

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

69.05 (07)
K563

С.Б. Коваль, М.В. Молодцов

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Курс лекций для заочников

Технология возведения земляных 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 земляных сооружений – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2003. – 25 с.

Приведены классификации земляных сооружений и требования, предъявляемые к ним. Рассмотрены основные способы разработки грунтов. Описаны последовательности и особенности производства работ закрытым способом буровзрывным способом. Рассмотрены вопросы взаимоувязки работ.

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

Ил. 24, табл. 3.

Одобрено учебно-методической комиссией архитектурно-строительного факультета.

Рецензенты: Кромский Е.И.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Оглавление	3
Классификация земляных сооружений.....	4
Способы разработки грунта.....	5
Механический способ	5
Гидромеханический способ	8
Взрывной способ	9
Комбинированный способ	10
Закрытый способ разработки грунта.....	13
Буровзрывной способ.....	17
Проходка тоннеля.....	18
Возведение постоянной обделки тоннеля	21
Возведение свода постоянной обделки	22
Возведение обратного свода (лотка)	23
Первичное нагнетание цементно-песчанного раствора	24
Взаимоувязка процессов производства земляных работ.	26

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ.

Земляное сооружение – инженерное сооружение, устраиваемое из грунта в грунтовом массиве или возводимое из грунта, уложенного на поверхности земли.

Классификация земляных сооружений осуществляется в зависимости от различных признаков:

по отношению к поверхности земли разделяют

выемки – земляные сооружения созданные в грунтовом массиве ниже поверхности земли;

насыпи – сооружения возводимые из грунта выше поверхности земли;

подземные выработки – возводятся на определенной глубине и закрытые с поверхности земли;

- **по функциональному назначению:**

гидротехнические – плотина, дамба, канал...;

мелиоративные – искусственные пруды, водоподводящие и осушительные каналы...;

дорожные – нижнее строение автомобильных и железных дорог;

промышленного и гражданского назначения – спланированные площадки, котлован, траншея, тоннель, отвал...;

- **по срокам службы:**

постоянные – эксплуатация в течении длительного времени;

временные – устраиваются для выполнения последующих строительно-монтажных работ.

СПОСОБЫ РАЗРАБОТКИ ГРУНТА.

1) **Механический способ** заключается в отделении грунта от земляного массива резанием с помощью землеройно-транспортных и землеройных машин без предварительной обработки и рыхления.

2) **Гидромеханический способ** заключается в разработке грунта с помощью напорной водяной струи гидромониторных установок и/или намыве грунта при устройстве вертикальной планировки и т. д.

3) **Взрывной способ** заключается в разработке грунта с помощью взрывов предназначен для возведения различных инженерных земляных сооружений.

4) **Комбинированный способ** заключается в выполнении различных подготовительных мероприятий с целью улучшения свойств грунта перед его дальнейшей разработкой: рыхление, размораживание, регулирование влажности и т. д.

5) **Закрытый способ** выполняется при разработках подземных выработок, а также при прокладке инженерных сооружений без разработки грунта. Различают следующие основные методы закрытой проходки: прокалывание, продавливание, горизонтальное бурение, вибропрокалывание, щитовая проходка, штольневая проходка, буровзрывной способ.

Механический способ

Механический способ производства земляных работ позволяет значительно сократить трудоемкость производства работ, улучшить строительные качества грунта и сократить объемы земляных работ. Эти задачи решает целый парк машин и механизмов применяемых в строительстве (рис. 1).

Механическим способом выполняют вертикальную планировку, устройство выемок и насыпей (табл. 1).

Таблица 1

№	Вид работ	Механизмы	Технологические особенности производства работ
1	Вертикальная планировка площадки	Бульдозер	Разрабатывается грунт I и II групп, и III группы с предварительным рыхлением. Эффективно применять при перемещении грунта до 100 метров.
		Скрепер	Разрабатывается грунт I и II групп. Эффективное применение: прицепных -1000 м, самоходных -5000 м.
		Экскаватор прямая лопата	Разрабатываются I, II, III гр. и IV, V, VI с предварительным рыхлением. Эффективно применять с автосамосвалами при дальности отвозки более 1000 м. Высота срезаемого слоя грунта должна обеспечивать полное заполнение ковша за один раз.
2	Устройство выемок	Экскаватор прямая лопата	Устройство котлованов глубиной до 4 м., более 4 м работа уступами. Объем ковша 0.15...0.65 м ³ по срезке защитного слоя.
		Экскаватор обратная лопата	Устройство траншей и небольших котлованов глубиной до 4 м. Объем ковша около 0.5 м ³
		Драглайн	Глубокие котлованы до 20 м.
		Грейфер	Устройство узких и глубоких котлованов, колодцев.
		Бульдозер-экскаватор обратная лопата, драглайн.	Небольшие котлованы с перемещением грунта до 100 м, срезаемого слоями по 0.6...0.8 м, с последующей погрузкой в автосамосвалы.
		Многоковшовые экскаваторы.	Устройство траншей глубиной до 3.5 м и шириной до 0.85 м. Траншеи устраиваются только с вертикальными стенками.
3	Устройство насыпей, земляного полотна	Бульдозер	Высота насыпи в пределах 1.5м. Грунт берется из бокового резерва в пределах 100 м от насыпи.
		Скрепер	При работе по "эллипсу" высота насыпи составляет порядка 1.5 м при дальности транспортирования 1000 м. По "восьмерке", соответственно, 6 м и 2000 м, а по зигзагообразной схеме 6 м. и продолжительность неограниченна.
		Грейдер	Высота насыпи порядка 1 м, при протяженности до 3000 м. размер захватки 300 м.
		Экскаватор драглайн	Размеры насыпи не ограничены. Обязательно уплотнение грунта.

МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Землеройные машины

Экскаваторы

Экскаваторы циклического действия (прямая и обратная лопата, грейфер, драглайн)

С гибкой подвеской

С жесткой подвеской

С телескопическим оборудованием

Экскаваторы непрерывного действия

Цепные

Роторные

Землеройно-транспортные машины

Скрепер

Бульдозер

Грейдер

Машины для уплотнения грунта

Статического действия

Самоходные катки

Металлические

Пневмокотки

Прицепные катки

Кулачковые

Пневмоколесные

Динамического действия

Ударного действия

Трамбовочные машины

Вибрационного действия

Виброкотки

Виброплиты ...

Машины для вспомогательных работ

Планировщики

Кусторезы

Корчеватели

Трактор

Рыхлители ...

Бурильные машины

Машины для ударного бурения

Машины для вращательного бурения

Машины для вибрационного бурения

Рис. 1 Машины для земляных работ

Гидромеханический способ

Грунт разрабатывают, транспортируют и укладывают в тело сооружения или отвал с помощью воды. Данный способ применяется при наличии легко размываемых грунтов и достаточного ресурса воды. К достоинствам метода относят:

- высокую производительность выполнения работ;
- непрерывность подачи грунта;
- возможность подачи грунта в труднодоступные участки;
- возможность разработки обводненных и подводных выемок без осушительных и водопонизительных работ
- низкую стоимость

При вертикальной планировке размывают грунт на участках выемок и укладывают его в насыпь. Большие площадки намывают грунтом из карьеров, расположенных на суше или на дне реки (водоема). При разработке грунта на суше применяют гидромониторные установки, а при подводной разработке – землесосные снаряды.

Гидромониторная установка состоит из гидромониторов, присоединенных к магистральному трубопроводу, по которому из насосной станции под значительным напором (60... 80 м) подают воду. На конце ствола гидромонитора навинчивается насадка, формирующая выбрасываемую с большой кинетической энергией струю воды, (создавая скорость движения струи по выходе из насадки 10 ... 35 м/с.). В результате ударного действия струи грунт разрушается и образуется гидросмесь (пульпа), которая самотеком по лоткам и канавам направляется в насыпь. При расположении насыпи выше уровня забоя или для увеличения дальности транспортирования, пульпа вначале поступает по канавам в зумпф или приемный колодец, а затем ее перекачивают по пульповоду землесосной установкой.

Землесосные снаряды состоят из передвижных землесосных установок, монтируемых на понтонах или судах, всасывающих устройств с механическими рыхлителями грунта, плавучих пульповодов на понтонах с шарнирным соединением труб, лебедок и якорей для фиксации рабочего положения.

Принцип работы земснаряда основан на засасывании частиц грунта вместе с водой со дна водоема и подаче пульпы по напорному трубопроводу для намыва насыпи. Укладка (намыв) грунта происходит в результате оседания частиц грунта из пульпы, когда скорость движения ее становится ниже критической величины. Возводимую насыпь разбивают в плане на карты-захватки, на которых поочередно выполняют намыв грунта и подготовительные работы к намыву следующего слоя. По контуру очередной карты бульдозером возводят земляной вал на высоту намываемого слоя пульпы и наращивают установленный ранее в пределах карты водосбросный (дренажный) колодец с выпускаемой трубой.

