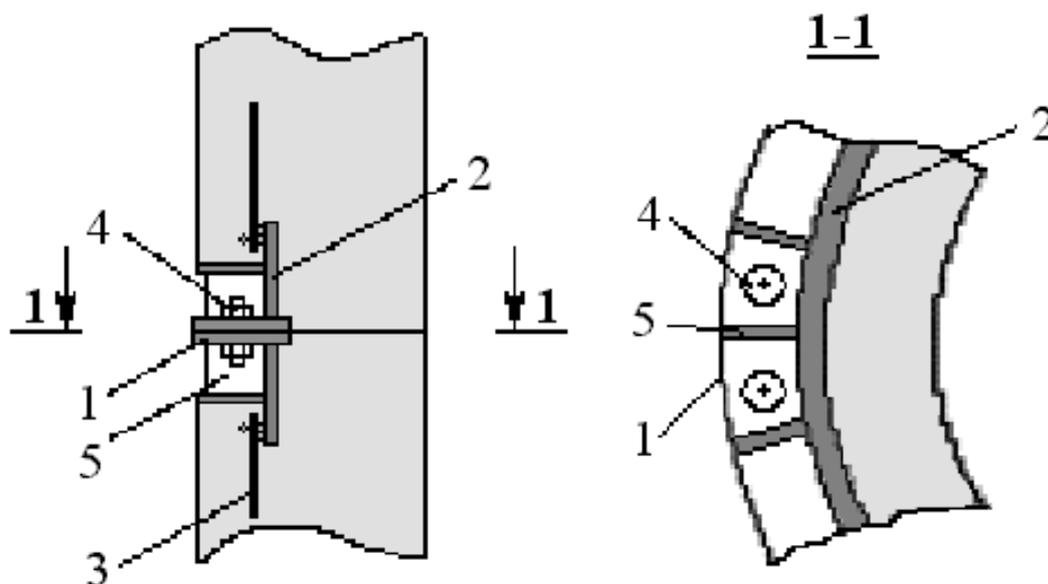


Рис 2. Соединение звеньев железобетонной оболочки.

1 – фланец; 2 – обечайка; 3 – арматура оболочки; 4 – болты; 5 – ребра жесткости.

Погружение оболочек осуществляется вдавливанием (многотонный пригруз из пакета железобетонных блоков или плит), вибропогружением с возможным сочетанием гидромеханизации и бурения, ударно-канатного бурения и завинчиванием.

На скальное основание оболочка садится по специальной методике представленной на рис.3. обеспечивающей наилучшую работу оболочки при опирании на скальное основание.

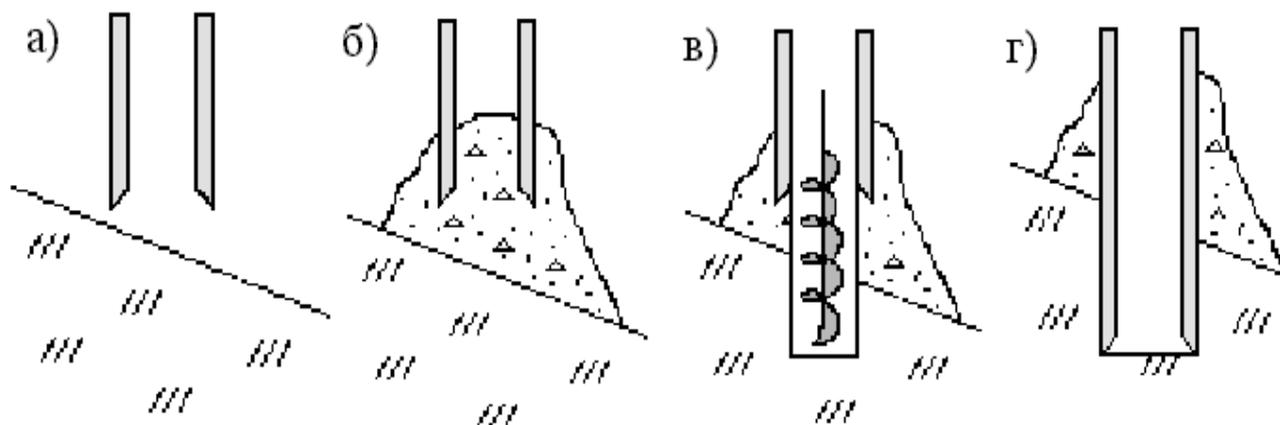


Рис 3. Схема посадки (проходки) оболочки на скальный грунт.

а) оболочка достигла скального основания; б) укладка тампонажного бетона; в) разбуривание отвердевавшего бетона со скальным основанием (препятствием); г) дальнейшее погружение оболочки.

Удаление грунта в зависимости от его вида может осуществляться как непрерывно по мере погружения оболочки с использованием гидромеханизированного способа, или периодически после того, как прекращается заглубление оболочки (в этом случае работы организуют одновременно на двух рядом стоящих оболочках, чтобы, сняв пригруз или вибропогружатель на период разработки грунта с одной оболочкой, его можно было использовать для погружения второй).

Заполнение бетоном осуществляют после очистки от грунта, промывки и откачки воды из полости оболочки. Заполнение бетоном может быть как полным, так и частичным путем утолщения стенок оболочки.

ОПУСКНЫЕ КОЛОДЦЫ

Конструкция опускных колодцев в плане круглого, эллиптического и реже прямоугольного сечения, а по вертикале – цилиндрическая, призматическая, или ступенчатая. В нижней части колодец снабжен режущей кромкой (ножом), обшитой стальными листами (рис. 4).

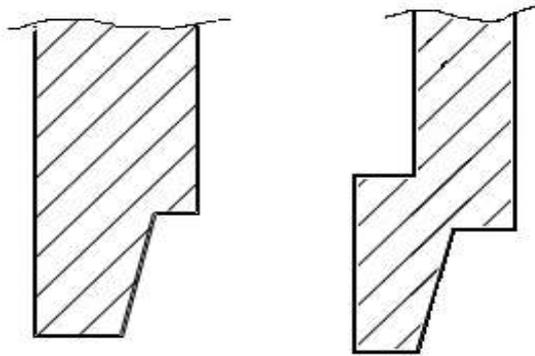


Рис. 4 Конструкции ножей опускных колодцев

Технологическая последовательность выполнения работ включает в себя:

- установку конструкций колодца на поверхности земли в месте погружения (монтаж сборных элементов и бетонирование монолитных конструкций);
- разработку грунта внутри колодца в направлении от центра к ножу;
- опускание колодца с выдавливанием грунта из под ножа во внутрь;
- наращивание высоты колодца по мере погружения;
- устройства днища или заполнение полости колодца бетоном.

