

Л 8-15

Ограждающие конструкции котлованов, методы строительства подземных и заглубленных сооружений

При строительстве транспортных тоннелей
и объектов метрополитена

1. Классификация способов крепления котлованов
 1. Способ «Стена в грунте»
 2. Устройство стальных шпунтовых ограждений
 3. Ограждение из буронабивных свай
 4. Технология струйной цементации «jet-grouting»
 5. Устройство металлических свай с забиркой

- При открытом и полужакрытом способами работ большинство городских подземных сооружений, тоннелей и объектов метрополитена устраивается в котлованах.
- Максимальная глубина котлованов, проектируемых в городских условиях, обычно не превышает 25-30м.
- При этом строительство подземных сооружений может осуществляться:
 - - в котлованах без крепления (борта которых сформированы под углом естественного откоса грунта),
 - - в котлованах, подкрепленных ограждающими конструкциями или укрепленными грунтами.
- Классификация способов крепления котлованов (рис. 1).

1. Классификация способов крепления котлованов

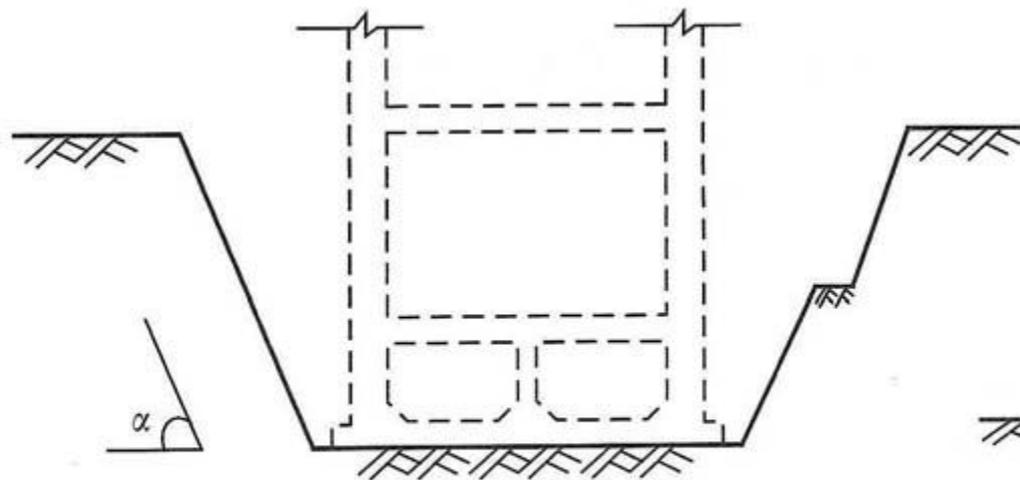


Устройство котлованов с откосами

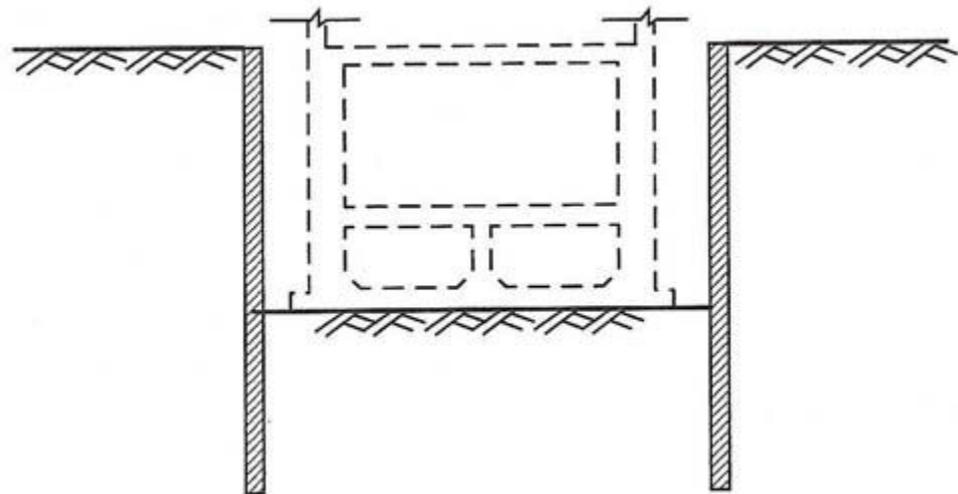
- Устройство котлованов с откосами является наиболее простым и, как правило, экономичным решением, однако применение этого способа встречает множество ограничений, особенно в условиях стесненной городской застройки.
- Ограничением, в первую очередь, является требуемая глубина котлована.
- При увеличении глубины заложения следует делать более пологие откосы, занимаемая площадь поверхности и объемы вынутого из котлована грунта существенно возрастают, что делает этот способ нецелесообразным или невозможным в силу ограниченности площадки.

Схема строительства в котловане с откосами (а) и с ограждением (б)

а)



б)

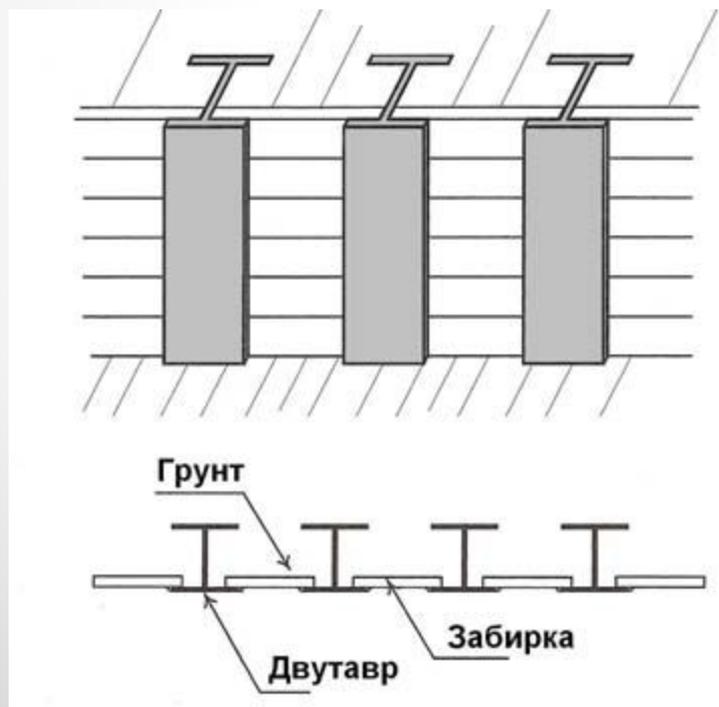


Погружение сборно-монолитного опускного колодца



Ограждение котлована из стальных элементов с забиркой (затяжкой) из деревянных элементов (досок и кругляка)

а)