Взрывной способ

Способ "на выброс" может быть применен при устройстве выемок, траншей, котлованов, земляных насыпей, шахт, галерей и т.д. В городских условиях взрывной способ может применяться в исключительных случаях, в то время, как на открытой местности он может быть основным способом производства земляных работ.

Взрыв – воспламенение химических или механических соединений под влиянием определенных внешних воздействий, образующих сильно нагретые и обладающие большим давлением газы, вызывающие ударную волну распространяющуюся во все стороны.

Действие взрыва на грунт представлено на рис.2. Для получения требуемых размеров выемки взрывают 1) одиночные сосредоточенные, 2) групповые сосредоточенные или 3) удлиненные заряды (схемы расстановки зарядов в зависимости от вида земляного сооружения представлены на рис.3). Большее количество рядов не рекомендуется, так как при этом большее количество грунта падает обратно в выемку.

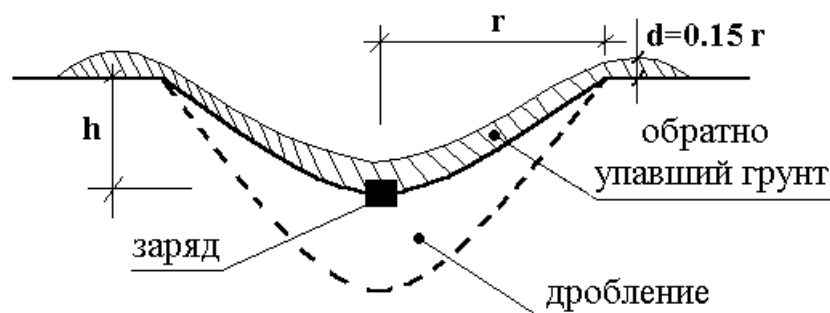


Рис. 2 Элементы воронки

r – радиус воронки; d – высота гребня воронки; h – глубина заложения заряда.

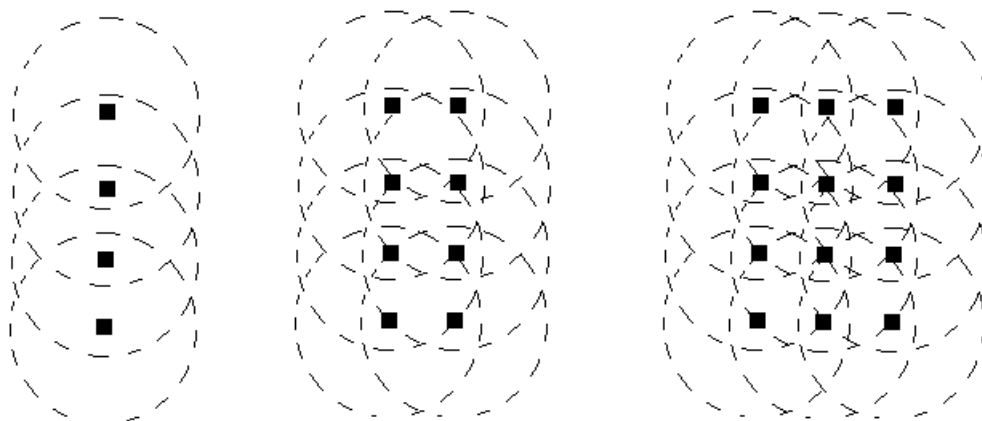


Рис. 3 Схемы расположения сосредоточенных зарядов

Взрыв с направленным выбросом грунта позволяет уменьшить падение грунта обратно в выемку или применяется для устройства насыпей (см. рис. 4). Заряды располагают в два, три ряда с направленным действием в сторону выброса. Причем величина показателя выброса каждого следующего ряда зарядов, по удалению от направления выброса, больше на 0.5 показателя предыдущего ряда.

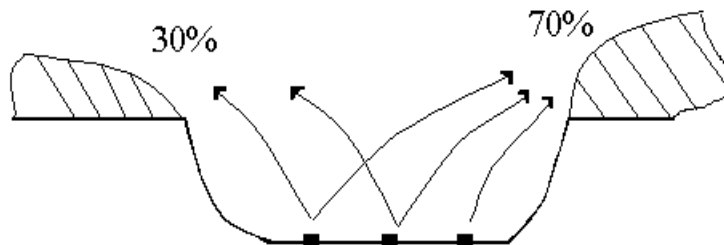


Рис. 4 Направленный одновременный взрыв

Разновременный взрыв с задержкой каждого ряда направленного взрыва на 2...4 сек. еще больше способствует эффекту направленного взрыва (см. рис. 5).

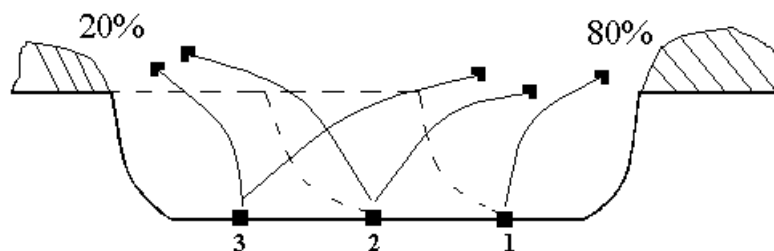


Рис. 5 Направленный разновременный взрыв

Комбинированный способ

Комбинированный способ включает в себя различные комбинации известных способов разработки грунта и предварительной его обработки с целью получения требуемых свойств:

- регулирование влажности грунта при его уплотнении;
- предохранение грунта от промерзания;
 - рыхление, засоление, утепление
- оттаивание мерзлого грунта;
 - с помощью пара, горячей водой, огневой метод , электропрогрев
- механическое рыхление грунта;
- блочный метод;
- разработка прочных грунтов специальными рабочими органами на базе гидравлических экскаваторов (см.рис.6);
- дробление грунта путем его взрыва методом на рыхление (см.рис.7);
- разрушение с помощью гидравлической энергии (см.рис.8);

- разрушение тепловой и электромагнитной энергией (см.рис.9), чем выше частота тока, тем сильнее влияние магнитного поля, которое преобразуется в тепловую энергию и т.д.

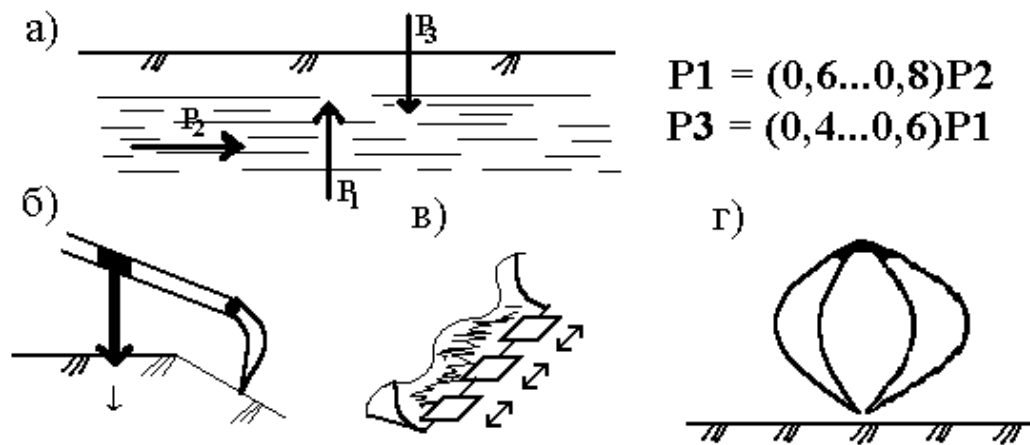


Рис. 6 а) распределение необходимых значений сил воздействия; б) опорно-захватное спецоборудование; в) ковш активного действия; г) захватно-клещевое спецоборудование.