Опускные колодцы разделяются на массивные, применяемые в основном для возведения фундаментов глубокого заложения и тонкостенные, используемые при возведении заглубленных сооружений.

Массивные колодцы, как правило, погружают под воздействием собственного веса под действием вибрации.

Тонкостенные колодцы погружаются в тиксотропной рубашке с использованием пригруза. Тиксотропная рубашка обеспечивает снижение сил бокового трения между стенками колодца и грунтом.

Погружение колодца выполняется при соблюдении определенных условий зависящих от наружного и внутреннего радиусов стен колодца; объемной массы материала стен колодца; уровня грунтовых вод; сил бокового трения. Если в результате выполненных расчетов масса колодца окажется недостаточной, то увеличивают толщину стен, или устраивают тиксотропные рубашки.

Для исключения преждевременного погружения, нож колодца на основание устанавливается на специальные деревянные или бетонные подкладки, которые удаляются в определенной последовательности (одновременно попарно диаметрально противоположные).

Опускные колодцы погружают с водоотливом и без него.

С водоотливом погружение выполняют при малом притоке грунтовых вод при условии, что вблизи нет сооружений чувствительных к осадкам (при данном способе происходит интенсивное движение грунтовых вод внутрь колодца, что вызывает осадку прилегающих к колодцу грунтов). В осушенных колодцах разработку грунта осуществляют в зависимости от размеров колодца и характеристик грунта (экскаватор прямая лопата, кран-бадья, бульдозер, грейфер и взрывной способ [рис. 5](#)).

Порядок разработки грунта в колодце состоит в первоначальной разработке средней части на глубину 1.5...2 м не доходя до ножей на 1...3 м. Разработка бермы выполняется в ручную (в редких случаях путем размыва гидромониторами) слоями по 10...15 см и шириной по 20...30 см равномерно по всему периметру колодца, за исключением специально фиксированных зон. Если после разработки берм до фиксированных зон колодец не опускается, то осуществляют одновременную разработку фиксированных зон.

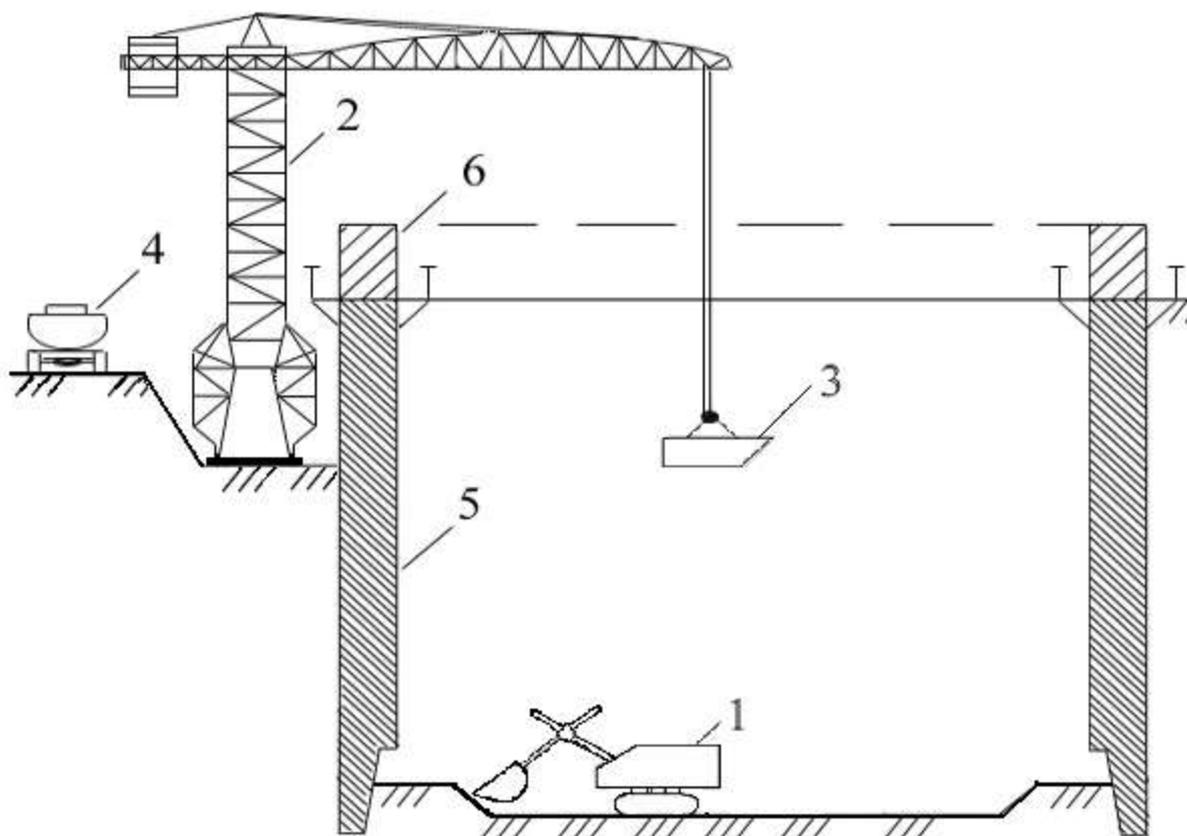


Рис. 5 Схема разработки грунта механизмами.

1 – экскаватор; 2 – кран; 3 – бадья; 4 – автосамосвал; 5 – стены опускного колодца; 6 – опалубка наращиваемого яруса стен.

Погружение опускных колодцев **без водоотлива** осуществляется при помощи гидроэлеваторов или эрлифтов (рис. 6). Уровень воды в колодце необходимо постоянно поддерживать в пределах уровня грунтовых вод, что предотвращает наплыв грунта из-под ножа во внутрь колодца.