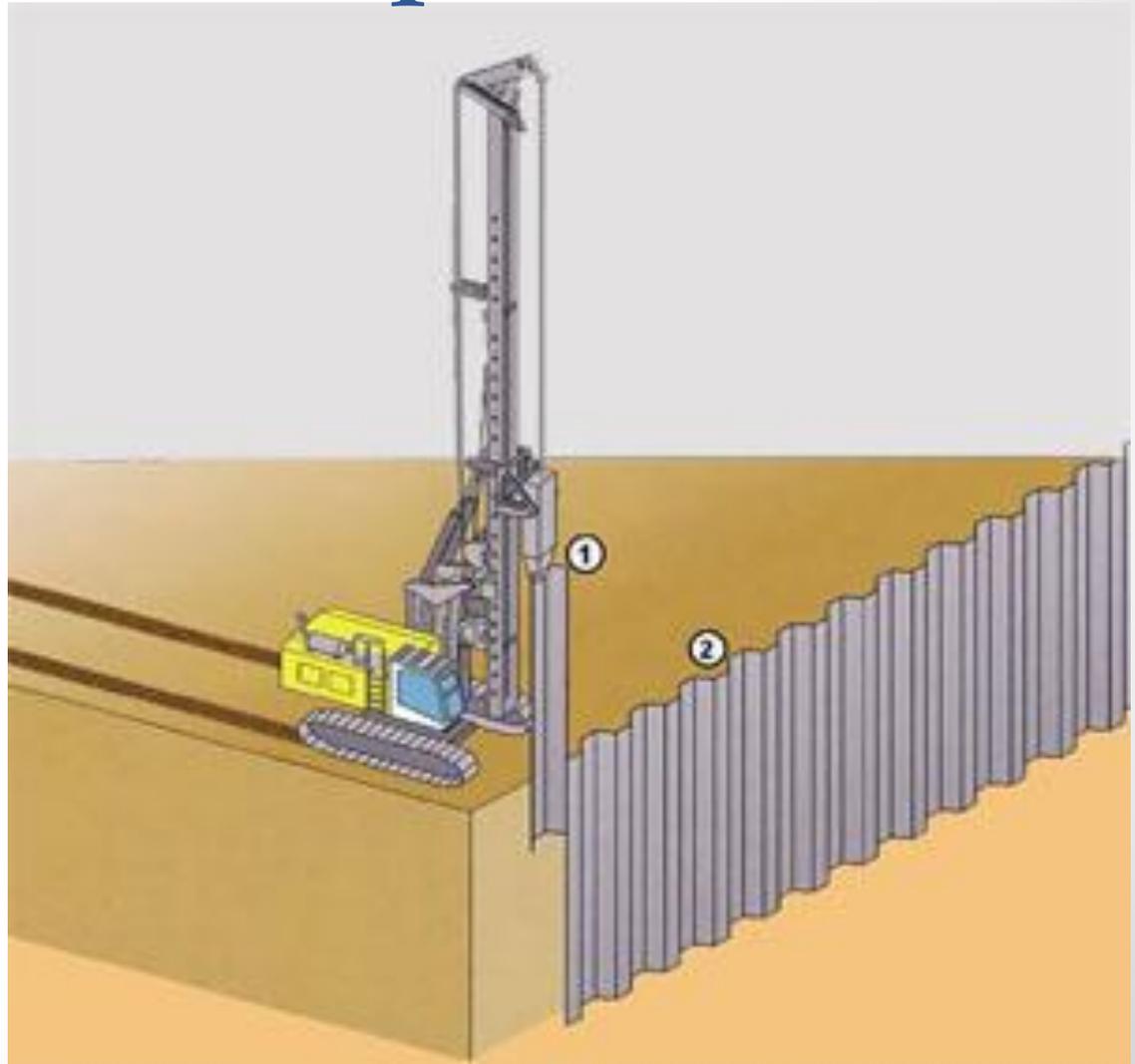


б)



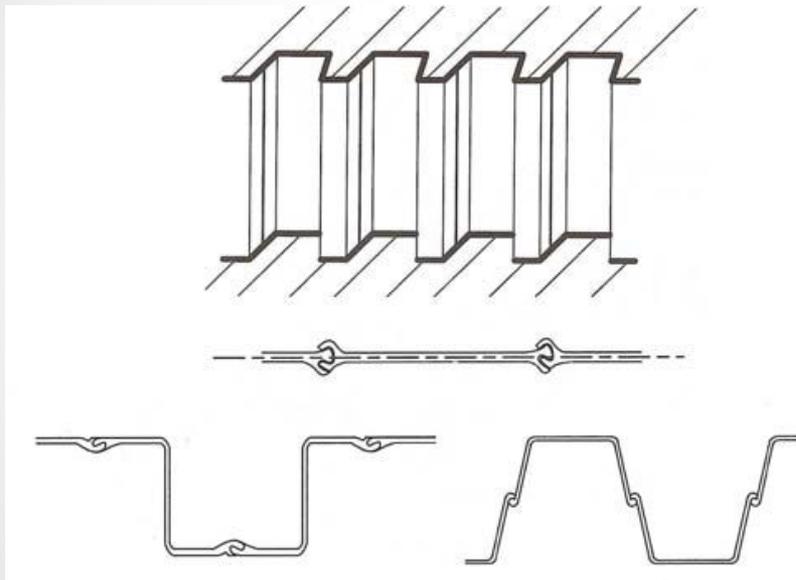
Шпунтовое ограждение

- Шпунтовая стенка представляет собой сплошную стенку, образованную забитыми в грунт деревянными, железобетонными или стальными шпунтовыми сваями.



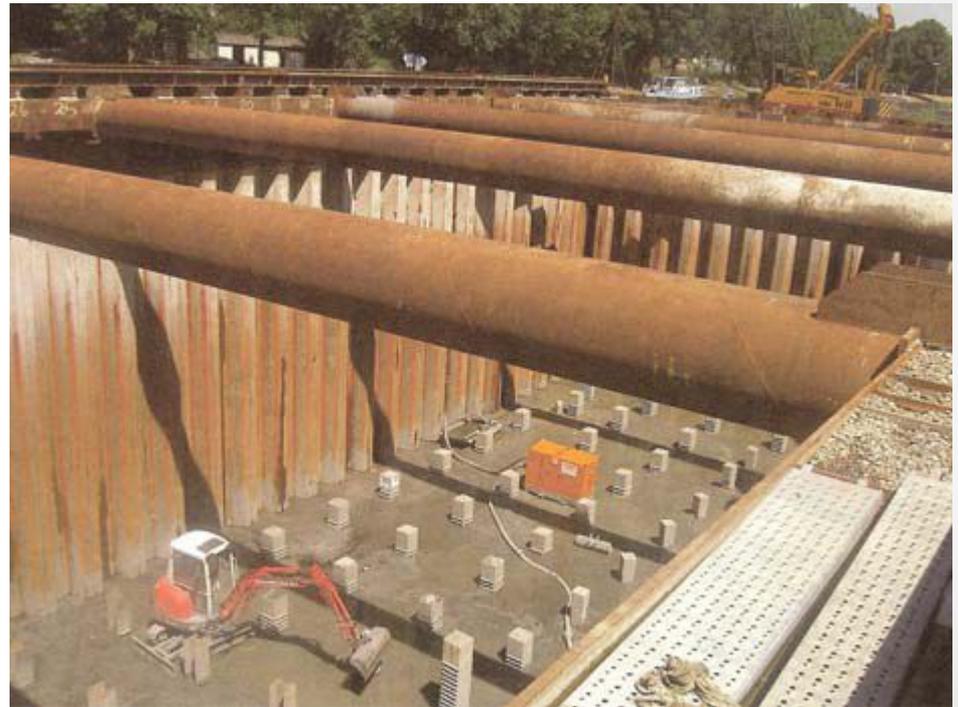
Шпунтовое ограждение из стальных профилей

а)



а) стальные профили
U и Z-образного
поперечного сечения

б)