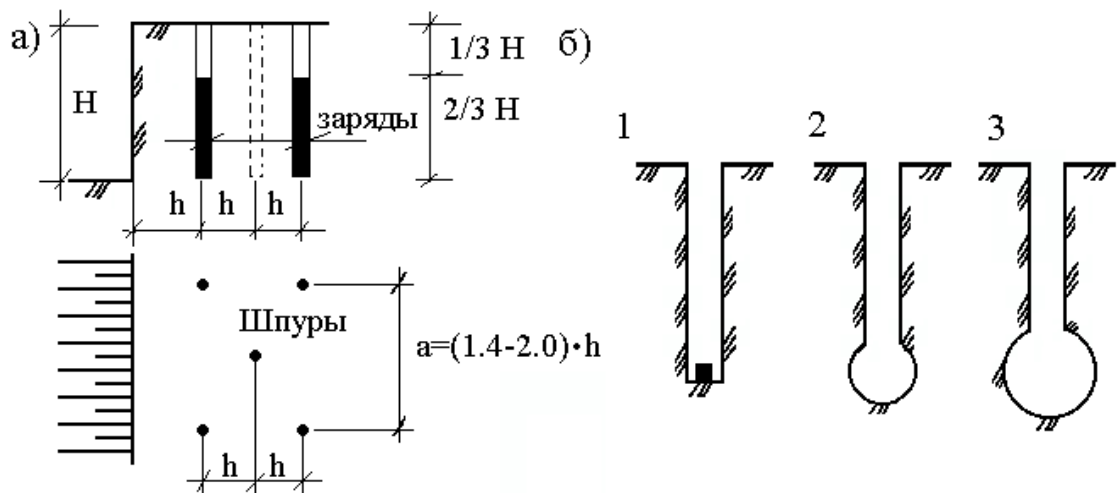


Рис. 7 Взрывание грунта методом на рыхление.

- а) размещение шпуров и зарядов; б) устройства котла в шпуре, 1,2,3 – увеличение камеры для взрывных зарядов до нужных размеров с помощью предварительных прострелов.

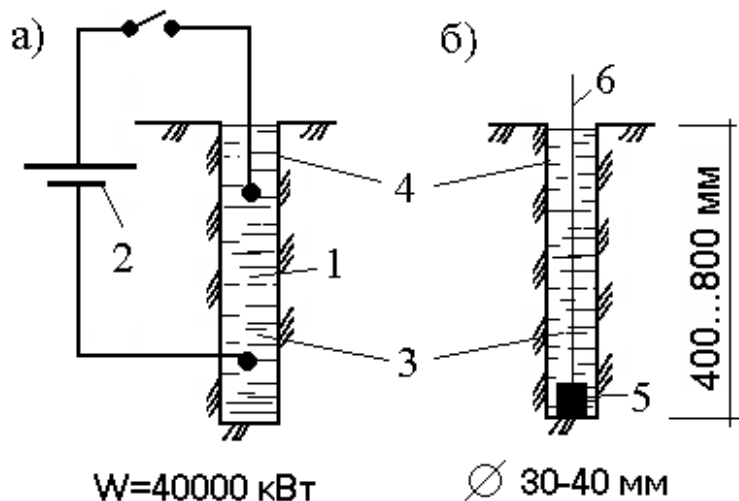


Рис. 8 Разрушение с помощью гидравлической энергии.

а) электрогидравлическое разрушение, б) взрывогидравлическое разрушение; 1 – образующаяся в результате пробоя жидкости разрядная плазма ($P = 500...800 \text{ МПа}$); 2 – элемент питания; 3 – вода; 4 – шпур (скважина); 5 – заряд взрывчатого вещества; 6 – детонирующий шнур.

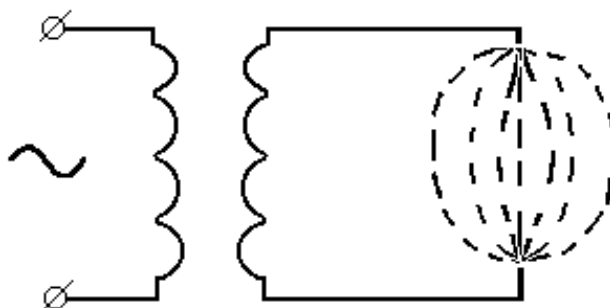


Рис. 9 Способ электромагнитного разрушения.

Закрытый способ разработки грунта.

Прокалыванием укладываются трубы в суглинистых и глинистых грунтах исключающих наличие гравия, щебня и валунов (в песчаных грунтах этот способ менее эффективен). При прокалывании происходит уплотнение грунта вокруг образовавшегося ствола (см. рис. 10). При прокалывании грунта сразу же прокладываемой трубой ее диаметр составляет от 50 до 500мм.

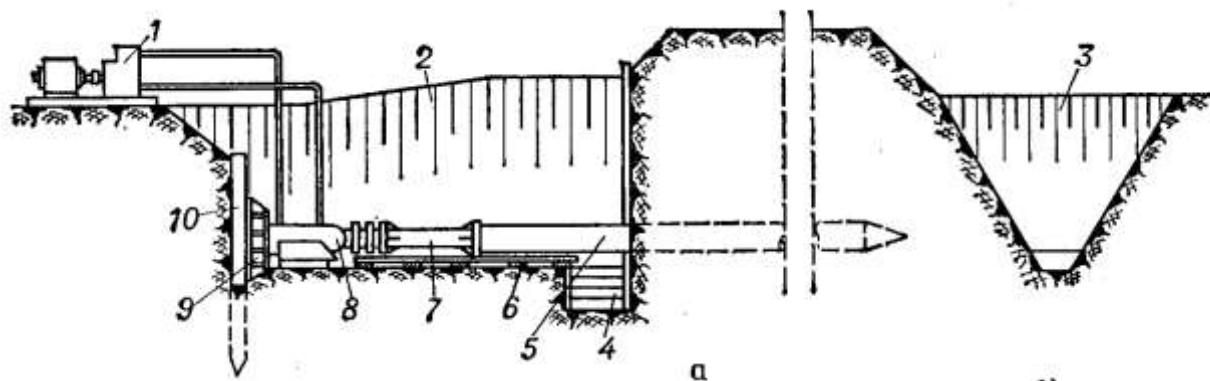


Рис. 10 Прокладка труб методом прокалывания.

1 – насосная установка; 2 – рабочий котлован; 3 – приемный котлован; 4 – приямок для стыковки труб; 5 – прокладываемые трубы; 6 – направляющие рамы; 7 – удлинительный патрубок; 8 – гидродомкраты; 9 – упорные плиты; 10 – упоры свайные.

Основной недостаток данного способа состоит в отсутствии наружной изоляции трубы. На трубу насаживают и приваривают конический наконечник с диаметром, для уменьшения сил трения, на 20...25мм большим наружного диаметра трубы. Кроме этого на наконечнике высверливают отверстия диаметром 3...5мм, через которые под давлением 1...2атм подают воду, которая размывает и смачивает грунт. Также могут применяться вибронаконечники.

Для прокалывания используют гидравлические домкраты. Производительность работ составляет в среднем 5-12м в смену. Для прокладки труб с изоляцией (только в связных грунтах) прокол выполняют при помощи уширителей на штанге. Уплотненный грунт ствола имеет достаточную прочность, которая препятствует обрушению. В противном случае вслед за уширителем прокладывают железобетонные кольца.

Подготовительные работы включают: устройство рабочего и приемного котлованов длиной, соответственно, 8-13м и 1,5-2,5м; устройство упора из шпал или железобетонных блоков с металлической плитой; устройство приямка для сваривания наращиваемой трубы; укладку и закрепление направляющих из прокатных профилей с целью задания проектного уклона; установка и закрепление домкратов; укладку на направляющие первого звена трубы и крепление на ней насадки.

Прокол состоит: установка удлинительного патрубка длиной 1м между домкратом и вдавливаемой трубой; предельное вдавливание трубы; снятие давления, путем включения домкрата на обратный ход; замена 1м удлин-

тельного патрубка на 2м; повторное выполнение всех операций при 3м и 4м длине удлинительного патрубка; наращивание прокладываемой трубы с проверкой качества сварного соединения; в дальнейшем давление вдавливания передается через приваренную трубу с повторением всех предшествующих операций; вместо удлинительного патрубка также используется шомпол-труба меньшего диаметра, короче вдавливаемой трубы на длину рабочего хода домкрата с отверстиями 50-60 мм для установки шпилек;

После окончания прокола срезают наголовник в приемном котловане. Для облегчения прокола иногда предварительно бурят лидерные скважины.

Сущность метода **продавливания** заключается в горизонтальном вдавливании стальной трубы с открытым концом диаметром от 529 до 1620 мм в песчаные или мало связные грунты, с периодическим или непрерывным удалением грунта, который при этом заполняет трубу ручным или механическим способом (см. рис. 11).