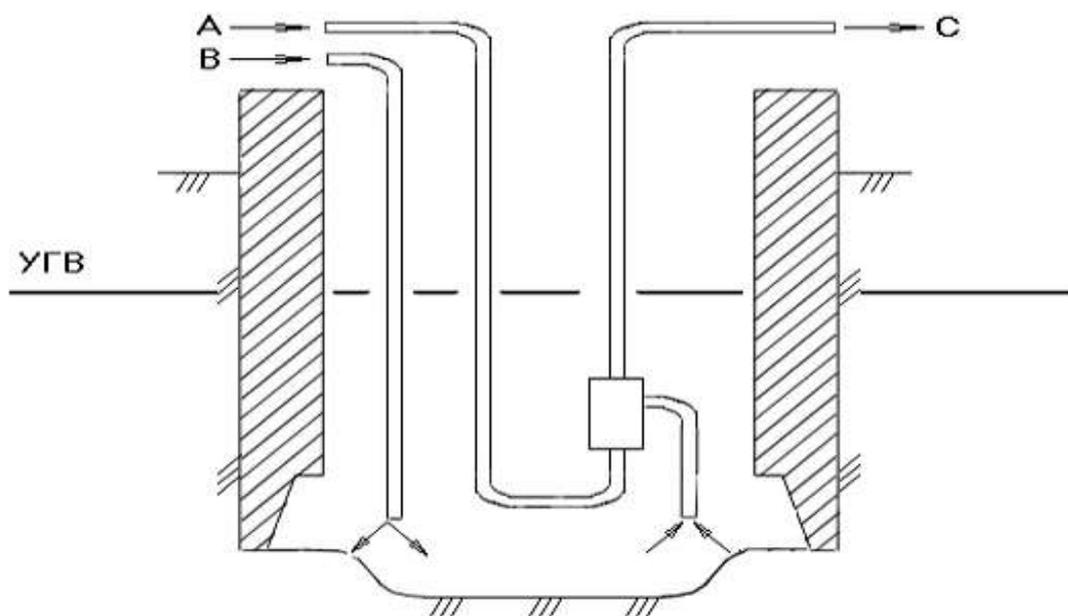


Рис. 6. Схема разработки грунта гидромеханическим методом при помощи гидроэлеватора (а – вода; б – вода; с – вода с грунтом.) и эрлифта (а – воздух; б – вода; с – вода с грунтом)

С целью снижения сил бокового трения опускные колодцы погружают в **тиксотропных рубашках**. Для этого в полость, возникающую под наружным выступом ножа по трубам расположенными между стенкой опускного колодца и грунтом нагнетают глинистый раствор с тиксотропными свойствами. Силы трения уменьшаются при этом на 90%, оставаясь только в пределах поверхности ножа. Для предотвращения прорыва глинистого раствора в область ножа применяют уплотнитель из листовой резины (рис. 7), а для предотвращения обрушения грунта в верхней части по периметру колодца закрепляют форшахту.

Бетонирование днища колодца при его опускании без водоотлива осуществляют методами подводного бетонирования (вертикальное перемещение трубы или восходящего раствора). После приобретения бетоном днища требуемой прочности воду откачивают и дальнейшие работы осуществляют обычными способами. При погружении колодцев ниже уровня грунтовых вод необходимо производить проверочные расчеты на его возможное всплытие в процессе эксплуатации.

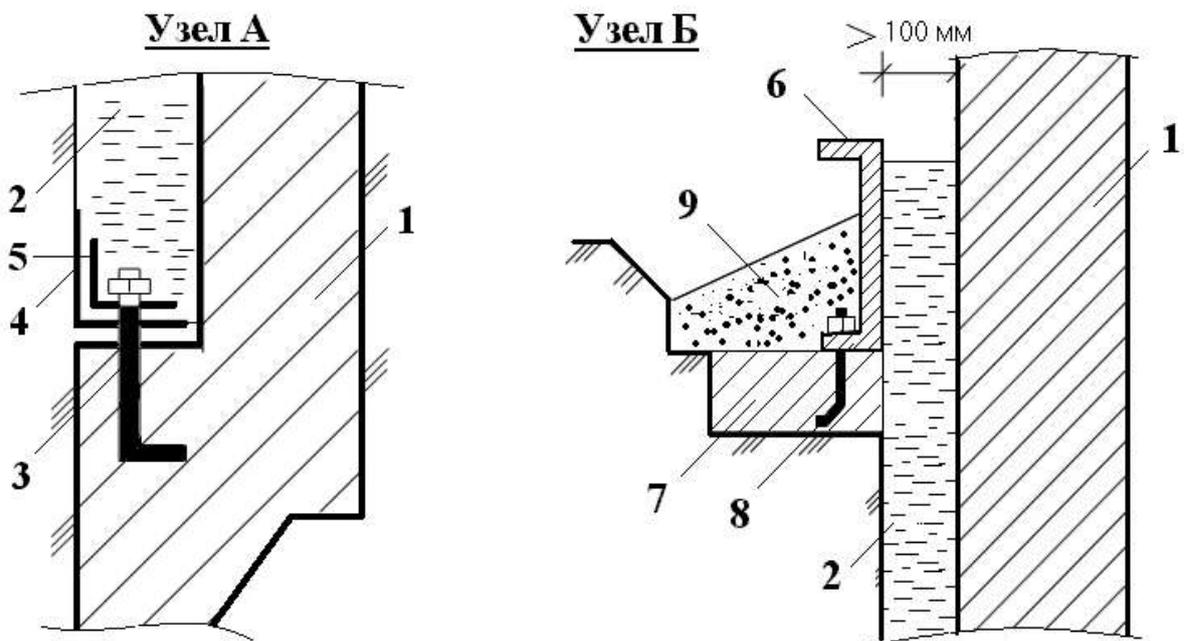
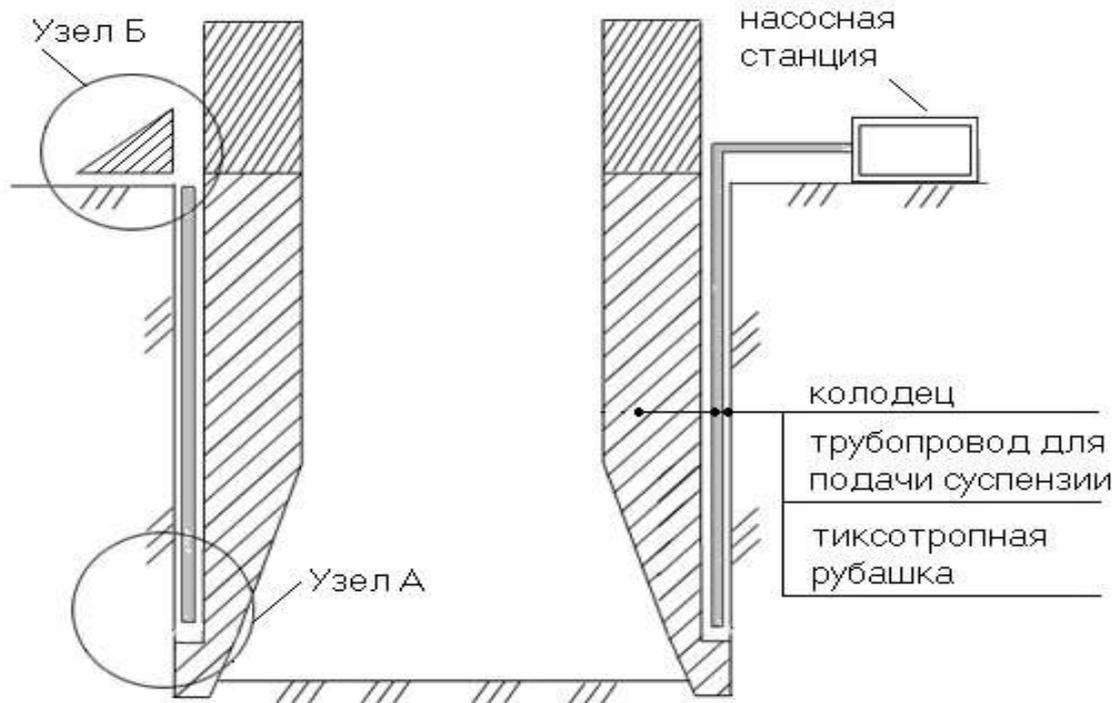


