

ЛЕКЦИЯ 2.

ТЕМА: ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Рассматриваемые вопросы

- 2.1. Строительные и водно-физические свойства грунтов. Виды земляных сооружений. Баланс грунтовых масс.
- 2.2. Способы производства земляных работ. Машины и механизмы для производства земляных работ.
- 2.3. Производство земляных работ одноковшовыми экскаваторами.
- 2.4. Землеройно-транспортные машины при производстве земляных работ. Условия применения и технологические схемы производства работ.
- 2.5. Грунтоуплотняющие машины. Технология уплотнения грунта при строительстве земляных сооружений.
- 2.6. Транспортировка грунта. Условия применения основного вида транспорта.
- 2.7. Разработка грунта методом гидромеханизации.
- 2.8. Производство земляных работ в зимнее время.

2.1. Строительные и водно-физические свойства грунтов. Виды земляных сооружений. Баланс грунтовых масс.

Основным обрабатываемым материалом при устройстве и ремонте каналов является грунт.

Все нескальные грунты в зависимости от минералогического и механического состава делятся на *несвязные* (пески) и *связные* (глинистые). Особую группу составляют *растительные грунты* и различные виды *торфов*.

Твердая фаза нескальных грунтов состоит из отдельных частиц различной крупности и минералогического состава. Наименование частиц в зависимости от крупности (мм): глина – менее 0,005; пыль – 0,005–0,050; песок тонкозернистый – 0,05–0,10; песок мелкозернистый – 0,10–0,25; песок среднезернистый – 0,25–0,50; песок крупнозернистый – 0,5–2,0; гравий – 2–40; галька – 40–200; валуны – более 200.

Наиболее распространенными торфяными грунтами Республики Беларусь являются травяные и лесные.

Расчетными характеристиками грунтов применительно к условиям мелиоративного строительства являются *плотность, внутреннее трение, сцепление, разрыхляемость*.

Плотность минеральных грунтов колеблется в пределах 1500–2000 кг/м³. Торфяные грунты в неосушенном состоянии содержат около 10 % сухого вещества, остальное занимает вода.

Внутреннее трение и сцепление грунтов определяют сопротивление их сдвигу и в конечном итоге сопротивляемость разработке машинами.

На физические и строительные свойства грунтов, особенно связных решающее влияние оказывает их *влажность*. Глинистые и суглинистые

грунты в зависимости от влажности могут изменять свое состояние от твердого до полужидкого.

Прочность и сопротивление сдвигу глинистых и пылеватых грунтов с переходом влажности за пределы пластичности уменьшаются. Сухие глинистые грунты разрабатывать труднее, чем в состоянии оптимальной влажности. Так, сцепление в глинистых грунтах изменяется от 0–0,005 МПа при текучей консистенции до 0,1 МПа при твердой.

Однако переувлажненные грунты также трудно разрабатывать из-за их налипания на рабочие органы машин, особенно это характерно для глинистых грунтов.

Сопротивление песчаных грунтов сдвигу вызывается непосредственным контактом минеральных частиц, в силу чего оно обуславливается чистым трением. В сухом и насыщенном водой состоянии сцепление практически отсутствует, а во влажном обнаруживается за счет капиллярных сил.

Величина угла внутреннего трения в песках также целиком находится в зависимости от плотности и влажности и составляет от 22 до 45° в зависимости от крупности и разрыхленности грунта.

В соответствии с сопротивляемостью разработке машинами все грунты по СНиП разделены на 11 групп, причем мягкие грунты отнесены к первым трем, полускальные и скальные грунты отнесены к 4–11-й группам. Не следует смешивать группы грунтов по СНиП с их категориями. Последние устанавливаются по показателям динамического плотномера (ударника ДорНИИ) и применяются для расчетов при проектировании машин.

Важное производственное значение имеет *разрыхляемость* – свойство грунтов увеличиваться в объеме в процессе их разработки. Численной характеристикой разрыхляемости грунтов является *коэффициент разрыхления* – отношение объема отсыпанного грунта к объему, который занимал этот грунт в естественном сложении. Величина коэффициента разрыхления мягких грунтов составляет 1,08–1,30. Меньшие значения относятся к несвязным грунтам (пески, супеси), большие – к глинистым.