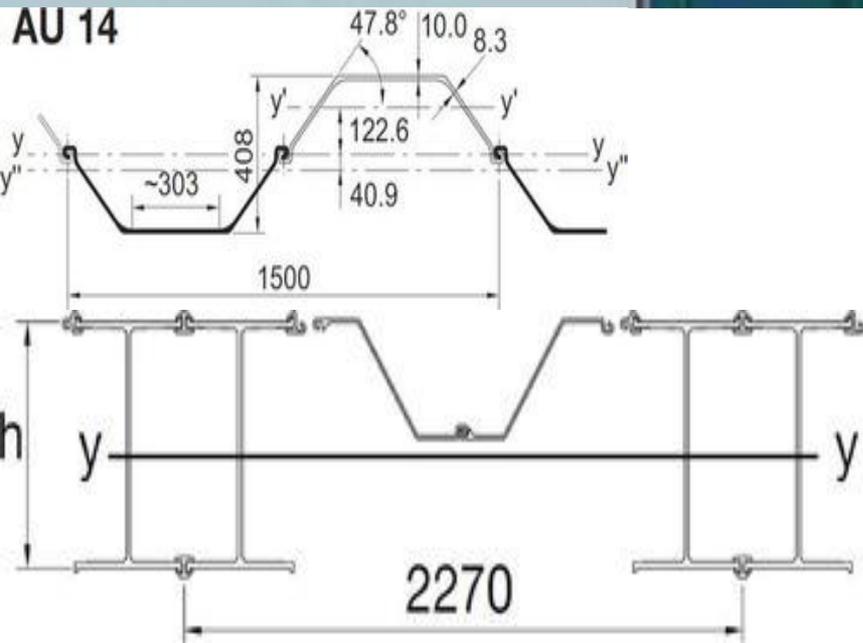


б) фото шпунтового
ограждения из стальных
профилей



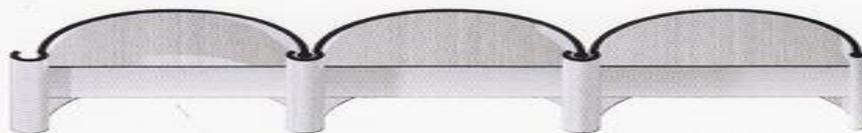
Deepwater port, Northport, New Zealand

AU 14



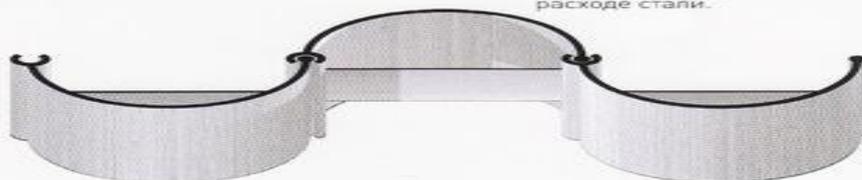
АРОЧНЫЕ

Применяются, если есть ограничения по ширине профиля, например, из-за стесненности строительной площадки.



СИНУСОИДНЫЕ

Применяются, если нужно получить максимальный момент сопротивления стенки при минимальном расходе стали.



ТРУБНЫЕ

Применяются при больших горизонтальных и вертикальных нагрузках.



ПАЛОВЫЕ

Применяются при строительстве паловых конструкций или при производстве свай большой несущей способности. Например, для фундаментов высотных зданий.



КОМБИНИРОВАННЫЕ



Экономичные, позволяют оптимизировать вертикальные и горизонтальные нагрузки и расход стали.



КОНСТРУКЦИЯ ЗАМКА

Разрывная прочность замка 150 т/пог. м
(данные Испытательной лаборатории ФГУП «ЦНИИТС», аккредитованной Российским Морским Регистром Судоходства)

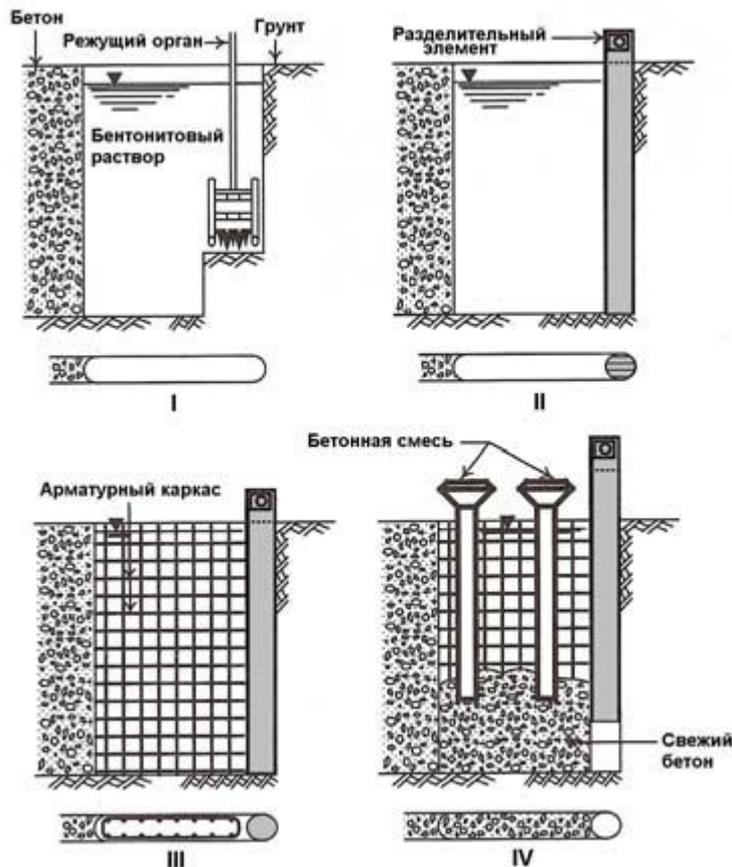


- 1) Гребневый элемент
- 2) Пазовый элемент
- 3) Корпус сваи

Последовательность устройства стены в грунте (а). Монолитная «стена в грунте», Фото (б)

а)

б)



Навесное оборудование для устройства «стены в грунте»



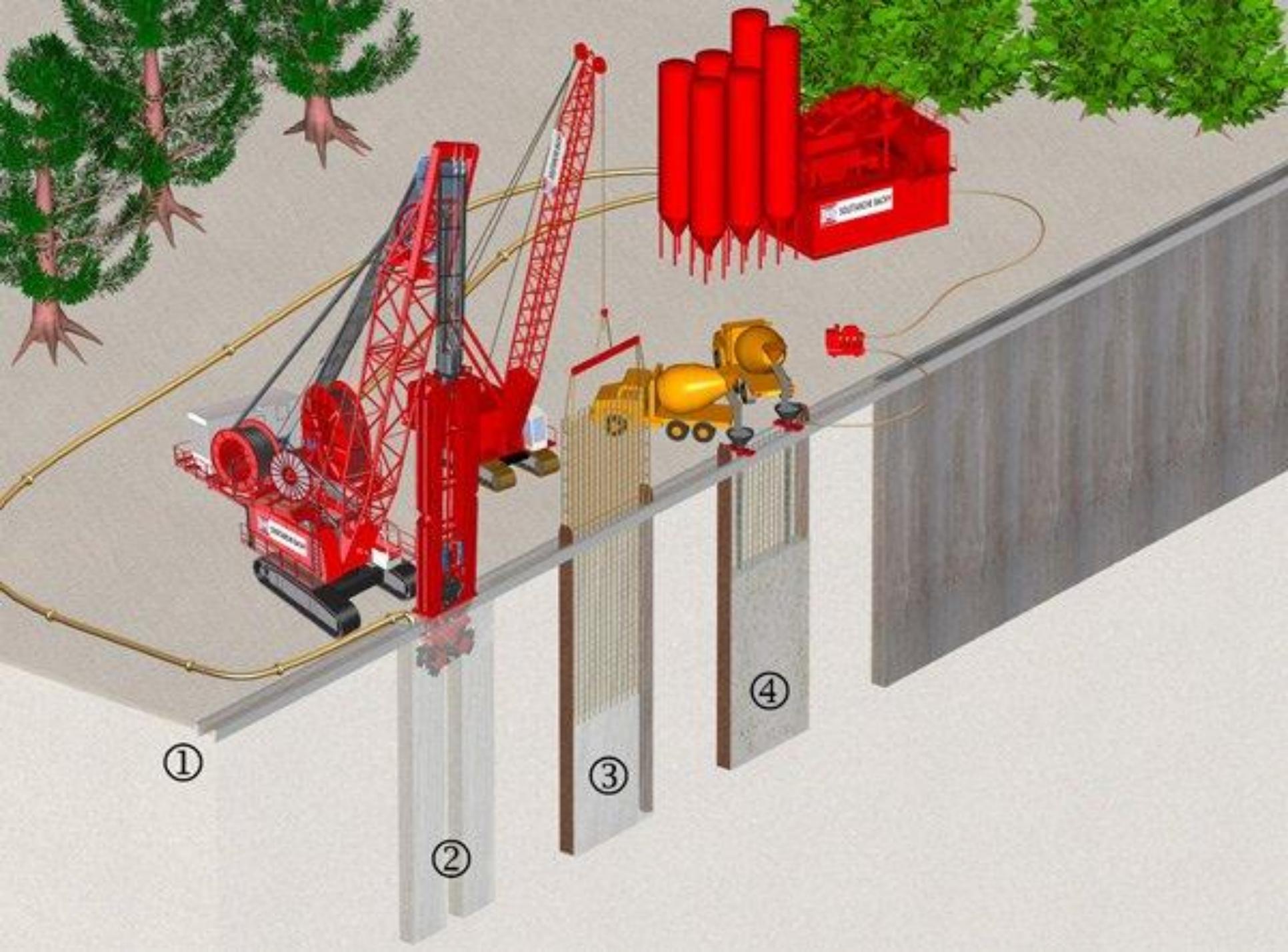
- При наличии грунтов, содержащих твердые включения природного или техногенного происхождения (крупные валуны, обломки бетонных конструкций, каменной кладки и др.) при проходке траншеи используется техника, оснащенная фрезерным оборудованием, например, фирм «Бауэр», «Касагранде».
- Использование грейферного оборудования, которым крупные включения извлекаются, может привести к деформированию стенки траншеи, падению уровня тиксотропного раствора и деформациям окружающего массива и близрасположенных зданий.