Рис. 7 Погружение опускного колодца в тиксотропной рубашке.

1 – стенка колодца; 2 – глинистый раствор с тиксотропными свойствами; 3 – анкерный болт; 4 – листовая резина; 5 – металлический уголок; 6 – форшахта (швеллер, лист с приваренным уголком); 7 – железобетонное кольцо; 8 – анкерный болт; 9 – грунтовая засыпка;

КЕССОНЫ

Кессонный метод погружения применяется если нет возможности осуществить погружение обычных опускных колодцев из-за: высокого притока воды; осложнения работ по осушению при наличии в грунте крупных включений твердых пород; производства работ вблизи сооружений, когда велика вероятность выпора грунта. Основные элементы кессона представлены на [рис. 8](#)

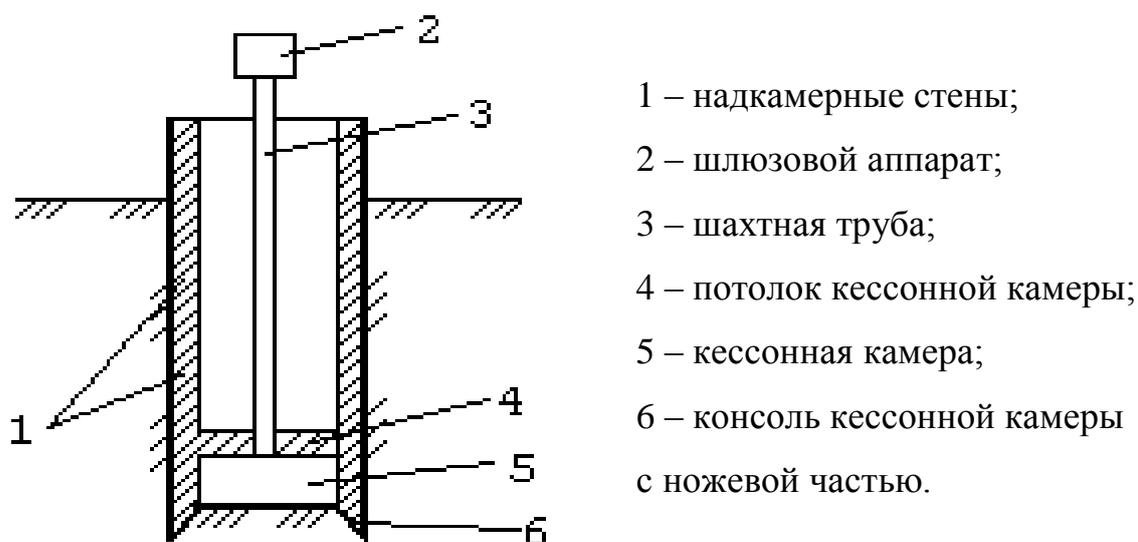


Рис. 8. Устройство кессона.

Сущность метода заключается в создании в кессонной камере определенного избыточного давления воздуха, вытесняющего грунтовые воды за пределы ножа. Это исключает наплыв грунта и воды внутрь кессона и вся работа осуществляется в осушенном пространстве кессонной камеры.

Наибольшая сложность при выполнении работ данным методом заключается в постоянном поддержании необходимого рабочего давления в камере. С этой целью, для входа и выхода людей, а также извлечения грунта, предусмотрен шлюзовой аппарат. Подача воздуха в камеру и регулировка давления в шлюзовом аппарате осуществляется отдельно по специально смонтированным трубопроводам (рабочему и резервному) подключенным к

компрессорной станции, расположенной в верхней части погруженного фундамента.

Необходимое условие погружения кессона определяется из следующего выражения:

$$Q_k + Q_p > T + P_1 * S_1 + P_2 * S_2$$

- где Q_k - масса кессона;
 Q_p - масса надкессонной конструкции и груза;
 T - общая величина силы бокового трения колодца о грунт;
 P_1 - давление грунта под ножом кессона;
 S_1 - площадь внутренней поверхности ножевой части кессона;
 P_2 - избыточное давление воздуха в кессоне;
 S_2 - площадь кессонной камеры по наружному очертанию.