Коэффициент разрыхления используется для перехода от объема рыхлого грунта ($q_{рых}$) к объему в естественном состоянии ($q_{ест}$) и наоборот:

$$q_{ест} = \frac{q_{рых}}{K_p}$$

Исходя из устойчивости грунтов в зависимости от влажности и возможной деформации поперечных сечений русла канала под воздействием гидродинамического давления грунтового потока, возникающего в процессе их прокладки, трассы водоприемников и каналов условно можно разделить на три категории по сложности проведения строительных работ.

К **первой категории** отнесены торфяные грунты со степенью разложения до 50 %, плотностью более 120 кг/м³, влажные и воздушно-сухие пески, а также воздушно-сухие супеси и суглинки.

К наиболее сложной **третьей категории** отнесены насыщенные водой минеральные и торфяные грунты. При этом наблюдается большая

деформация и разрушение откосов, заиливание дна канала. Технология строительства каналов в этом случае усложняется.

Все виды сооружений делят на выемки и насыпи.

К выемкам относят сооружения, расположенные ниже поверхности земли. Выемки делят на профильные (деловые) и непрофильные. Профильные выемки являются частью строящегося сооружения или являются самим сооружением (канал, котлован, траншея, кювет). К непрофильным выемкам можно отнести карьеры, резервы и т.д. Данные выемки используются как источники строительного материала.

Котлован – это временная профильная выемка для возведения сооружения ниже естественной или искусственной поверхности.

Траншея – линейно протяженный котлован с вертикальными или наклонными стенками для укладки трубопроводов, дренажей, кабелей ленточных фундаментов.

Канал – гидротехническое сооружение предназначенное для различных целей, представляющее собой профильную линейно-протяженную выемку с наклонными откосами.

Кювет – линейно-протяженная профильная выемка в виде канавы предназначенная для сбора и отвода воды от линейного сооружения.

Карьер – сосредоточенная выемка в которой открытым способом добывают полезные ископаемые породы, в том числе и грунт для земляных сооружений.

Резерв – линейно протяженная выемка с запасом грунта, который берут для возведения линейно протяженных насыпных сооружений.

Насыпи бывают двух видов

1. **Профильные** (качественные). К ним относят насыпи возводимые в соответствии с заданными проектными размерами в плане и по высоте и в соответствии с определенными требованиями (плотность, прочность, водонепроницаемость, статическая устойчивость) К профильным насыпям относят, дампы, плотины и дороги.

2. **Непрофильные**. К непрофильным насыпям данные требования не применяют. К непрофильным насыпям относятся кавальеры, отвалы грунта.

Кавальер – непрофильная линейно протяженная насыпь неиспользуемого грунта вдоль линейной профильной выемки (канал, дорога)

Отвал – непрофильная насыпь, место сосредоточенного складирования неиспользуемого или не пригодного грунта.

Земляные сооружения бывают:

- постоянные — насыпи дорог, плотины, дамбы, ирригационные и мелиоративные каналы, водоемы, планировочные площадки жилых кварталов, промышленных комплексов, стадионов, аэродромов и т. д.

- временные — выемки для прокладки подземных коммуникаций и устройства фундаментов, насыпи для временных дорог.

В зависимости от назначения земляных сооружений к ним предъявляют различные требования в отношении крутизны и тщательности отделки

откосов, степени уплотнения и фильтрующей способности грунта, его устойчивости к размыванию и других механических свойств.

Баланс грунтовых масс – это проектный документ, отражающий рациональное распределение грунта между выемками и насыпями. Его составляют в виде схем таблиц с учетом наилучшего использования грунта из профильных выемок для возведения насыпей при минимальных дальностях перемещения грунта.

Проектные объемы (профильные) – это объемы вычисленные по геометрическим размерам, предусмотренным проектом сооружения.

Производственные объемы – это фактически выполненные объемы работ с учетом дополнительных объемов появившихся за счет переработок грунта, удаления непригодного грунта, переуплотнения профильных насыпей, необходимого запаса на осадку насыпи и основания сооружения.

2.2. Способы производства земляных работ. Машины и механизмы для производства земляных работ.

Способы производства земляных работ. Машины и механизмы для производства земляных работ.

Земляные работы, в зависимости от строительных свойств грунта, осуществляют гидромеханическим, взрывным, комбинированным, механическим, ручным или другими специальными способами.

Гидромеханический способ состоит в разработке грунта напорной водяной струей гидромониторных установок или всасывании грунта со дна водоемов плавучими землесосными снарядами. Грунт разрабатывается, транспортируется и укладывается с помощью воды, которая на месте разработки превращается в гидросмесь, движущуюся по законам гидравлики; на месте укладки создаются условия для выпадения частиц грунта в осадок и сброса осветленной воды.