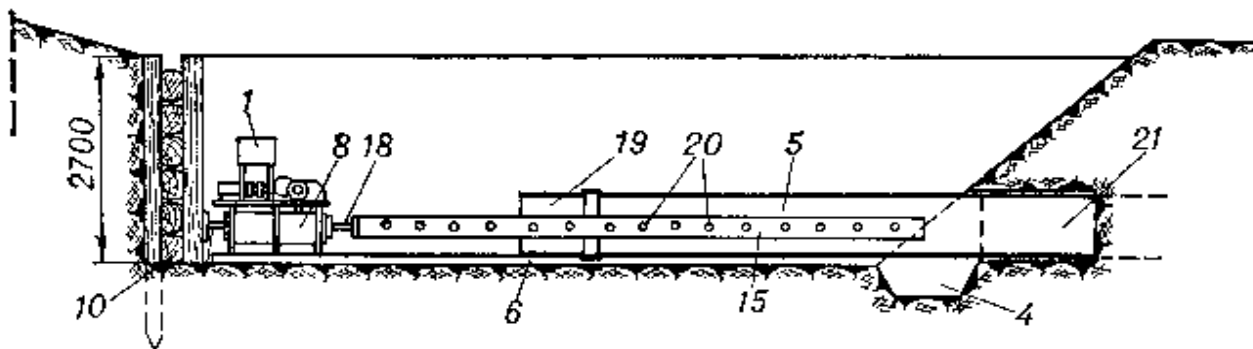


Рис. 11 Прокладка труб методом продавливания.

1 – масляный насос; 4 – приямок для стыковки труб; 5 – прокладываемые трубы; 6 – направляющие рамы; 8 – гидродомкраты; 10 – упоры свайные; 15 – шомпол; 18 – нажимная балка; 19 – наголовник; 20 – отверстия для штырей; 21 – открытый торец трубы.

Длина горизонтального ствола может достигать 80м. Для продавливания используют гидравлические домкраты, количество которых зависит от диаметра трубы и свойств грунта. Данным способом прокладывают, как рабочие неизолированные металлические трубы, так и трубы-кожухи с последующей укладкой рабочих труб из возможных различных материалов.

Подготовительные работы включают в себя: откапывание рабочего котлована, размеры которого должны быть больше на 2-3м по длине и на 1-2 м по ширине габаритов трубы предназначенной для продавливания. Дальнейшие подготовительные работы ни чем не отличаются от способа вдавливания.

Продавливание отличается от способа прокола лишь тем, что усилие на продавливаемую трубу передаются через шомпол со штырями на наголовник, который одевается на конец трубы не осуществляющий продавливание. Из-за этого цикл продавливания увеличивается по сравнению с циклом прокола за счет времени снятия и одевания наголовника и извлечения из трубы

грунта. Грунт из трубы удаляется в основном вручную укороченной лопатой с тележкой или роликовым совком. Наиболее эффективно применение способа гидромеханизации, при котором воду подают к забою по трубам диаметром 38мм под давлением 2-4 атм. Пульпа самотеком стекает в приямок, откуда ее откачивают насосом.

Метод **горизонтального бурения** заключается в одновременном бурении горизонтальной скважины и прокладки в ней трубы (см. рис. 12). Диаметр прокладываемых труб составляет 100...1000мм. Длина проходки от 20 до 45 м в песчаных грунтах и до 100м в связных. Поступательное усилие вдавливания и направление вдавливания передается через свай при помощи лебедок. Широко используется способ гидромеханизации.

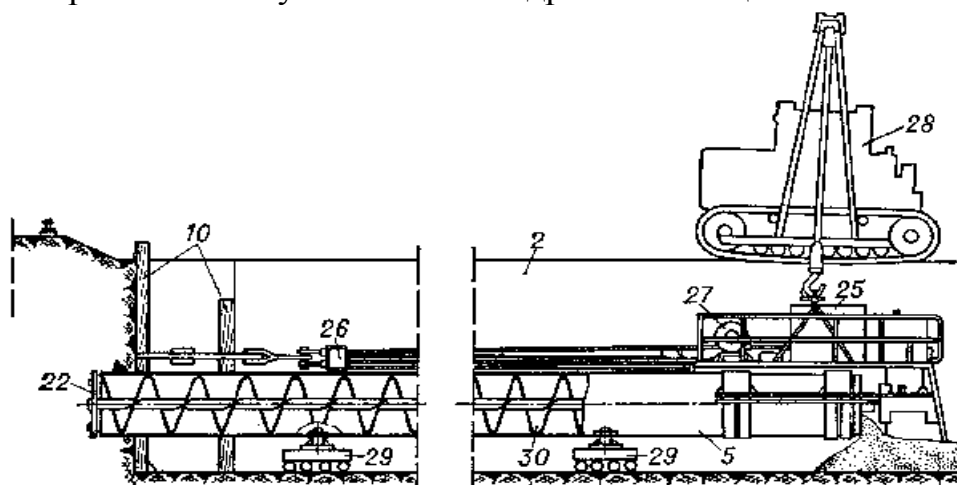


Рис. 12 прокладка труб горизонтальным бурением.

2 – рабочий котлован; 5 – прокладываемая труба; 10 – сваи; 22 – буровая коронка; 25 – двигатель; 26 – полиспаст; 27 – лебедка; 28 – трубоукладчик; 29 – роликовая опора; 30 – шнек.

Вибропрокалывание пневмопробойниками используется в связных и несвязных грунтах при наличии в них камня, кирпича, обломков деревьев и т.д. при прокладке труб диаметром до 400 мм. Применение пневмопробойников также эффективно при замене старых труб (пневмопробойник располагают в торце трубы и выдавливают ее с противоположной стороны без вскрытия грунта). В пневмопробойнике создаются продольные колебания за счет ударника, находящегося в корпусе под действием сжатого воздуха, подаваемого по резиновому шлангу от компрессора. Пневмопробойник может сам образовывать уплотненный ствол в связных грунтах, забивать стальные трубы или кожухи, затягивать асбестоцементные трубы и т.д.

Щитовая проходка применяется при устройстве протяженных тоннелей диаметром до 5 метров на глубине до 25 метров – в несвязных и малосвязных грунтах. Последовательность выполнения работ можно разбить на три стадии.

Первая стадия (подготовительная) состоит в устройстве монтажной (начальной) шахты для опускания оборудования, подвода к забою электроэнергии, сжатого воздуха, воды и т.п., а также устройства вентиляции.

Вторая стадия включает в себя 1) разработку грунта в забое под прикрытием щита, 2) сборку обделки, 3) продвижение щита, 4) нагнетание цементного раствора за обделку.

Конструкция щита представлена на рис. 13, и состоит из режущей части (выполненной в виде режущего козырька препятствующего обрушению грунта во внутрь), системы домкратов предназначенной для вдавливания щита в грунт и хвостовой части позволяющей под прикрытием осуществлять монтаж сборной обделки. Домкраты упираются в собранную обделку выработки и позволяют корректировать направление проходки. Удаление грунта из забоя осуществляют при помощи ленточных транспортеров, а на поверхность его поднимают в бадьях или вагонетках. Сразу после устройства очередного кольца обделки, не допуская осадки породы, в заборное пространство нагнетают цементный раствор под давлением 5...6 атмосфер.

Третья стадия заключается в прокладке коммуникаций и устройстве постоянной обделки. Средняя скорость проходки за смену составляет 1,5...6 метров.