Ограждение котлованов способом «стена в грунте»

- «Стена в грунте» является одним из наиболее прогрессивных и универсальных способов для устройства подземных сооружений, возводимых в открытых котлованах.
- По назначению различают три типа стен:
 - -несущие,
 - -ограждающие и
 - -противофильтрационные;
- по материалам:
 - - монолитные,
 - -сборные и
 - -сборно-монолитные стены.

Технология строительства способом «стена в грунте»

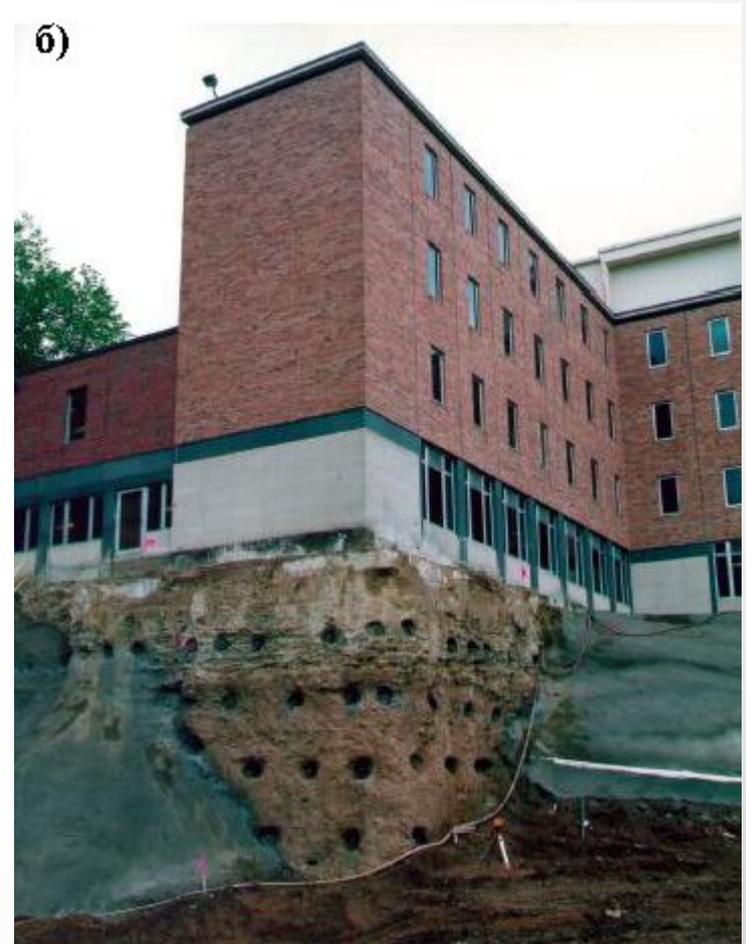
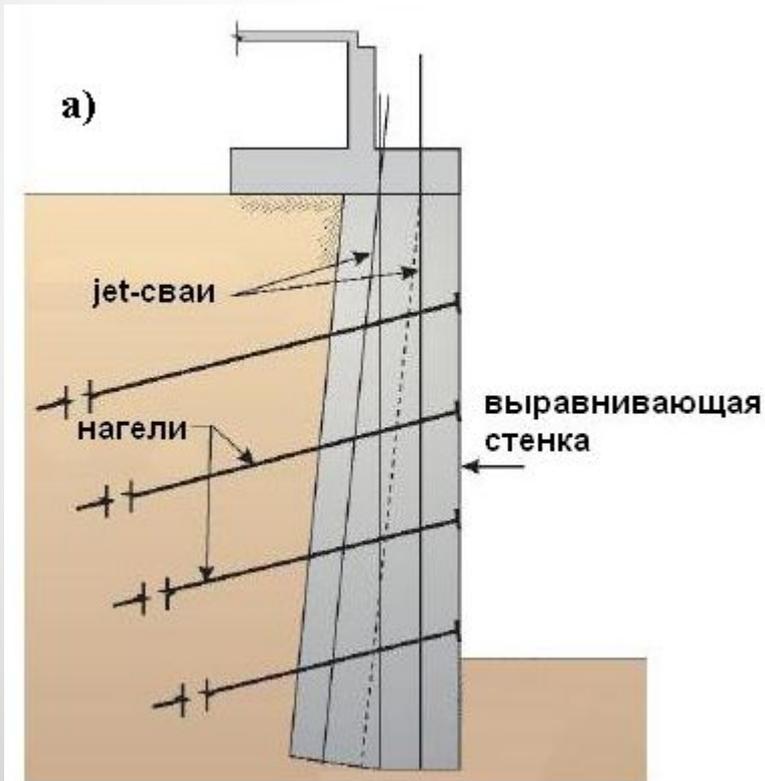
- **Состоит из пяти основных технологических этапов:**
- 1 -разработка траншеи под защитой глинистого раствора;
- 2 -установка арматурного каркаса;
- 3 -заполнение траншеи монолитным или сборным железобетоном;
- 4 -разработка грунта в ядре сооружения с замоноличиванием стыков и устройством распорных конструкций;
- 5 - устройство днища внутренних конструкций.



Способ «стена в грунте» позволяет осуществлять строительство:

- - в непосредственной близости от существующих зданий и сооружений;
- - при значительной глубине сооружения (до 30 м);
- - при больших размерах в плане и сложной форме сооружения;
- - при высоком уровне подземных вод.
- **По грунтовым условиям «стена в грунте» может применяться в любых дисперсных грунтах.**

Ограждение котлована, совмещающее функции укрепления фундамента



- При необходимости ограждающие конструкции, устраиваемые методом «стена в грунте», могут выполнять двойную функцию:
- -являются и ограждением котлована, и
- - конструктивным элементом,
- но при этом изменяется конструктивная схема подземной части здания и производится два расчета:
- -на ограждение котлована «стена в грунте» и
- -на боковое давление грунта и расчет «стен» на вертикальную нагрузку.

Сборные или сборно-монолитные конструкции «стены в грунте»

- позволяют получить:
- гарантированную марку бетона стен по прочности и водонепроницаемости;
- гарантированную геометрию и чистую поверхность стен;
- возможность установки в заводских условиях закладных деталей и сальников для подводки коммуникаций;
- увеличение скорости возведения конструкции на 15 - 20 %;
- снижение трудоемкости работ;

- **Основным недостатком сборной стены является недостаточное сцепление стенового блока и бетонного заполнения в условиях сложного пространственного нагружения.**