Разработка грунта в кессонной камере осуществляется методами гидромеханизации и ручным способом с применением пневмоинструментов и ручных взрывов.

В отличие от опускных колодцев можно спровоцировать форсированное погружение: по периметру ножа разрабатывается траншея глубиной до 0,5 м ; после удаления из камеры людей примерно на половину снижают давление в кессонной камере (по формуле снижается величина P_2) и он быстро погружается до упора ножа в дно траншеи; в камере поднимается давление воздуха и разрабатывается грунт в центре.

Кессонный метод погружения является одним из самых надежных в любых гидрогеологических условиях, но при этом ограничена глубина погружения при нахождении в кессонной камере людей до 36 отметка ножа до 40 м (дальнейшее погружение возможно при автоматической разработки грунта в кессонной камере дистанционным методом).

После погружения кессонная камера заполняется бетоном, бутобетоном или песком с плотной подбивкой под потолок кессона. Оставшаяся пустота заполняется цементно-песчаным раствором под давлением (в некоторых случаях допускается посадка кессона непосредственно на грунт или заполнением местными глинами и суглинками).

СТЕНА В ГРУНТЕ

Сущность способа "стена в грунте" состоит в том, что при строительстве заглубленных подземных сооружений вначале сооружают стены, и уже после этого разрабатывают грунт и бетонируют днище.

К преимуществам рассматриваемого способа следует отнести:

- уменьшение в 5...6 раз объема земляных работ;
- в несколько раз сокращаются работы по устранению грунтовых вод;
- упрощается разработка грунта в ядре между стенками (полукарьерный способ);
- стоимость работ сокращается более чем на 50%;
- удобство производства работ в стесненных условиях (закрытый способ при строительстве в цехах);
- после устройства стен возможно одновременное ведение работ вниз и вверх (т.е. имеет место сокращение сроков строительства. Для этого после возведения стен устраивают перекрытие, в котором оставляют проемы для извлечения грунта).

В качестве материала стен используется монолитный железобетон или сборные железобетонные элементы.

Метод "стена в грунте" позволяет возводить сооружения заглубленные в грунт более чем на 30 м в глубоких траншеях, борта которых удерживаются от обрушения глинистой суспензией (задача: создание избыточного гидростатического давления на борта траншеи, обеспечивая их закрепление благодаря тиксотропным свойствам раствора). Другими словами должно выполняться следующее условие :

$$Q_p = K_{y.p.} \cdot (Q_r + Q_v) ,$$

где Q_p - давление на стенки траншеи глинистого раствора ;

$K_{y.p.} = 1,1$ - коэффициент условий работы;

Q_r - давление грунта траншеи приводящее к его обрушению (временное закрепление откосов) ;

Q_v - давление грунтовых вод .

Технологическая последовательность производства работ:

- * устройство пионерной (лидерной, направляющей) траншеи и воротника;
- * разработка траншей стен под защитой глинистой суспензии;
- * возведение в траншее под глинистой суспензией стены;
- * поярусная разработка грунта ядра сечения;
- * устройство днища;
- * производство общестроительных работ.

Устройство пионерной траншеи

Устройство пионерной траншеи осуществляется по необходимости для придания направления основной траншеи и устройства воротника. Осуществляется путем бурения лидерных скважин с определенным шагом, первоначальной проходки роторным экскаватором или экскаватором циклического действия.

Фартук (воротник, форшахта) возводится в верхней части будущей траншеи и предназначается для исключения обрушения грунта ([рис. 9](#)).

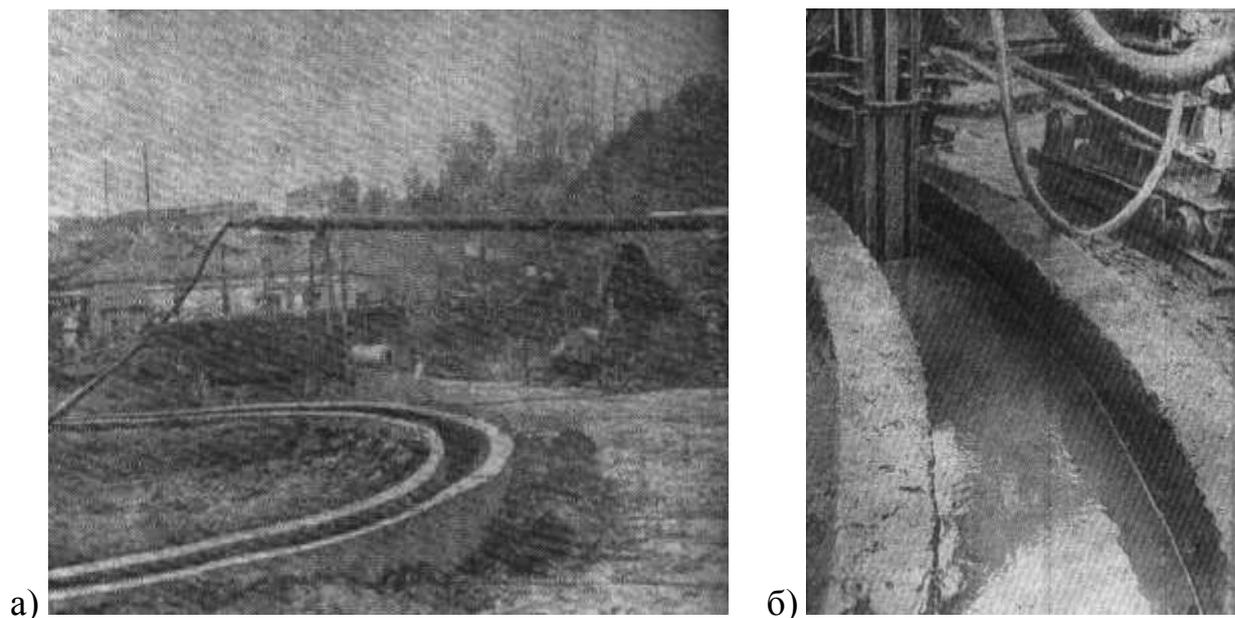


Рис. 9. а) - бетонная форшахта для круглого в плане подземного сооружения;
б) - разработка круговой траншеи гидромеханизированным траншекопателем.