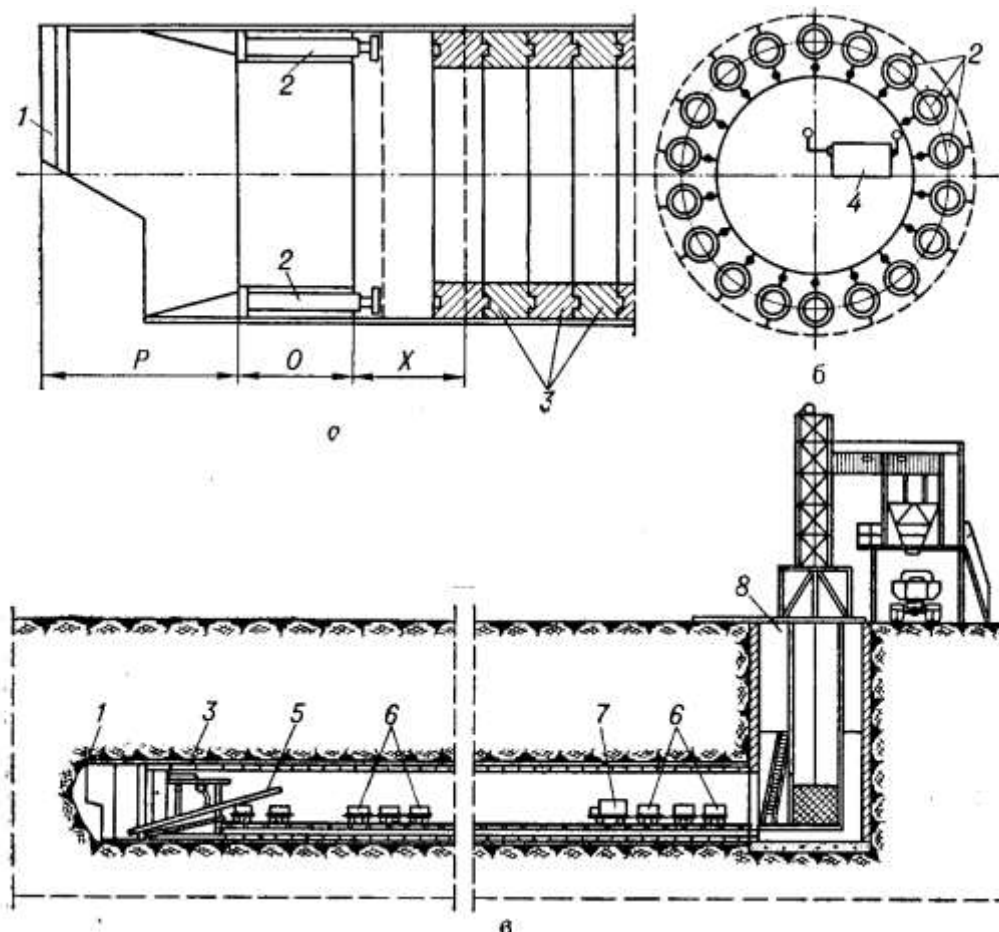


Рис. 13. Щитовая проходка. а) схема щита; б) размещение домкратов; в) схема щитовой проходки.

1 – нож; 2 – гидродомкраты; 3 – сборная крепь (тубинги); 4 – золотниковый переключатель; 5 – ленточный скребковый конвейер; 6 – вагонетки; 7 – мотовоз; 8 – шахта.

Штольневая проходка выполняется при устройстве относительно коротких, но глубоких выработок (см. рис. 14). С этой целью устраивают опускные шахты, через которые подают необходимые механизмы и материалы, а также извлекают на поверхность разрабатываемый вручную в забое грунт. Средняя скорость проходки составляет 1...1,5 м в смену в зависимости от размеров штольни и типа грунта.

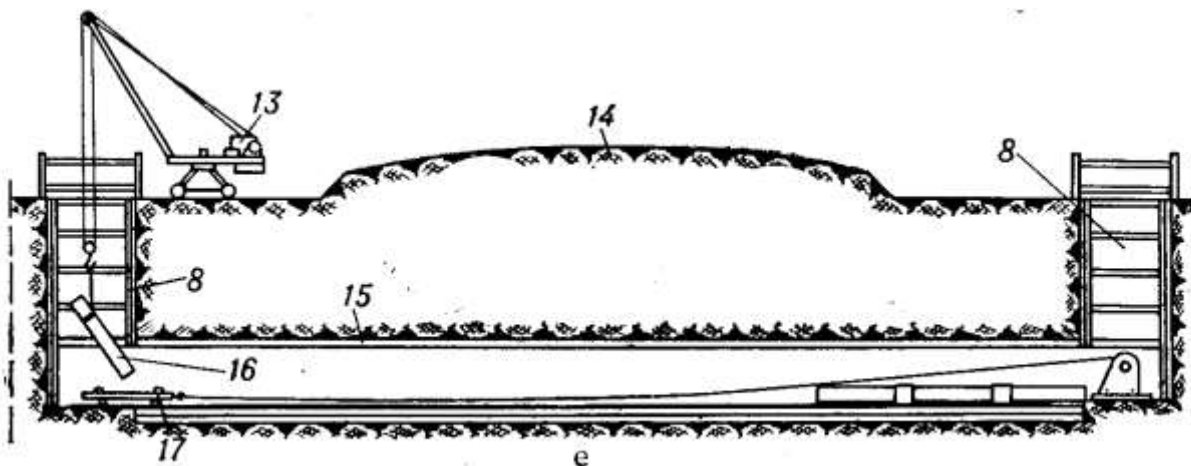


Рис. 14. Прокладка труб в штольне.

8 – шахта; 13 – кран; 14 – дорога; 15 – крепление штольни; 16 – труба; 17 – тележка.

Буровзрывной способ

Буровзрывной способ широко применяется при устройстве тоннелей, в том числе и при устройстве Челябинского метрополитена (дальнейшие материалы представлены по реальным технологическим картам Тоннельного отряда №16).

Конструкция двухпутевого железнодорожного и перегонного тоннеля Челябинского метрополитена с возведением двухслойной обделки из монолитного бетона представлены на рис.15.

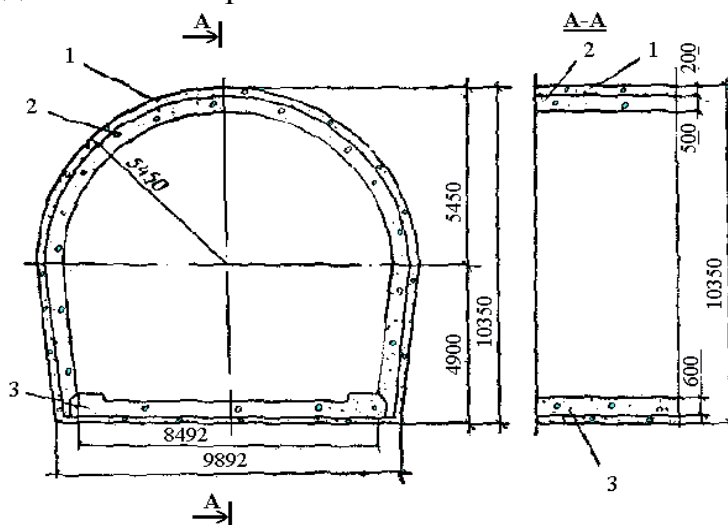


Рис. 15. Общий вид обделки двух путного железнодорожного тоннеля.

1 – наружный слой обделки тоннеля; 2 – постоянная обделка тоннеля; 3 – обратный свод (лоток) обделки тоннеля.

Преимущество однопутных тоннелей при строительстве метрополитенов заключается: в уменьшении в 2 раза горного давления на отдельную выработку из-за расстояния между тоннелями 15...25 м; в улучшении проветривания тоннелей за счет поршневого действия подвижного состава; в возможности пуска отдельных тоннелей.

Сооружение тоннелей осуществляется в следующей последовательности:

- проходка тоннеля буровзрывным способом с раскрытием забоя на полное сечение с устройством временной крепи;
- на расстоянии около 50 м возводят стены постоянной обделки тоннеля из монолитного бетона на высоту 1,9 м;
- с отставанием 100...500 м выполняют свод постоянной обделки;
- обратный свод (лоток) обделки тоннеля возводят по окончании сооружения свода по всей длине возводимого участка тоннеля;
- первичное нагнетание цементно-песчанного раствора за монолитную бетонную обделку тоннеля.

Такая организация работ позволяет комплексно механизировать все основные процессы строительства тоннеля и добиться сооружения 30 м готового тоннеля в месяц.

Проходка тоннеля

Бурение шпуров для размещения зарядов ВВ составляет 40...60% времени проходческого цикла. Буровой агрегат представляет собой самоходную двух ярусную раму порталного типа, передвигающуюся по рельсам. Агрегат оснащен пятью манипуляторами, на которых установлены бурильные молотки (см.рис.16). Кроме этого, для устройства арочной крепи на верхней площадке бурового агрегата установлена технологическая тележка.

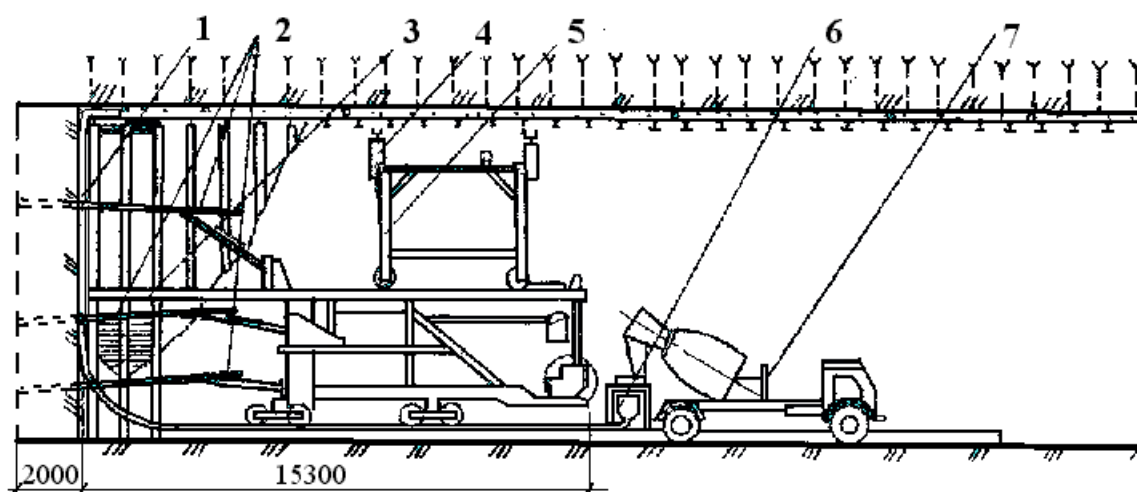


Рис. 16. Укладка бетонной смеси в наружный слой обделки тоннеля и бурение шпуров в забое.