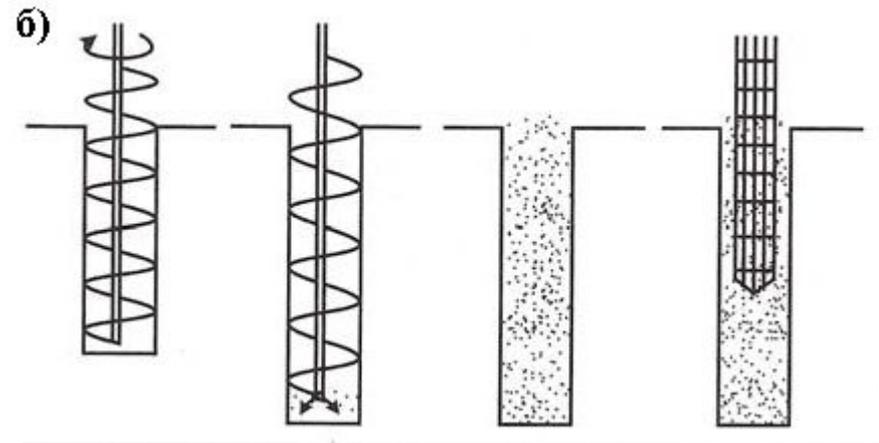
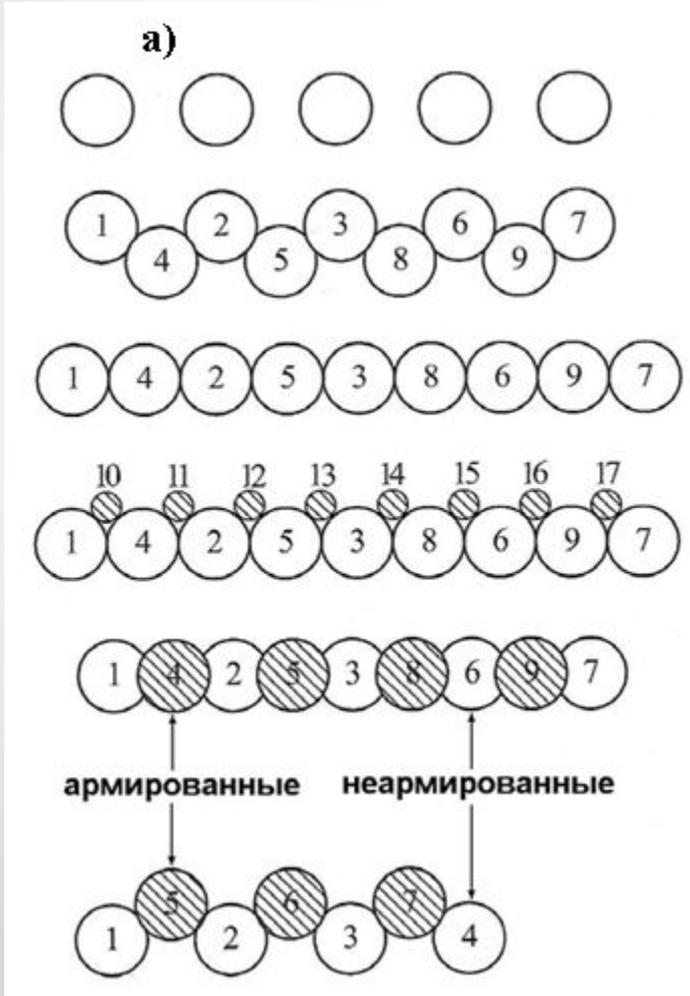
1. Классификация способов крепления котлованов



Варианты ограждений из буровых свай

а) -Варианты планового расположения ограждений свай в составе ограждения котлованов;
Номерами показана последовательность устройства свай;

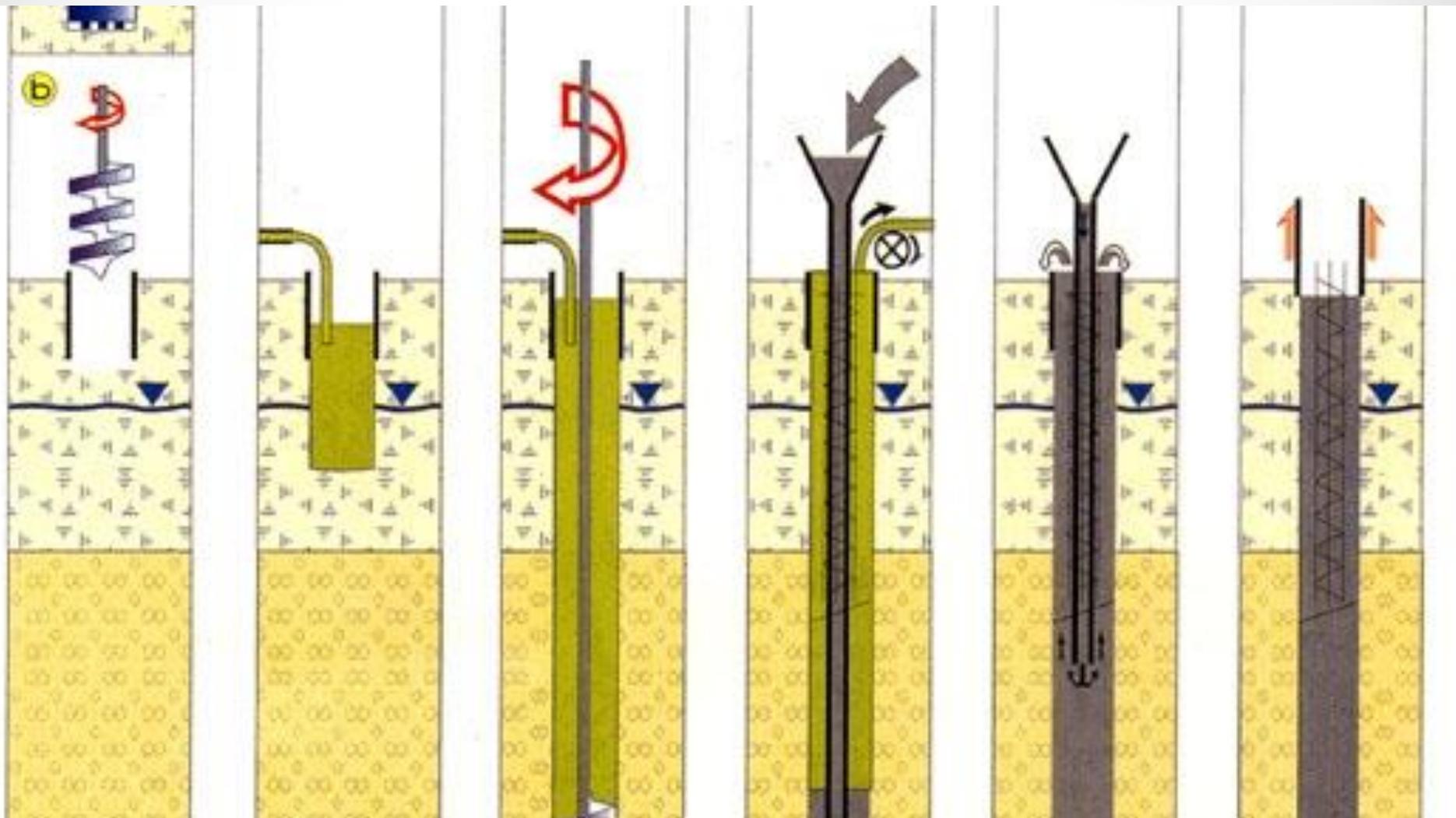
б) -Технология устройства тела сваи: бурение под защитой инвентарной обсадной трубы;
Бетонирование скважины снизу-вверх; погружение в несхватившийся бетон арматурного каркаса.



Применение ограждения из буровых свай

- Если УПВ ниже дна котлована и при водопонижении, ограждение котлована может быть выполнено из отдельно стоящих, касательных или секущихся буровых свай:
- - при возможных потерях бентонитового раствора при устройстве «стены в грунте» и при сложной форме конфигурации подземного сооружения ограждение котлована выполняют из буросекущихся свай $D 0,6-1,2$ м;
- - при отсутствии подземных вод применяют отдельные сваи меньших диаметров.
- Прочность и жесткость буровых свай достаточна для котлованов глубиной до 20-25 м.
- Недостатки: плохая гидроизоляция и высокая стоимость

Технология устройства буронабивных свай



Ограждение котлованов выполненное с применением струйной технологии (jet-grouting)

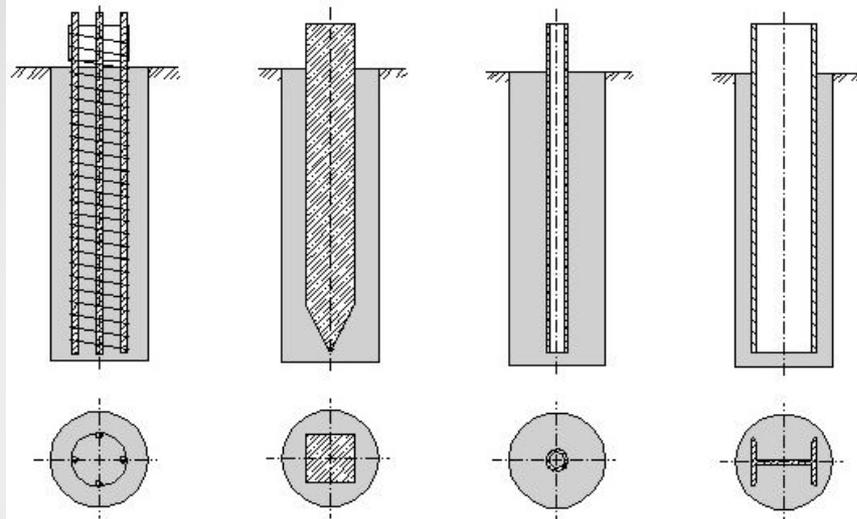
а)

Армокаркас

Железобетонный сердечник

Металлическая труба

Швеллер



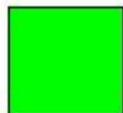
б)



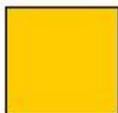
- Современные технологии ограждающих конструкций котлованов имеют как преимущества, так и недостатки.
- Эффективность применения которых определяется грунтовыми и гидрогеологическими условиями, глубиной и размерами котлована, наличием окружающих зданий, сооружений и коммуникаций.