Взрывной способ основан на использовании силы взрывной волны различных взрывчатых веществ, заложенных в специально устроенные шпуры, скважины или шурфы, и является одним из эффективных средств механизации трудоемких и тяжелых работ. Энергия взрыва используется для разработки грунта в выемках и отбрасывания его за пределы выемки.

Механический способ заключается в разработке грунта землеройными и землеройно-транспортными машинами. Он является основным, так как им в строительстве выполняется 80...85 % земляных работ.

При производстве земляных работ выполняют три основных строительных процесса: разработку, транспортировку и укладку грунта. Кроме того, проводят подготовительные работы на площади будущего строения.

Ведущий процесс при земляных работах принадлежит разработке грунта, который выполняют в основном землеройными и землеройно-транспортными машинами. Применение того или иного типа машин

определяется видом грунтов, их состоянием и размерами земляных сооружений.

Комбинированный способ представляет сочетание указанных выше способов и зависит от условий разработки. Наиболее часто применяют сочетание механического способа с гидромеханическим или взрывным.

Выбор того или иного способа производства работ зависит от многих факторов: физических свойств грунтов, размеров и форм выемок и насыпей, мощности средств механизации, наличия или отсутствия воды, стоимости единицы объема разработанного грунта.

В условия мелиоративного и водохозяйственного строительства большую часть работ выполняют механизированным способом. При производстве работ выделяют три основных процесса.

1. разработка грунта
2. транспортировка грунта
3. укладка грунта.

Кроме того выполняются вспомогательные процессы: валка леса, корчевка пней, кустарника и мелколесья, уборка камней и т.д.

Машины и механизмы для выполнения земляных работ в строительстве используются при разрыхлении плотных, скальных и мерзлых грунтов, планирования строительных площадок, подготовке оснований под дороги и проезды, разработке котлованов под фундаменты зданий и сооружений, рытье траншей открытым способом при прокладке городских коммуникаций и строительстве подземных сооружений, копании ям и приямков, зачистке дна и откосов земляных сооружений, обратной засыпке котлованов и траншей после возведения фундаментов и укладке коммуникаций, уплотнение фунтов и т.п.

Классификация машин на группы производится в зависимости от вида выполняемых работ:

1.) Машины для подготовительных работ.
2.) Землеройно-транспортные машины.
3.) Землеройные.
4.) Машины для уплотнения грунта.
5.) Машины и оборудования для гидромеханизации земляных работ.

Машины для подготовительных работ:

- валочно-трелевочные машины;
- цепные бензодвигательные пилы;
- корчеватели пней - собиратели и погрузчики;
- кусторезы;
- установка фрезерная для послойного рыхления;

Землеройно-транспортные машины:

- бульдозеры (40% общего объема земляных работ);
- скреперы (10% общего объема земляных работ);

- грейдеры и грейдеры-элеваторы (до 1-2% общего объема земляных работ);

Землеройные:

- одноковшовые экскаваторы (прямая лопата, обратная лопата);
- многоковшовые экскаваторы:
 - а) траншейные (роторные и цепные);
 - б) роторные стреловые-карьерные;
 - в) цепные-поперечного копания.

Машины для уплотнения грунта:

- катки
 - а) статические и с вибропригрузом;
 - б) самоходные и прицепные;
 - в) с гладким, рельефным, кулачковыми вальцами;
- трамбовочные машины:
 - а) трамбуемые плиты на базе трактора (толщина уплотнения до 1-2 м)
 - б) трамбуемые плиты на базе экскаватора (толщина уплотнения до 2-3 м);
- ручные электрические и пневматические трамбовочные устройства (толщина уплотнения до 0,3 м);
- виброплиты (толщина уплотнения 0,3-1,2 м).

Машины и оборудования для гидромеханизации земляных работ:

- гидромониторы,
- земснаряды;

2.3. Производство земляных работ одноковшовыми экскаваторами

Технология разработки грунтов экскаваторами с рабочим оборудованием драглайн

Драглайны используют для разработки грунтов, расположенных ниже уровня стояния экскаватора (рис. 2.1) для отрывки глубоких котлованов, широких траншей, возведения насыпей, разработки грунта из-под воды без предварительного их осушения, так как уровень грунтовых вод не оказывает влияния на работу экскаватора.