1 – бетоновод; 2 – бурильные машины бурового агрегата; 3 – буровой агрегат; 4 – гидrocилиндр технологической тележки; 5 – технологическая тележка для установки арочной крепи; 6 – пневмобетонотекучка ПБУ-5; 7 – автобетоносмеситель СБ-92.

В качестве сопутствующих процессов выполняют наращивание трубопроводов для подачи сжатого воздуха и воды, силовых и осветительных кабелей, железнодорожных путей и вентиляции.

Величина одной заходки составляет 2 м. Цикл работ рассчитан на 40 ч (см.табл.2). Разбросанный взрывом грунт окучивают бульдозером, перемещая его к забою. Используя породопогрузочную машину ПНБ-3д (см.рис.17), грунт загружают в автосамосвалы, на транспортер или в вагонетки. В это время у места стоянки бурового агрегата осуществляют сборку арок с установкой их на технологическую тележку, заготовку опалубки и крепежного оборудования.

Таблица 2

График производства работ по проходке тоннеля взрывным способом.

Наименование работ	Смены						
	1	2	3	4	5	6	7
Окучивание грунта после взрыва							
Погрузка грунта породопогрузочной машиной							
Монтаж арок на технологическую тележку							
Бурение шнуров с установкой анкеров							
Установка арочной крепи							
Укладка бетонной смеси нарушенной обделки							
Бурение шнуров							
Зарядка шнуров							
Взрывание и проветривание							

После уборки грунта, выравнивания подошвы тоннеля укладывают рельсы для перемещения бурового агрегата. Буровой агрегат у забоя приводят в рабочее состояние (вывешивание на гидравлические опоры, подключение коммуникаций), после чего бурят шпуров глубиной 1,5 м под клиновые анкера для крепления арочной крепи. Общий вид арочной крепи представлен на рис.18.

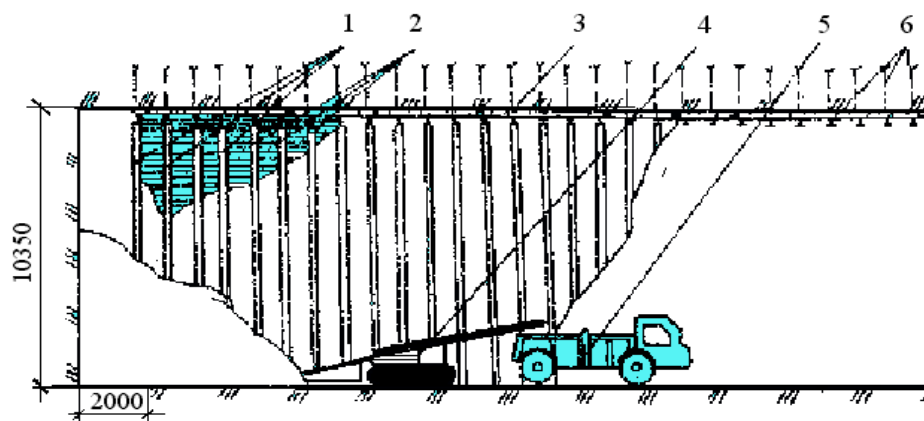


Рис. 17. Погрузка грунта.

1 – арочная крепь; 2 – деревянная опалубка из отдельных досок; 3 – наружный слой обделки тоннеля; 4 – породопогрузочная машина; 5 – автосамосвал; 6 – клиновые анкера для крепления арочной крепи.

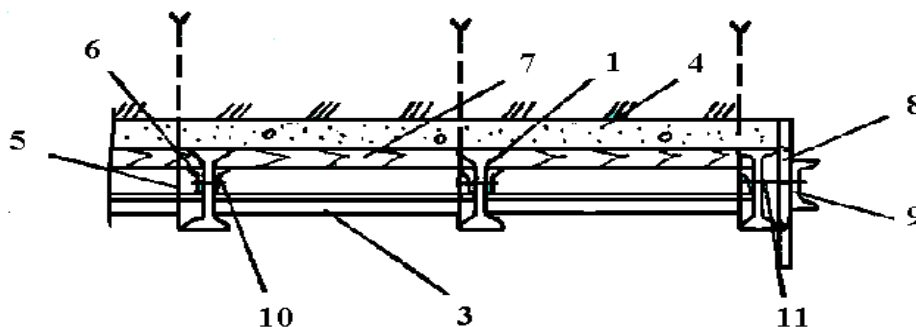


Рис. 18 Арочная крепь.

1 – арка из двутавровой балки №30; 3 – стяжные болты; 4 – наружный слой обделки тоннеля; 5 – клиновые металлические анкера для крепления арочной крепи; 6 – уголок для устройства опалубки из досок; 7 – деревянная опалубка; 8 – торцевая опалубка из досок; 9 – швеллер крепления торцевой опалубки; 10 – болт для крепления уголка к арке; 11 – болт для крепления швеллера к арке.

Бетонную смесь за опалубку подают пневмобетоноукладчиками ПБУ-5 равномерно с обеих сторон тоннеля от подошвы к своду при одновременном наращивании опалубки стен, свода и торца. Одновременно с этим осуществляют бурение шпуров под закладку ВВ. В качестве ВВ используют аммонит. По окончании заряжания шпуров и монтажа взрывной сети буровой агрегат отгоняют от забоя на безопасное расстояние. Взрывание - электрическое с применением электродетонаторов короткозамедленного действия (ЭДКЗД). После взрыва выполняют проветривание забоя вентиляторами ВМ-12 по металлическому коробу 1500-1000 мм, проложенному по подошве тоннеля с одной стороны. Далее цикл по проходке повторяется. Временная обделка тоннеля из фибронабрызгбетона.

Возведение постоянной обделки тоннеля

Постоянная обделка стен тоннеля выполняется из монолитного бетона с применением передвижной металлической опалубки на высоту 1,9 м. Размер заходки составляет 6 м. Бетонирование ведется сразу на всю высоту попеременно с обеих сторон (см.рис.19).

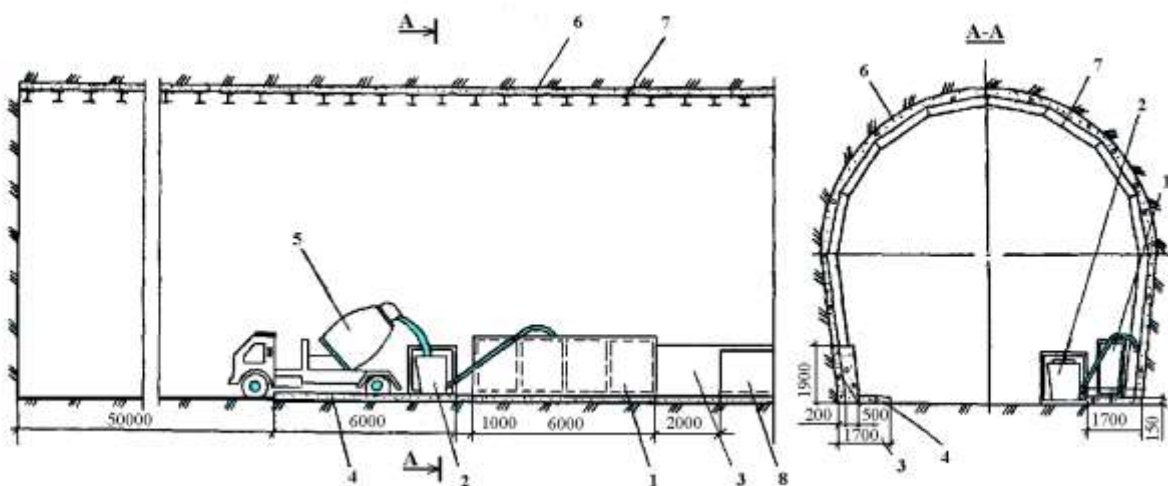


Рис. 19 Бетонирование стен обделки тоннеля.