Составление технико-экономических показателей типов ограждения котлованов

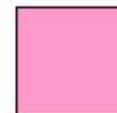
Тип ограждения	Грунтовые условия				Водопроницаемость	Прочность и жесткость	Шум и вибрация	Влияние на окружающую застройку	Возможная глубина котлована	Скорость строительства	Возможность воспринять нагрузку от здания	Экономичность
	Слабые грунты	Влажные пески	Водонасыщенные пески	Гравелистые и скальные грунты								
Ограждение из металлических элементов с забиркой	Плохо	Удовлетворительно	Плохо	Удовлетворительно	Плохо	Плохо	Плохо	Плохо	Плохо	Хорошо	Плохо	Хорошо
Шпунтовое ограждение	Удовлетворительно	Хорошо	Удовлетворительно	Плохо	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Плохо	Удовлетворительно	Плохо	Хорошо	Плохо	Удовлетворительно
Стена в грунте	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Удовлетворительно	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Плохо	Хорошо	Плохо
Ограждение из свай	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Плохо	Хорошо	Плохо
Ограждение с применением струйной или смешительной технологии	Плохо	Хорошо	Удовлетворительно	Плохо	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Плохо



Хорошо



Удовлетворительно

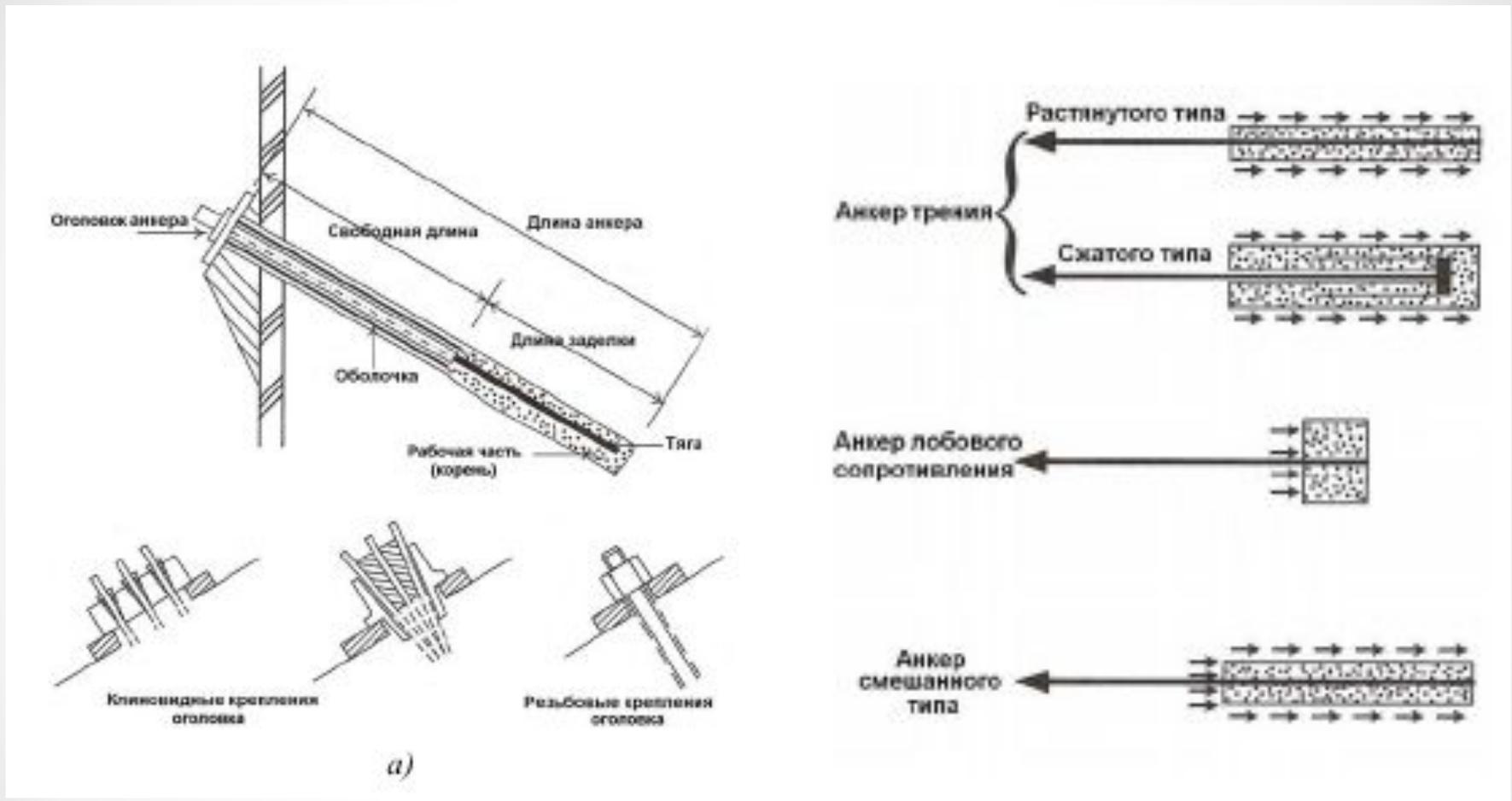


Плохо

Винтовые сваи

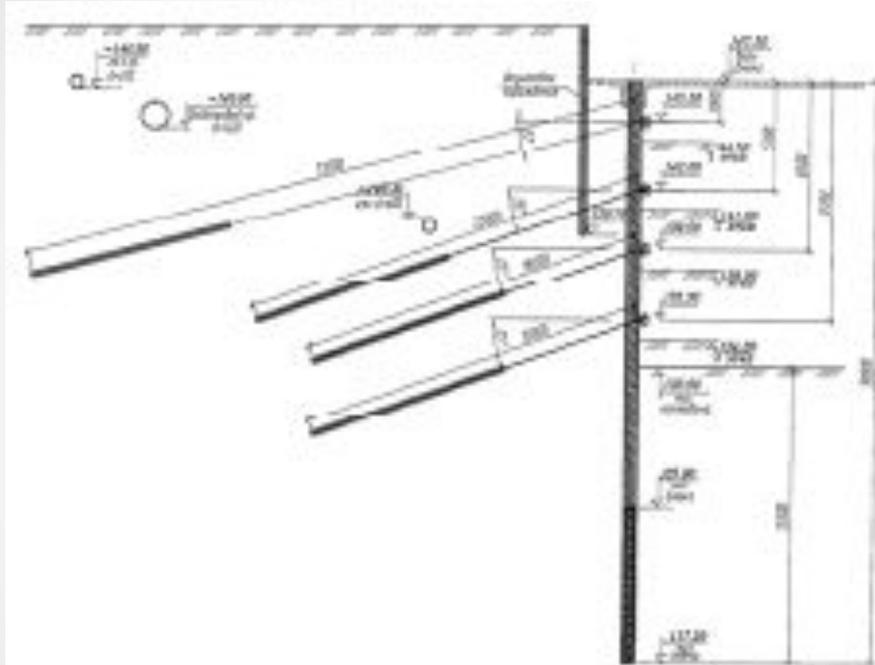
- Винтовая свая представляет собой стальную трубу с заостренным наконечником и режущими лопостями в нижней части. Сваи устанавливают в грунт путем вкручивания с помощью специальной техники

Крепление грунтавыми анкерами



Конструкция инъекционного грунтового анкера (а) и типы анкеров (б).