Драглайны предназначены в основном для разработки грунта с отсыпкой его непосредственно в отвал (этому способствует значительная длина стрелы). Использовать их для разработки грунта с погрузкой в транспортные средства нежелательно, так как гибкая подвеска ковша к стреле усложняет точную установку ковша над кузовом, требует высокой квалификации машиниста и повышенной осторожности его, все это влияет на производительность драглайна.

Достоинства экскаваторов драглайн: радиус действия – до 10 м и глубина копания – до 12 м. Глубина копания у экскаватора практически неограниченна, конструкция машины позволяет располагать транспортные средства на дне котлована, т.е. УГВ не оказывает влияния на работу экскаватора. По сравнению с прямой и обратной лопатами драглайн имеет большие радиус действия и глубину копания, что позволяет разрабатывать большие по поперечному сечению выемки.

Характерные для драглайнов рабочие параметры (глубина резания H_{max} ; наибольший и наименьший радиусы резания на уровне стоянки экскаватора R_{max} и R_p ; радиус выгрузки R_B ; высота выгрузки H_B и радиус резания) показаны на рис. 2.8.

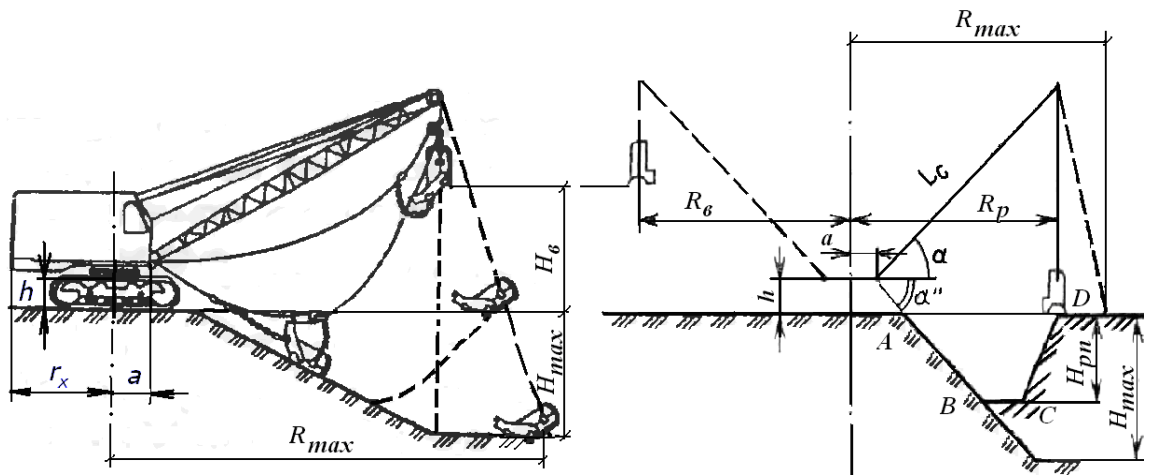


Рис. 2.1. Рабочее оборудование для земляных работ и рабочие параметры драглайнов: глубина резания H_{max} ; наибольший и наименьший радиусы резания на уровне стоянки экскаватора R_{max} и R_p ; радиус выгрузки R_B ; высота выгрузки H_B

Радиус резания драглайнов зависит от длины и угла наклона стрелы. Радиус резания можно несколько увеличить за счет заброса ковша путем подтягивания и отпускания тягового каната.

Глубина резания грунта драглайном зависит от длины стрелы, угла ее наклона, от положения экскаватора по отношению к выемке и вида разрабатываемого грунта.

При выемке грунта сбоку по ходу экскаватора наибольшая глубина резания H_{max} зависит от крутизны внутреннего и внешнего откосов забоя.

При передвижении экскаватора по оси выемки наибольшая глубина резания зависит от крутизны внутреннего откоса забоя.

Наибольшая высота выгрузки грунта H_B определяется расстоянием от уровня стояния экскаватора до самой нижней точки, предельно поднятого вверх свободно висящего ковша.

Способы разработки грунта драглайнами изложены ниже.

1. Продольную (торцевую) разработку (рис. 2.2, а) применяют для нешироких выемок, когда радиусом выгрузки экскаватора может быть

Б. Глубина резания экскаватора H_p должна быть не меньше глубины выемки. Для разработки глубоких выемок глубина резания должна быть не меньше высоты одного яруса выемки:

$$H_p \geq H.$$

В. Высота выгрузки драглайна H_b должна быть равна высоте отвала или больше нее:

$$H_b \geq H_k.$$

При работе с погрузкой в транспортные средства высота выгрузки должна быть с запасом не менее 0,5 м над погрузочной высотой транспортных средств (над бортами кузова).