1 – передвижная металлическая опалубка; 2 – пневмобетонукладчик ПБУ-5; 3 – участок готовой стены обделки тоннеля; 4 – основание под опалубку из монолитного бетона; 5 – автобетоносмеситель СБ-92; 6 – наружный слой обделки тоннеля; 7 – арочная крепь; 8 – металлический короб для проветривания тоннеля.

Перед установкой опалубки на очередной заходке снимают опалубку наружного слоя временной обделки тоннеля. Поверхность временной обделки выравнивают путем заделки раковин, трещин, срубки наплывов.

Опалубку крепят двенадцатью металлическими клиновыми анкерами длиной 2 м и диаметром 20 мм, под которые бурятся шпурсы. После крепления опалубки выполняют бетонирование с использованием пневмобетонукладчика без перерыва.

Для обеспечения качества рабочих швов через 30 минут после укладки бетона прорабатывается верхний слой бетона на всю длину и ему придается горизонтальное положение, а через 3-4 часа с поверхности бетона удаляется цементная пленка водяной или воздушной струей под давлением 0,2-0,3 МПа (использование отбойных молотков не допускается). График производства работ представлен в табл.3.

Таблица 3

График произв. работ по устройству стены обделки из монолитного бетона.

Наименование работ.	Смены					
	1	2	3	4	5	6
Снятие опалубки наружной обделки на высоту 1.9 м и заделка раковин.	Л 		П 			
Бурение шнуров и установка анкеров для крепления опалубки	Л 		П 			
Снятие опалубки стены обделки стены с предшествующего участка и ее подготовка	Л 			П 		
Установка опалубки на новый участок		Л 		П 		
Переукладка и наращивание труб бетоновоза		Л 	П 			
Укладка бетонной смеси		Л 			П 	
Устройство основания под опалубку на следующей заходке			Л 		П 	
Выдерживание бетона 3 – 4 дня						
						

Л - работа с левой стороны тоннеля; П - работа с правой стороны тоннеля.

Возведение свода постоянной обделки

Свод постоянной обделки выполняется из монолитного бетона с применением передвижной металлической опалубки. Возведение обделки свода тоннеля ведется с применением комплекса машин и механизмов, в которые входят (см.рис.20):

- технологическая тележка для демонтажа арочного крепления;
- передвижная металлическая опалубка;
- пневмобетоноукладчик ПБУ-5;
- автобетоносмесители СБ-92.

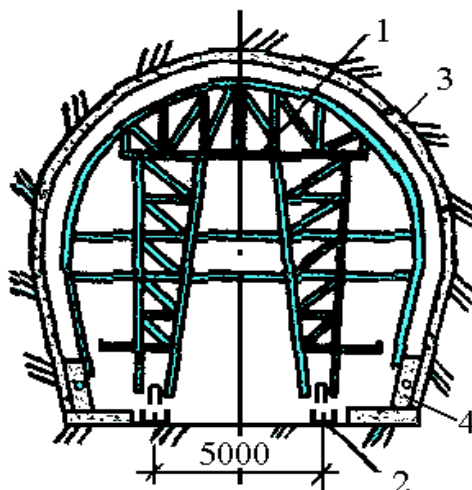


Рис. 20 Опалубка для бетонирования свода.

1 – передвижная металлическая опалубка; 2 – рельсы для перемещения опалубки;
3 – наружный слой отделки тоннеля; 4 – участок готовой стены отделки тоннеля.

Опалубка состоит из одной секции длиной 9 м (размер заходки), в которую входят самоходная тележка и смонтированная на ней опалубка. Для установки опалубки в проектное положение и отрыва ее от бетона тележка оборудована гидродомкратами.

Технологическая тележка перемещается по рельсовому пути длиной 50 м. Пути под технологическую тележку и опалубку устанавливают перемещением нитки длиной 25 м с одного участка на другой. Арочное крепление снимается на участке 9 м и производят подготовку наружного слоя бетонной отделки. В проектное положение опалубку устанавливают при помощи гидродомкратов и раскрепляют стойками и контр упорами.

Бетонную смесь к пневмобетонукладчику подают автобетоносмесителями (в Челябинском метрополитене) и загружают бетонную смесь по бетоноводу в заопалубочное пространство через специальные окна в опалубке. Укладку бетонной смеси осуществляют равномерно с обеих сторон шириной не более 1 м. Уплотнение бетонной смеси осуществляется глубинными вибраторами через окна в опалубке.

По мере наполнения бетонной смесью заопалубочного пространства окна закрывают. После окончания бетонирования производят демонтаж технологического оборудования и выполняют работы по устройству качественных торцевых рабочих швов.

Возведение обратного свода (лотка)

Лоток выполняют из монолитного бетона с применением передвижного моста (см.рис.22). После очистки основания бурят шпуров под анкеры глубиной 0.7 м с шагом 2 м. Опалубка из досок толщиной 40 мм при помощи стальной проволоки прикрепляется к анкерам.

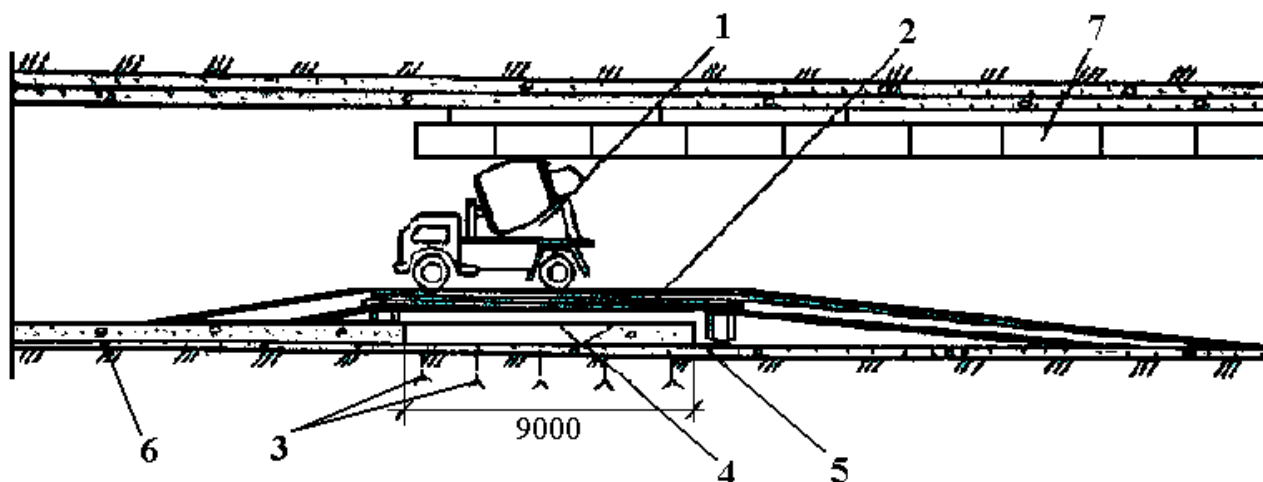


Рис. 22. Бетонирование обратного свода (лотка)

1 – автобетоносмеситель СБ-92; 2 – передвижной мост; 3 – анкера для крепления опалубки; 4 – продольная опалубка из отдельных досок; 5 – торцевая опалубка из отдельных досок; 6 – готовый участок обратного свода тоннеля; 7 – труба для проветривания тоннеля;

Укладка бетонной смеси осуществляется непосредственно из автобетоносмесителя с передвижного моста. Передвижение передвижного моста на новую заходку производится после набора бетоном прочности не менее 75% от проектной. Передвижной мост опирается укороченной опорой на забетонированную часть лотка, а другой опорой на подготовленное основание.

Первичное нагнетание цементно-песчанного раствора

Первичное нагнетание производится для предотвращения осадок грунта, заполнения пустот за обделкой, равномерного распределения горного давления на обделку, уменьшения водопроницаемости и защиты от коррозии.

Нагнетание проводят участками длиной по 20-30 м по достижению бетоном обделки проектно прочности (см.рис.23). Рабочее оборудование смонтировано на технологической тележке, которая перемещается при помощи лебедки или любого другого механизма по рельсовому пути. Первоначально с рабочей площадки технологической тележки при помощи перфораторов пробуривается бетон обделки на всю толщину. Приготовленную сухую цементно-песчанную смесь доставляют к месту работ в специальных контейнерах объемом 1,2 м³. Приготовление раствора осуществляется непосредственно в растворонагнетателе, куда сначала наливают воду с требуемым количеством добавки, а затем при постоянном перемешивании загружают цементно-песчанную смесь.