Пример крепления грунтавыми анкерами



а)



б)

Схема анкерного крепления (а) и котлован (б) московского Океанариума на Поклонной горе.

Нагельное крепление ограждения котлованов

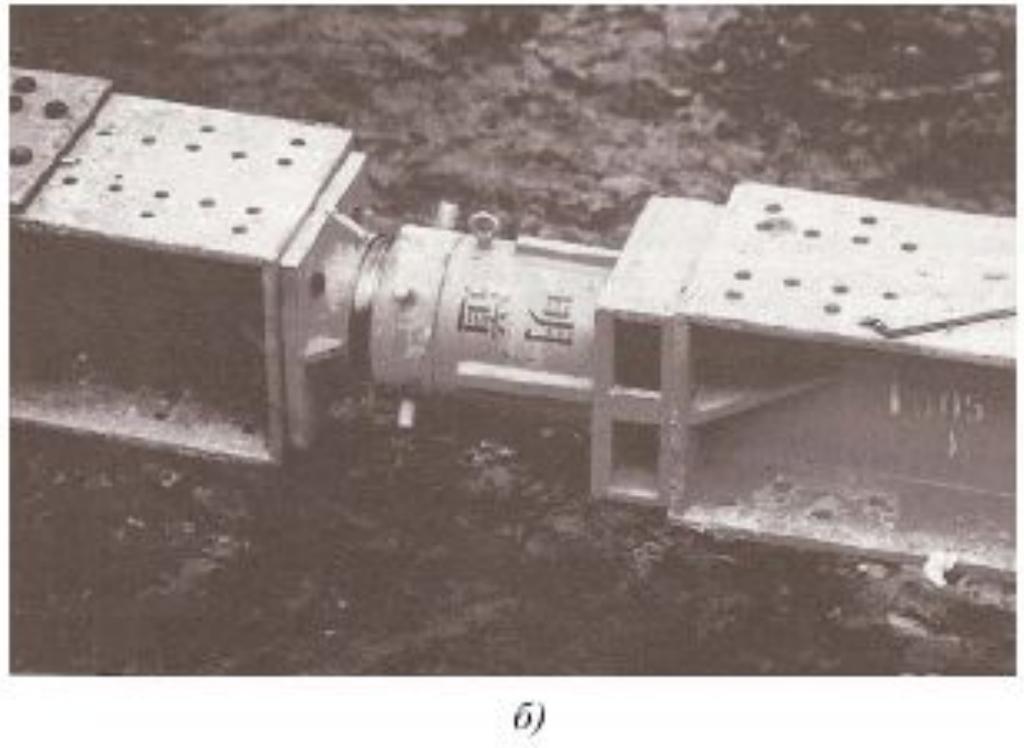
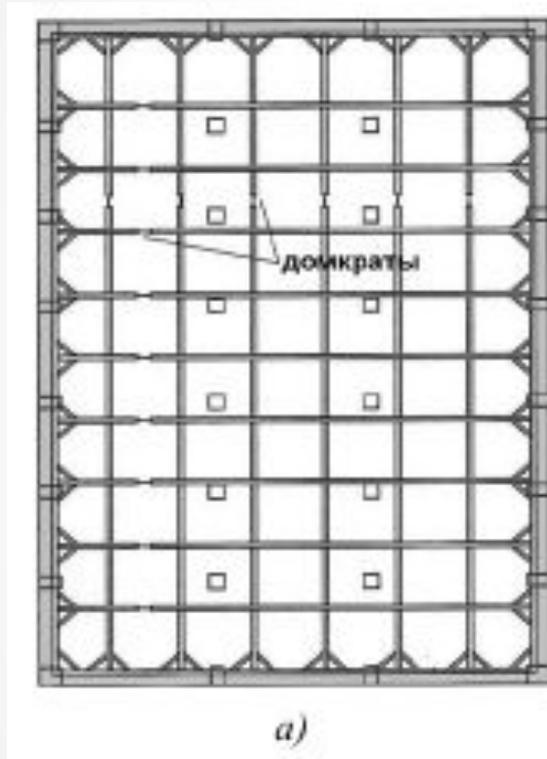
Нагельное крепление ограждений котлованов по схеме работы близко к анкерному. Нагели обычно представляют собой стержневые или трубчатые элементы, погружаемые в грунт по мере разработки котлована, армирующие грунтовый массив и воспринимающие выдергивающие усилия. Отличием нагелей от грунтовых анкеров является их более простая конструкция и отсутствие предварительного натяжения. Пример нагельного крепления котлована приведен на рис. 10. Нагели устанавливают с меньшим, чем анкеры шагом по высоте и в плане. Нагельные крепления в комбинации с торкретированием стенок котлована, как правило, применяют в условиях глубокого залегания подземных вод и в грунтах с хорошими физико-механическими свойствами.

Крепление котлованов «расстрелами»



Многоярусное распорное крепление котлована.

Инвентарное крепь ограждения котлованов



Распорное крепление из инвентарных элементов (а) и конструкция преднапрягающего домкрата (б).

Распорное крепление с помощью ферм



a)



б)

Распорное крепление котлованов с помощью горизонтальных (а) и вертикальных (б) ферм.

Комбинированные удерживающие системы.



а)



б)

На практике также часто используются различные комбинированные удерживающие системы ограждений котлованов, включающие в себя как элементы анкерного, так и распорного крепления. Для котлованов сложной и неправильной конфигурации в плане применяют комбинацию этих типов крепления на разных участках периметра (рис. 17.а). На участках сужения котлована или угловых участках более рациональным бывает использование распорных систем, в то время как в местах максимальной ширины котлована преимущество отдается анкерному креплению. Комбинации анкеров и распорок по высоте ограждения (рис. 17.б) встречаются, когда нижний ярус крепления необходимо разместить ниже уровня подземных вод и при этом обеспечить гидроизоляцию подпорной конструкции

«Островной» метод строительства под защитой берм.



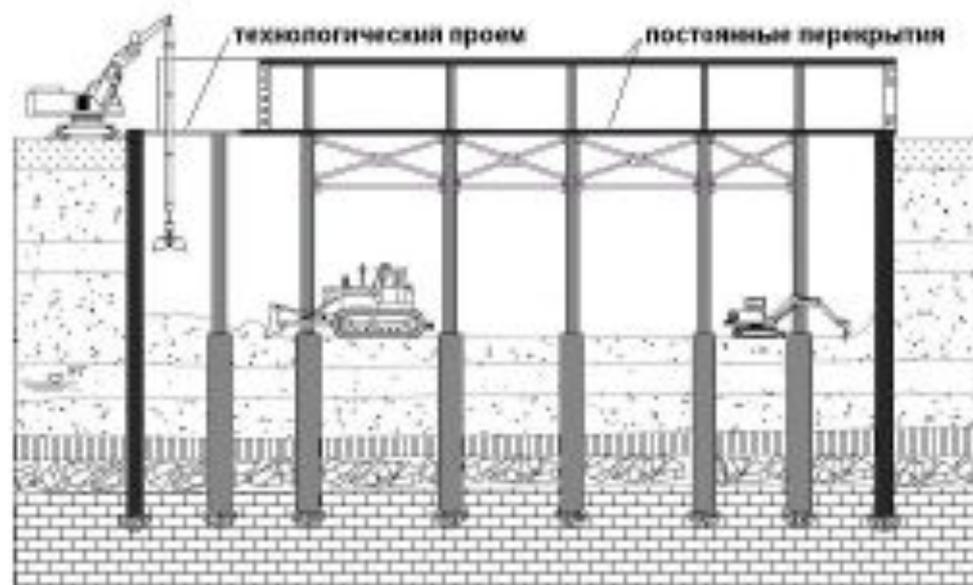
а)