Г. Необходимо, чтобы ширина ковша b_k экскаватора была не больше ширины выемки по низу; желательно, чтобы соблюдалось условие

$$b \geq 1,5 b_k.$$

2. Поперечную (боковую) разработку применяют при условии, что вся ширина полосы выемки и кавальера грунта может быть перекрыта радиусом резания в сумме с радиусом выгрузки (рис. 2.2, б). Драглайн размещают обычно на берме между выемкой и отвалом. Ось экскаватора может проходить как в полосе выемки, так и в полосе отвала.

Размер полосы, в которой может быть размещен экскаватор, определяется его радиусом резания и радиусом выгрузки. Экскаватор необходимо так размещать в этой полосе, чтобы по откосу получилось как можно меньше недоборов и угол поворота был бы наименьшим.

Следующую стоянку экскаватора выбирают так, чтобы с нее был разработан весь грунт, оставшийся недоборанным на предыдущей стоянке. Шаг экскаватора при поперечной разработке принимают не более 1/3 длины стрелы драглайна, иначе появляются значительные недоборы вдоль откоса выемки.

Среднее значение угла поворота экскаватора определяют между направлением на центр тяжести выемки и направлением на центр тяжести отсыпки грунта с одной стороны (угол β).

Наиболее экономичной будет разработка грунта без дополнительных перекидок и передвижек, это достигается выбором такого экскаватора, рабочие параметры которого были бы увязаны с размерами сечения выемки.

Для ведения поперечной разработки параметры экскаватора должны удовлетворять следующим условиям:

$$\begin{aligned} H_p &\geq H, \\ H_b &\geq H_k. \end{aligned}$$

Радиус резания R_p в сумме с радиусом выгрузки R_b должен быть равен расстоянию от оси выемки до дальней бровки кавальера в сумме с произведением глубины выемки H на заложение внешнего откоса забоя m_0 или больше него:

$$R_p + R_b \geq A_1,$$

$$A_1 = b/2 + m \cdot H + c + m_k \cdot H_k + a_k + m_0 \cdot H.$$

В величину A_1 включено расстояние $m_0 H$ для того, чтобы по оси выемки не оставались недоборы.

При строительстве некрупных каналов поперечной разработкой необходимо, чтобы длина ковша l_k была не больше ширины канала по дну:

$$b \geq 1,5 l_k.$$

При этом сечение канала разрабатывают за один проход с одной стороны. Иногда применяют уширенную продольную и уширенную поперечную разработки грунта со смещением экскаватора вправо, влево и одновременно вперед (по зигзагу).

При большой ширине выемок целесообразна поперечная разработка грунта на две стороны. Предельно большую ширину выемки можно получить при условии, что радиусом резания в сумме с радиусом выгрузки будет перекрыто расстояние от оси выемки до внешней бровки кавальера в сумме с горизонтальной проекцией внешнего откоса забоя.

3. Комбинированные способы разработки применяют при больших размерах выемок. Выполняют за несколько проходов экскаватора.

С погрузкой в транспортные средства грунт можно разрабатывать в выемках любой ширины. При малой ширине выемок и мокрых грунтах в забое транспортные средства размещают на одном уровне с экскаватором. В крупных выемках с сухими грунтами транспортные средства выгоднее размещать на дне забоя. При этом уменьшается высота подъема ковша с грунтом h , дальность перемещения грунта по горизонтали l и увеличивается производительность экскаваторов.

Наибольшая ширина выемки драглайном может быть получена при разгрузке в транспортные средства.

Технология разработки грунтов экскаваторами с рабочим оборудованием прямая лопата

Экскаваторы с прямой лопатой используются для разработки грунтов, расположенных выше уровня своей стоянки, преимущественно с погрузкой на транспорт.

Прямая лопата представляет собой открытый сверху ковш с режущим передним краем. Ковш шарнирно соединен с рукоятью, при этом рукоять, шарнирно соединенная со стрелой машины, выдвигается вперед при помощи

напорного механизма. В основном применяют ковши вместимостью 0,15–2,5 м³. Конструкция экскаватора позволяет ему копать ниже уровня своей стоянки не более чем на 10–20 см.