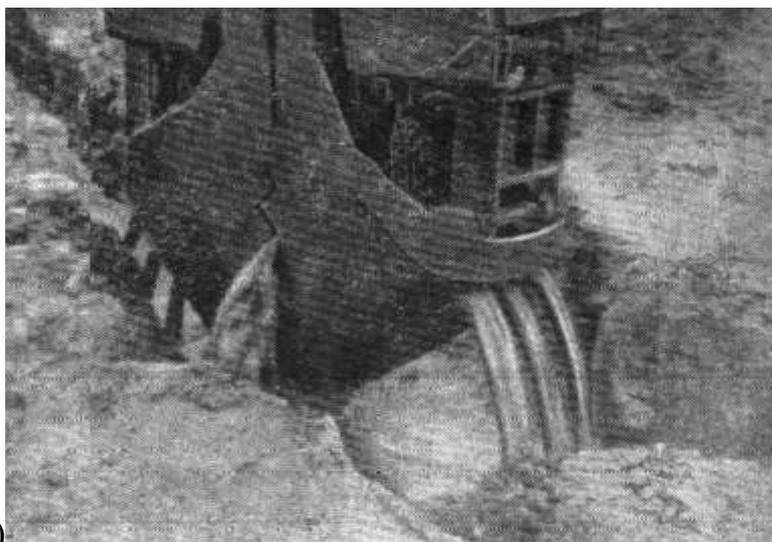
Разработка траншеи

Разработка траншеи под защитой глинистой суспензии производится с использованием различного оборудования:

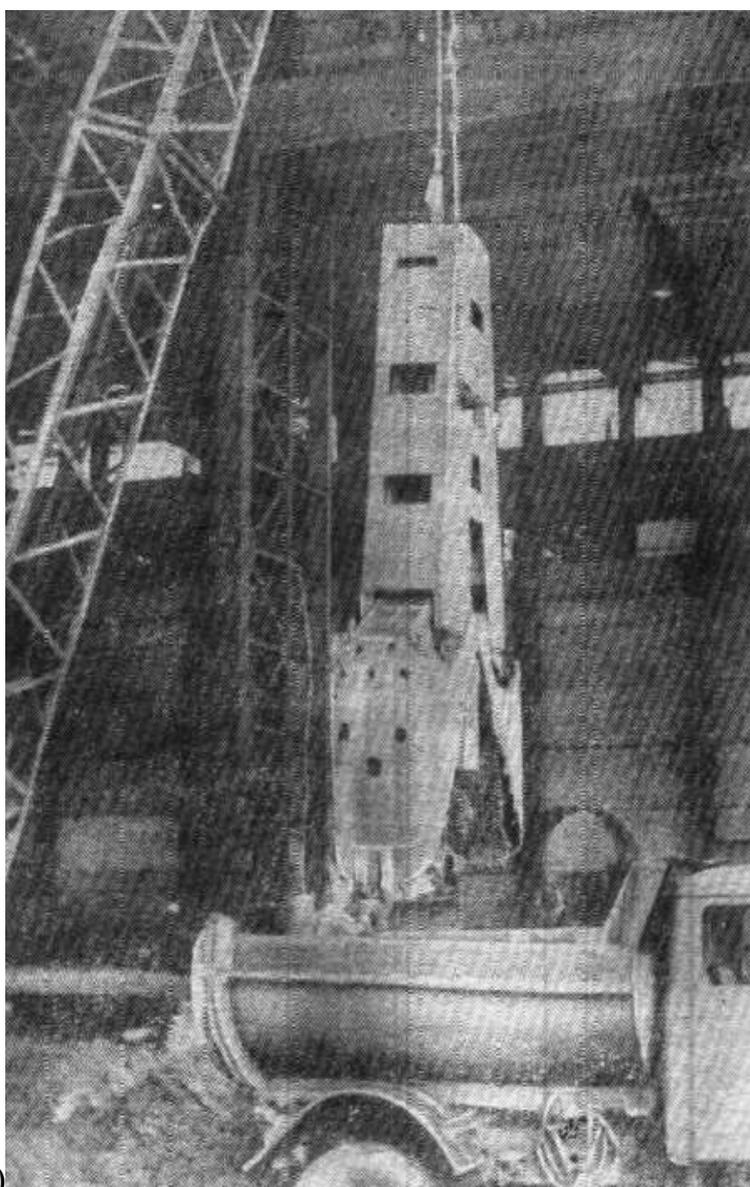
1. **Плоский грейфер** (рис.10) движется вдоль разрабатываемой траншеи. В его конструкции предусмотрены отверстия для вытекания глинистого раствора. При этом крупные фракции разрабатываемого грунта задерживаются. Технологическая схема производства работ представлена на [рис. 11](#) .



а)



б)



в)

Рис. 10. а) - разработка траншеи плоским грейфером; б) - вытекание глинистой суспензии из плоского грейфера при разработке траншеи; в) - выгрузка грунта из плоского грейфера в автомобиль-самосвал.

2. **Гидромеханизированный траншеекопатель.** Возможности: траншеи до 20 м, 600 мм шириной, при разработке мягких грунтов (песок, супесь).

Траншеекопатель оборудован приспособлениями для передвижения, подъема и вращения рабочего органа, подачи - возврата - очистки глинистой суспензии:

- перемещается на 3-х шагающих опорах ;
- рабочий орган поворачиваясь перемещается вверх-вниз, разрабатывая грунт будущей траншеи ;
- глинистая суспензия вместе с частицами грунта выносятся наверх, где очищается, проходя систему специальных сит, и используется заново.