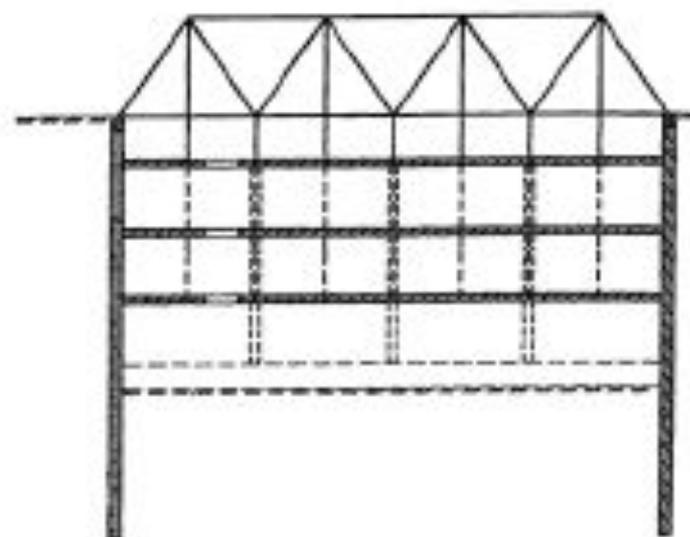
б)

При больших в плане размерах подземного сооружения возможно использовать так называемый «островной» метод строительства. Для этого экскавация котлована выполняется в две стадии. На первой стадии до проектной отметки разрабатывается центральная часть котлована, по периметру оставляются грунтовые целики - бермы, удерживающие подпорную конструкцию. В центральной части котлована возводятся фундаментные конструкции, возможно совместно с каркасом подземной части. На втором этапе осуществляется разработка грунтовых берм с устройством наклонных подкосов в фундаментную конструкцию (рис. 18.а) или распорок, упираемых в перекрытия каркаса центральной части сооружения (рис. 18.б).

Строительство подземного сооружения по технологии «top-down».



а)



б)

Строительство подземных и заглубленных сооружений в стесненных городских условиях часто ведется с помощью полужакрытого способа устройства котлована по технологии «top-down» (сверху-вниз), позволяющего минимизировать влияние строительства на природное напряженно-деформированное состояние грунтового массива.

При значительных размерах котлованов в плане используют комбинированный метод разработки грунта (semi-top-down), в котором возведение конструкций подземной части по периметру котлована выполняется способом «top-down», а в центральной части – по классической схеме снизу-вверх.



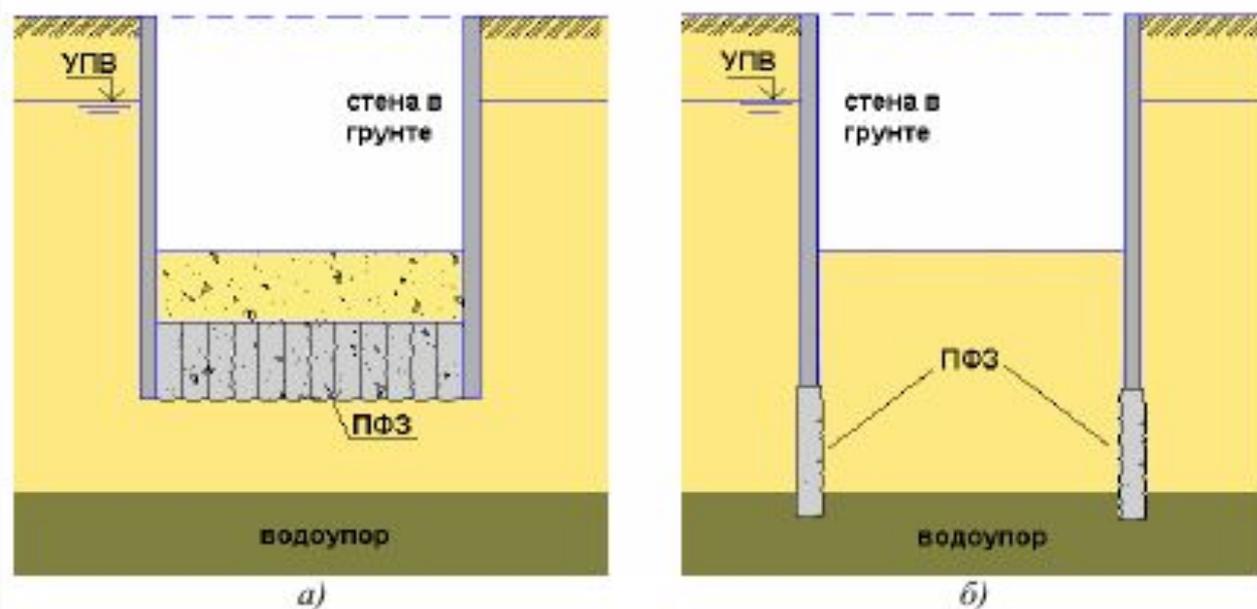
a)



б)

Возможны две схемы выполнения работ комбинированным методом. Для первой схемы характерно, что устройство участков дисков перекрытий по периметру осуществляется в процессе поэтапной экскавации котлована (рис. 20.а). Вторая схема предполагает сохранение грунтовой призмы по контуру котлована, строительство центральной части сооружения снизу-вверх, поэтапную экскавацию грунта в контурной зоне котлована с одновременным объединением центральных фрагментов перекрытий с периметральными, устраиваемыми поэтапно на поверхности грунтовой призмы (рис. 20.б).

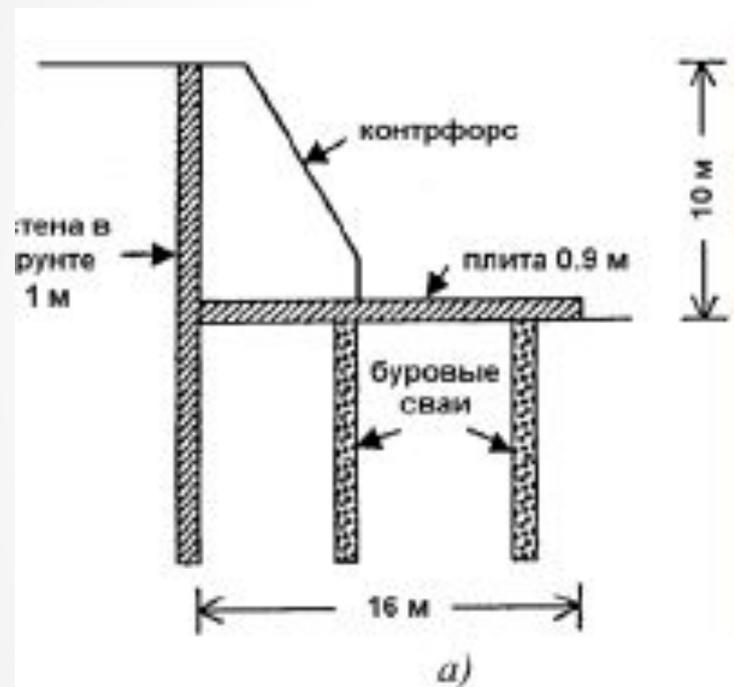
Схемы создания противофильтрационных завес при устройстве котлованов.



противофильтрационные завесы в днище котлована (рис. 21.а).

Другим вариантом защиты котлована от подземных вод может являться вертикальная ПФЗ, размещаемая по периметру. Такая противофильтрационная завеса также выполняется с помощью струйного монитора, погружаемого до водоупора через оставляемые в «стене в грунте» полые трубки (рис. 21.б).

Устройство ограждающих конструкций котлованов с контрфорсами.



Применение ограждения из буровых свай

- - Если УПВ ниже дна котлована и при водопонижении ограждение котлована м.б. выполнено из отдельно стоящих или касательных буровых свай.
- - При возможных потерях бентонитового раствора при устройстве «стены в грунте» и при сложной форме конфигурации ПС выполняют ограждение котлована из бурсекущихся свай, D 0,6-1,2 м,
- - При отсутствии подземных вод применяют отдельные сваи меньших диаметров.
- Прочность и жесткость буровых свай достаточна для котлованов глубиной до 20-25 м (рис. б).
- Недостатки: -плохая гидроизоляция;
- -высокая стоимость

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!