Ковш прямой лопаты заполняется грунтом при движении вверх вдоль откоса забоя.

Наиболее характерные радиусы резания (рис. 2.3) – наибольший и на уровне стояния. Радиус резания прямой лопаты – расстояние от зубьев ковша до оси поворота экскаватора – величина, переменная по высоте. Каждый из радиусов имеет два значения: минимальное R_{pmin} и R_{omin} при втянутом положении рукоятки до отказа назад и максимальное R_{pmax} и R_{omax} при выдвигении рукоятки вперед напорным механизмом. Значение их зависит также от угла наклона стрелы. Наибольший радиус резания экскаватора измеряют на уровне расположения напорного вала.

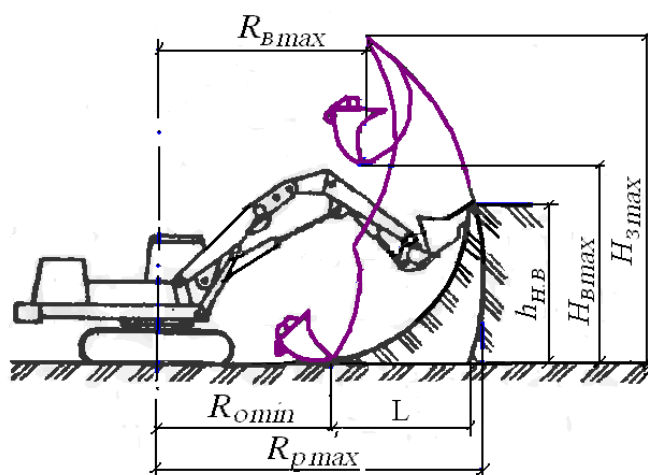


Рис. 2.3. – Рабочее оборудование для земляных работ и рабочие параметры прямых лопат

Минимальный радиус резания R_{pmin} на уровне стояния прямой лопаты определяется расстоянием от оси экскаватора до точки касания земли зубьями ковша, которая находится примерно на вертикали, проходящей через ось напорного вала.

Высота забоя прямой лопаты имеет три значения: минимальное, нормальное, максимальное.

Минимальная высота забоя соответствует глубине выемки, при которой достигается заполнение ковша за одно черпание. На легких грунтах с малым сопротивлением резанию толщина стружки может быть большая, что позволяет сократить длину набора. В тяжелых грунтах из-за малой толщины стружки минимальная высота забоя будет больше.

В среднем нормальная высота забоя прямой лопаты равна высоте напорного вала $h_{нв}$ над уровнем стояния экскаватора.

Максимальная высота забоя соответствует наибольшей возможной высоте подъема ковша над уровнем стояния экскаватора. При высоте забоя, превышающей наибольшую высоту резания грунта экскаватором, сверху

образуется так называемый козырек, особенно в связных и влажных грунтах. При обрушении козырька могут быть нанесены повреждения механизмам и обслуживающему персоналу.

Наибольший радиус выгрузки $R_{\text{вmax}}$ так же, как и радиус резания, измеряют при положении зубьев ковша на уровне оси напорного вала (рис. 2.3). Этому же положению соответствует нормальная высота выгрузки $H_{\text{в}}$, измеряемая от уровня стояния экскаватора до нижней кромки открытого, свободно висящего днища ковша. При максимально поднятом вверх ковше будет наибольшая высота выгрузки $R_{\text{вmax}}$ и соответствующий ей радиус выгрузки $R_{\text{в}}$.

Разработку грунта одноковшовыми экскаваторами прямая лопата производят лобовым и боковым забоем.

При лобовом забое экскаватор разрабатывает за один проход грунт впереди и сбоку от оси хода, которую совмещают с осью выемки. Разрабатываемый грунт грузят в транспортные средства, располагаемые на уровне подошвы забоя сзади экскаватора. При данном способе разработки угол поворота ЭО к транспортному средству достигает $140\text{--}180^\circ$ – что значительно снижает производительность экскаватора. Поэтому лобовой забой принимают крайне редко, в основном при устройстве въездного пандуса в котлован или при разработке первой (пионерной) проходки.

При боковой разработке экскаватор черпает грунт преимущественно сбоку от оси по ходу экскаватора, который выгружают в транспортные средства, размещаемые либо на уровне стояния экскаватора, либо несколько выше на уступе, причем ось передвижения транспортных средств располагают параллельно оси хода экскаватора. Этот вид разработки возможен при широкой выемке, осуществляемой за два и более прохода.