Нагнетание раствора за обделку осуществляется под давлением 0.4 МПа в горизонтальные ряды скважин последовательно с обеих сторон, начиная с нижнего ряда скважин, до появления раствора в выше расположенных скважинах. Инъекционные трубки после нагнетания закрывают деревянными пробками.

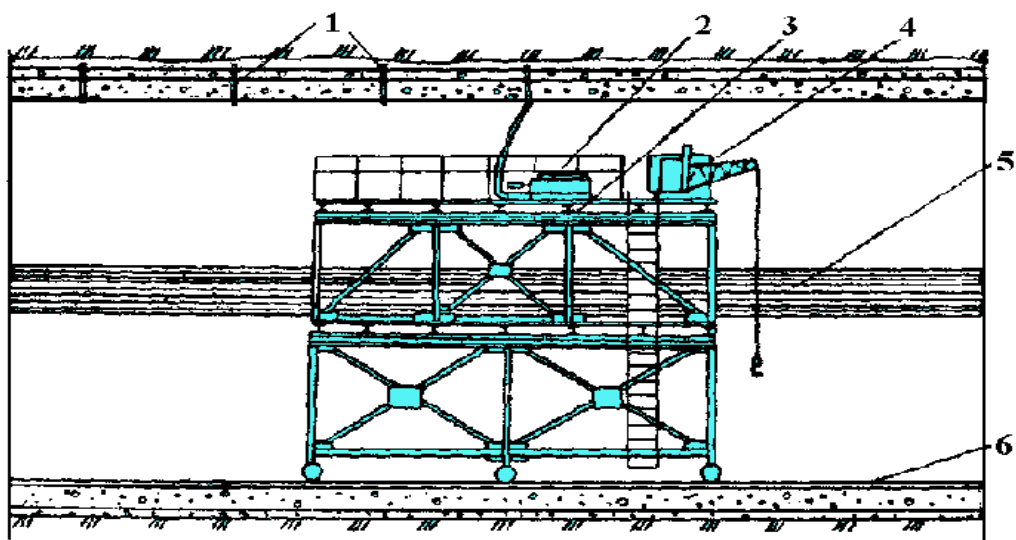


Рис. 23 Первичное нагнетание цементно-песчаного раствора.
 1 – инъекционные трубки для нагнетания раствора за обделку; 2 – раство-
 ронагнетатель РН-21; 3 – технологическая тележка для первичного нагне-
 тания; 4 – кран; 5 – вентиляционная труба; 6 – путь для передвижения
 технологической тележки.

ВЗАИМОУВЯЗКА ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ.

Любые земляные работы выполняются после проведения **подготовительных работ**, среди которых основными являются 1) устройство автодорог, 2) расчистка территории 3) срезки растительного слоя 4) вертикальная планировка площадки 5) Разбивка земляных сооружений, которая выполняется в два этапа: первый этап - детальная разбивка на местности проекций бровок и откосов с передачей высотных отметок; второй этап - закрепление детальной разбивки створными выносками за границей полосы отвода с целью возможного их последующего восстановления.

При этом вертикальную планировку выполняют до устройства котлованов и траншей, а насыпи отсыпают после прокладки всех коммуникаций и возведения фундамента здания.

Технологические процессы по устройству земляных сооружений включают в себя

основные - разработка, перемещение и укладка грунта;

подготовительные – технологические процессы, выполняемые до разработки грунта (уплотнение и укрепление грунтов, увлажнение грунта, планировка площадки, предварительное рыхление, понижения уровня грунтовых вод и т.д.)

вспомогательные – технологические процессы, выполняемые после или во время разработки грунта (отделка поверхности земляного сооружения, обратная засыпка выемок или пазух, подготовка забоя, содержание и ремонт дорог, срезка недоборов грунта, крепление откосов, контроль качества и т.д.).

Для бесперебойного выполнения земляных работ их необходимо выполнять поточным методом. С этой целью все земляное сооружение разбивают на захватки, размеры которых равны производительности ведущей машины в смену, при этом число захваток должно быть не меньше числа одновременно выполняемых процессов. При небольших объемах работ вспомогательных процессов необходимо применять универсальные машины, способные выполнять несколько сопутствующих операций.

Последовательность производства основного этапа работ на примере устройства вертикальной планировки площадки, котлована и земляного полотна представлены на циклограммах рис.24.

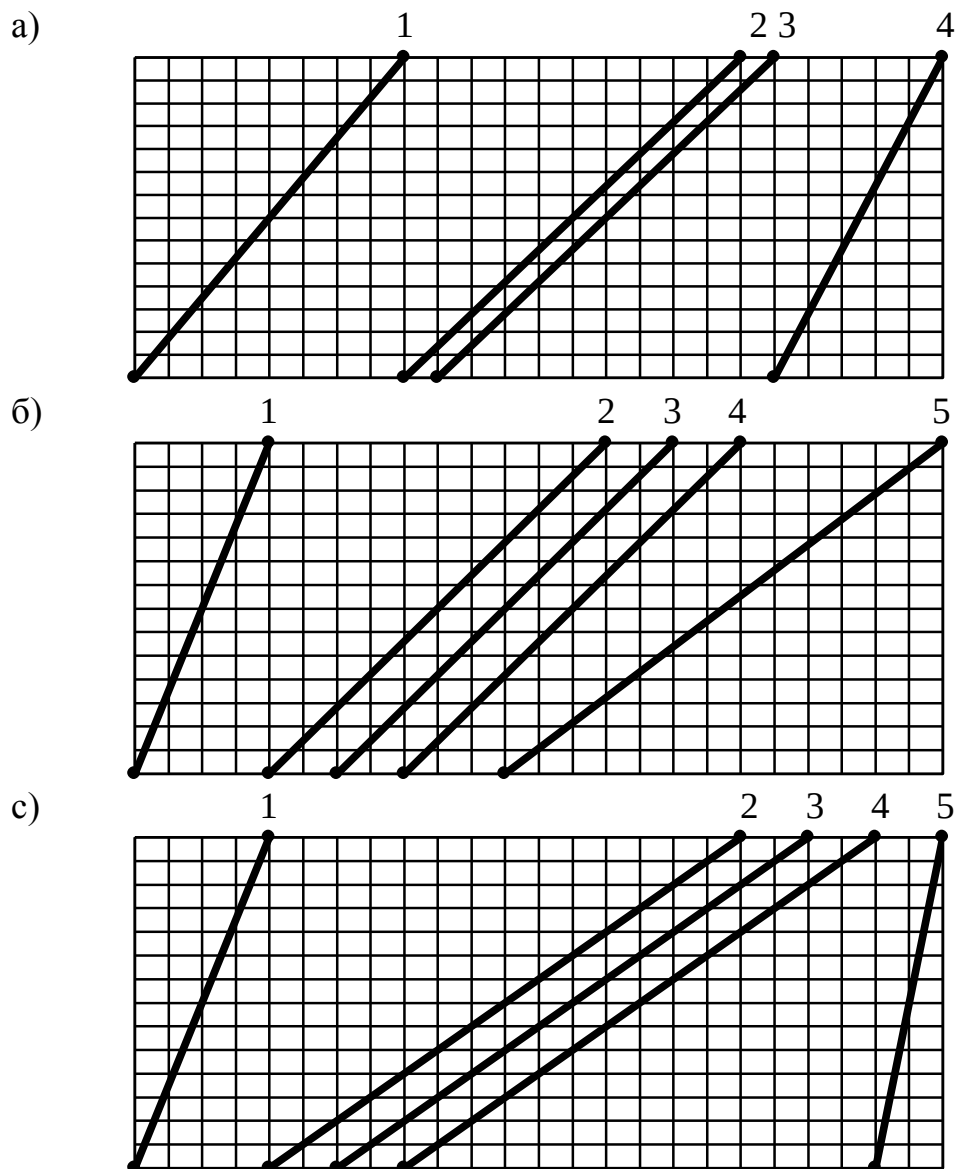


Рис. 24. Циклограммы производства работ.

а) Устройство котлована. 1 – разбивка котлована; 2 – разработка грунта; 3 – транспортирование грунта; 4 – рытье траншеи и расчистка дна. б) Устройство полотна. 1 – разбивка полотна; 2 – рыхление грунта; 3 – разработка грунта; 4 – уплотнение катками; 5 – отделка профиля. в) Вертикальная планировка. 1 – разбивка площади; 2 – рыхление грунта; 3 – разработка, перемещение и разравнивание; 4 – послойная укатка; 5 – планировка.

Сергей Борисович Коваль
Максим Вилленинович Молодцов

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
Курс лекций для заочников
Технология возведения земляных 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.