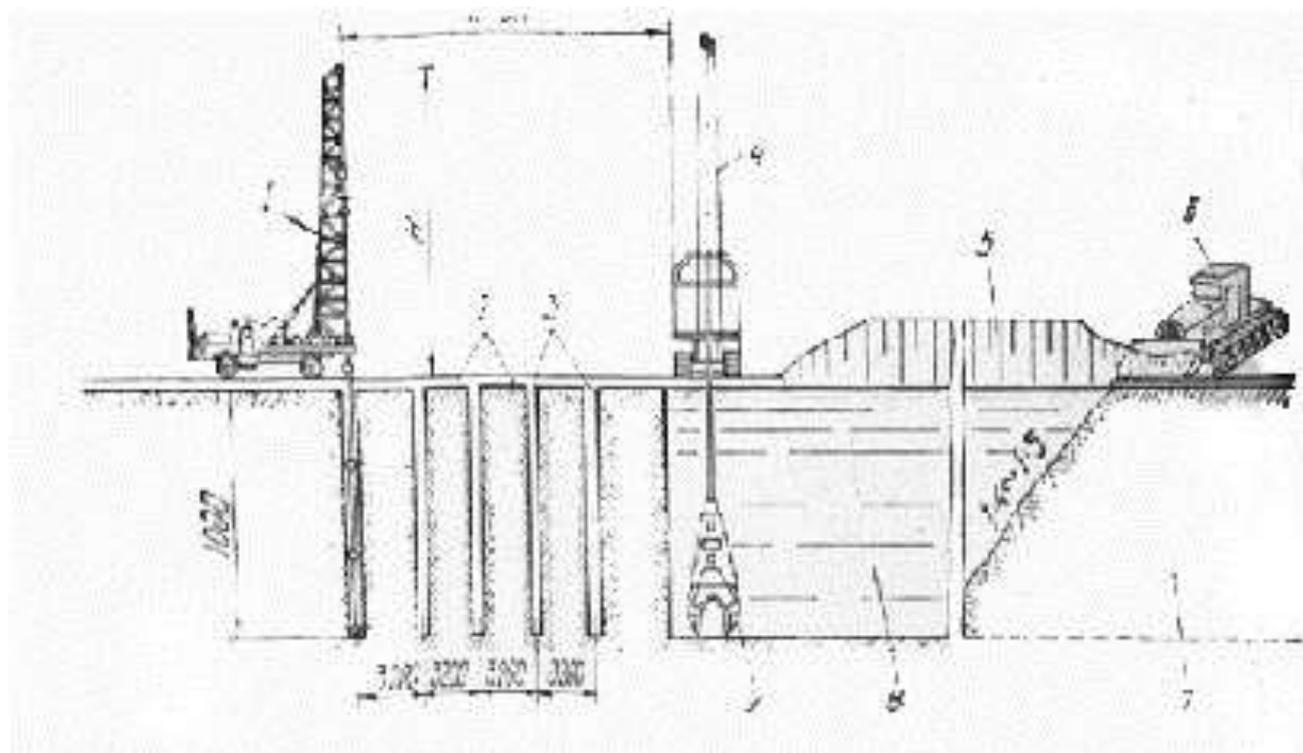


Рис. 11. Технологическая схема производства работ

3. Метод **секущихся буронабивных свай** осуществляется "С образной" трубой специальной конструкции. Технология аналогична устройству буронабивных свай в обсадной трубе (обсадная труба друг к другу) [рис. 12](#). Пре-

имущества метода заключается в возможности производства работ без использования глинистого раствора. В устойчивых маловлажных грунтах можно траншею получать путем бурения скважин друг к другу с последующей доработкой

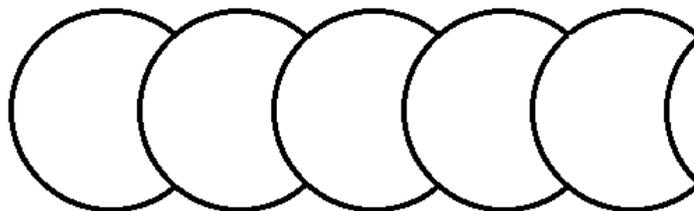


Рис. 12. Секущиеся буронабивные сваи

4. Штанговый экскаватор представлен на [рис. 13](#).

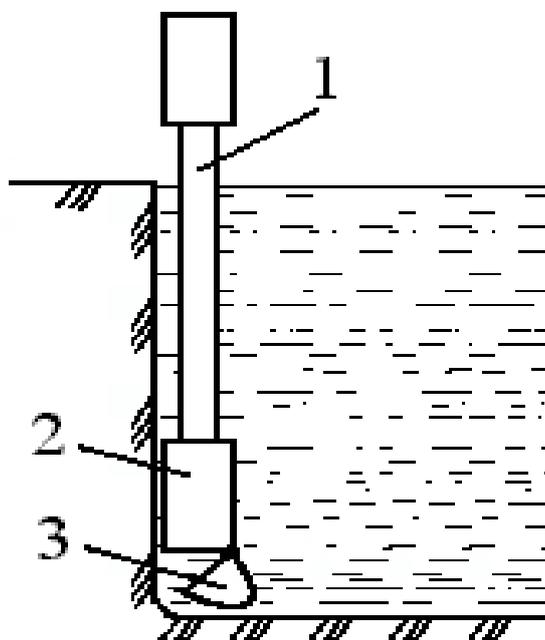


Рис. 13 Штанговый экскаватор.

1 – штанга с гидроприводом; 2 – ковш; 3 – грейферная часть ковша.

Возведение стен под глинистым раствором

- Монолитный железобетон укладывается с применением бетонолитной трубы методом вертикального подъема трубы [рис. 14](#).
- Сборные железобетонные элементы монтируются при помощи кранов с возможным исключением горизонтальных стыков.

Порядок монтажа стыка показан на [рис. 15](#).