Разработка боковым забоем предпочтительна, так как обеспечиваются лучшие условия для подъезда и погрузки транспортных средств, уменьшается угол поворота экскаватора, что способствует более производительной работе машин.

Ширина выемки поверху при лобовом забое может колебаться в значительных пределах:

$$B_{\text{л}} = (0,8\text{--}1,9) \cdot R_{\text{р}}$$

При ширине забоя поверху $(0,8\text{--}1,5) \cdot R_{\text{р}}$ безрельсовые транспортные средства (самосвалы) подают с одной стороны сзади экскаватора, а при ширине поверху $(1,5\text{--}1,9) \cdot R_{\text{р}}$ – с обеих сторон экскаватора попеременно, что исключает простои экскаватора при смене транспортных единиц и уменьшает среднее значение угла поворота. В некоторых случаях для сокращения холостых проходов экскаватора и облегчения условий маневрирования автосамосвалов можно применить уширенный до $2,5R_{\text{р}}$ лобовой забой с перемещением экскаватора по зигзагу.

При ширине выемки, превышающей $2R_{\text{р}}$, разработку грунта осуществляют при боковом забое прямых лопат, когда экскаватор черпает

грунт преимущественно с одной стороны от оси перемещения и частично впереди себя.

С одной стоянки экскаватор может выбрать грунт впереди себя на длину не более чем длина напорного хода рукояти (l_n).

Шаг экскаватора

$$\text{Ш} = (0,75-0,08) l_n.$$

Чтобы уменьшить недоборы по откосу уступа, не допускают работу экскаватора с предельными значениями радиусов резания. Тогда с учетом длины шага экскаватора расстояние от оси экскаватора до бровки откоса забоя не может быть больше.

$$B_1 = \sqrt{R_{\delta}^2 - \emptyset^2}.$$

Вести разработку грунта в сторону транспортных средств нецелесообразно с поворотом в плане на угол более 45° , так как при большем угле затрудняется набор грунта, который отодвигается в выработанное пространство, за пределы радиуса резания экскаватора.

Наибольшая ширина ленты при боковой разработке

$$B_{\text{л}} = B_1 + B_2 - (R_p - R_{\text{оmax}}).$$

При боковом забое транспортные средства могут размещаться не только на уровне стояния экскаватора, но и на уступе со стороны выработанного пространства, на поверхности земли (при небольшой глубине выемки).

Транспортные средства следует размещать на некотором расстоянии от подошвы откоса (0,5–1,0 м), а также вне зоны обрушения грунта, если они стоят на уступе выше экскаватора.

Среднее значение угла поворота в плане определяется между направлениями на центр тяжести разрабатываемой части грунта в центр тяжести места выгрузки.

Возможность опускания рукояти ниже уровня стояния экскаватора позволяет ему самостоятельно войти в забой без помощи других механизмов. Заглубление происходит с постепенным продвижением вперед при уклоне пути не более 1:8–1:10. Образовавшаяся траншея дает возможность пройти следующую ленту с большей глубиной, так как транспортные средства уже могут перемещаться по дну первой (пионерной) траншеи.

Если проектная глубина выемки значительно превышает максимальную глубину резания экскаватора, то разработку ведут в несколько ярусов, число которых определяется следующим образом:

$$n_{\dot{y}} = \frac{H}{H_{\text{дmax}}}, \quad (2.34)$$

где H – глубина выемки, м;

$H_{\text{рmax}}$ – максимальная глубина резания экскаватором, м;

$n_{\text{я}}$ – число ярусов разработки.

Вход экскаватора в каждый ярус осуществляется прокладкой пионерных траншей, глубина которых определяется условиями погрузки грунта.

В процессе разработки грунта прямой лопатой откосы выемки получают криволинейную форму, что обычно не соответствует заданной форме откоса. Это требует последующих доработок другими механизмами (драглайнами, бульдозерами, экскаваторами).

Технология разработки грунтов экскаваторами с рабочим оборудованием обратная лопата

Экскаваторы с рабочим оборудованием обратная лопата применяют главным образом для разработки грунта в нешироких каналах, в небольших котлованах, траншеях с крутыми откосами. Обратные лопаты черпают грунт ниже уровня своего стояния, что позволяет использовать их для разработки грунтов, залегающих ниже уровня грунтовых вод. Это свойство обратных лопат дает возможность применять их при устройстве и очистке осушительных каналов.