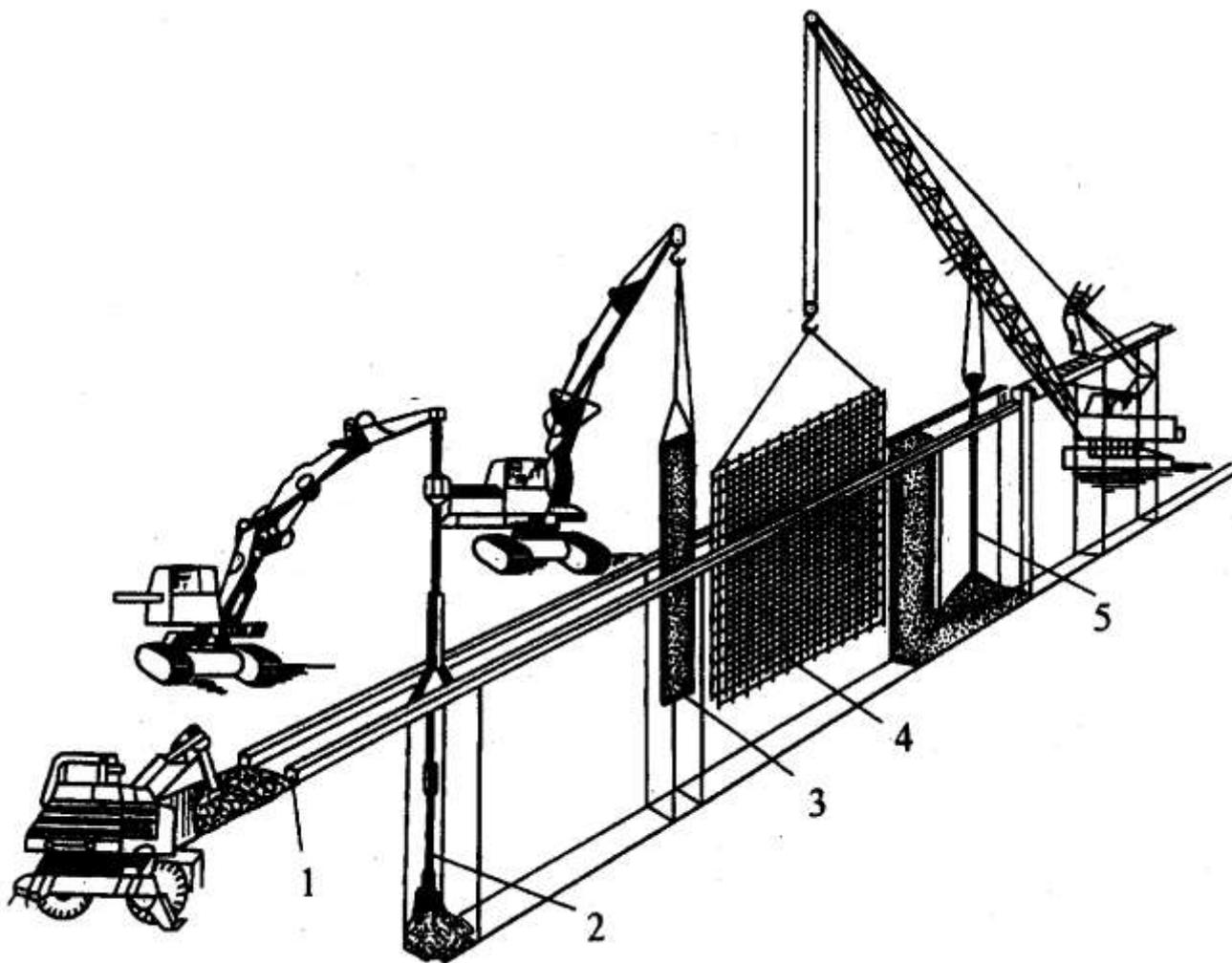


Рис. 15. Технологическая схема устройства монолитной стены в грунте:
1 – устройство формшахты; 2 – рытьё траншеи; 3 – устройство ограничителей между захватками; 4 – монтаж арматурных каркасов; 5 – бетонирование захватки методом вертикально перемещаемой трубы

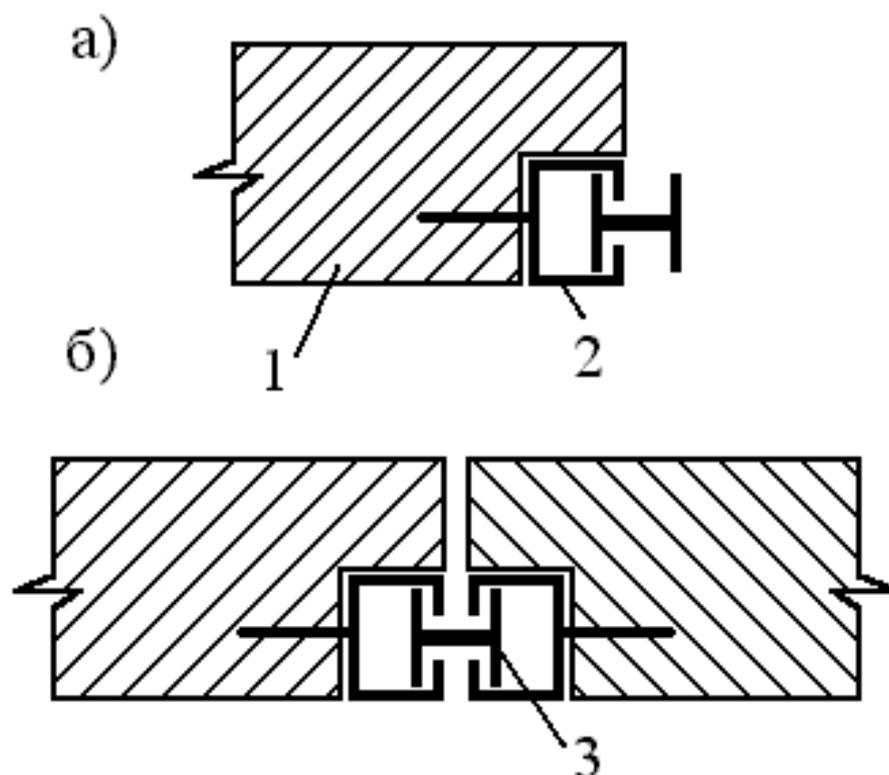


Рис.14 Конструкция стыка.

1 – сборный железобетонный элемент; 2 – направляющая закладная деталь; 3 – переставной шаблон из прокатного профиля.

После установки панели в проектное положение временно закрепляется верх стыка. Окончательное закрепление поярусно на всю высоту по мере разработки ядра сооружения.

Разработка грунта

Поярусная разработка грунта ядра сооружения осуществляется после 28 суток (100% прочность железобетонных стен или томпоажного бетона).

После разработки грунта ядра на глубину 3 м выполняют закрепление стенок (крепление стенок откосов котлована).

Сергей Борисович Коваль
Максим Вилленинович Молодцов

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
Курс лекций для заочников
Технология возведения подземных сооружений

Издательство Южно-Уральского государственного
университета

ЛР N 020364 от .12.00. Подписано в печать .12.00. Формат
60*84 1/16. Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,16. Уч.-изд. л. 1.
Тираж 100 экз. Заказ / .

УОП Издательства. 454080, г. Челябинск, пр. им. В. И. Ленина, 76.