Разрабатываемый обратной лопатой грунт отсыпают чаще всего в отвал. При необходимости грунт может быть погружен в транспортные средства.

Основные рабочие параметры экскаваторов обратная лопата показаны на рис. 2.4.

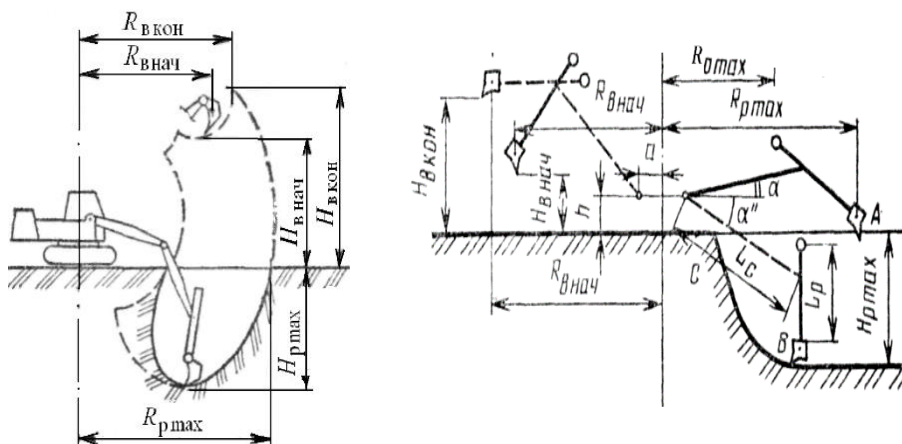


Рис. 2.4. Схема забоя и основные рабочие параметры обратных лопат: радиус резания R_p ; радиус резания $R_{\text{рmax}}$ при наибольшей глубине резания; наибольшая глубина резания $H_{\text{рmax}}$ от поверхности земли до дна забоя.

Выгрузка грунта из ковша обратной лопаты с канатной подвеской происходит при поднятии вверх стрелы и одновременном повороте рукояти вперед. Так как крутизна наклона днища ковша увеличивается постепенно, то

выгрузка грунта происходит не в одной точке, а на некотором отрезке прямой, лежащей в плоскости подъема рабочего органа.

В связи с этим в характеристиках обратных лопат даются два радиуса выгрузки: начальный и конечный. Так как одновременно происходит изменение и высоты подъема ковша, то высота выгрузки характеризуется также двумя значениями: начальным и конечным.

Существуют два способа разработки грунта: продольный и поперечный.

При продольной разработке экскаватор перемещается по оси выемки и отсыпает грунт на две или одну сторону. Такой способ применяют для разработки траншей нешироких каналов и котлованов.

При разработке связных грунтов откосы временных траншей могут быть получены вплоть до вертикальных. Наименьшая возможная ширина выемки равна ширине ковша обратной лопаты. При продольной разработке сечений в связных грунтах откосы выемок приобретают ступенчатую форму. Наибольшая возможная ширина выемки при продольной разработке зависит от размещения отвалов грунта.

Для получения более ровной поверхности откосов и для устройства траншей с малой шириной по дну применяют специальные профильные ковши.

Поперечным способом разрабатываются выемки большой ширины, при котором обратная лопата размещается и передвигается сбоку от выемки, отсыпая грунт в односторонний отвал или в транспортные средства.

Грунт в котлованах большой ширины разрабатывают только с погрузкой в транспортные средства за несколько проходов.

2.4. Землеройно-транспортные машины при производстве земляных работ. Условия применения и технологические схемы производства работ

При проведении земляных работ на мелиоративных и водохозяйственных объектах наиболее часто применяются такие землеройно-транспортные машины как скрепер и бульдозер.

Скреперами ведут разработку, транспортировку и послойную отсыпку грунта на месте укладки (рис. 2.5). При достаточной влажности грунтов и равномерном движении скреперов по всей насыпаемой площади можно получить и достаточно хорошее уплотнение грунта в насыпях.

В мелиоративном и гидротехническом строительстве скреперы применяют: для разработки грунта в выемках (каналы, котлованы, карьеры, резервы и т. д.); для устройства насыпных грунтовых сооружений (плотины, дамбы обвалований); для вскрышных работ и работ, связанных с подготовкой оснований сооружений (снятие растительного грунта, вскрыша карьеров строительных материалов, удаление непригодных грунтов с площадей оснований плотин); для планировочных работ на строительных

площадках.

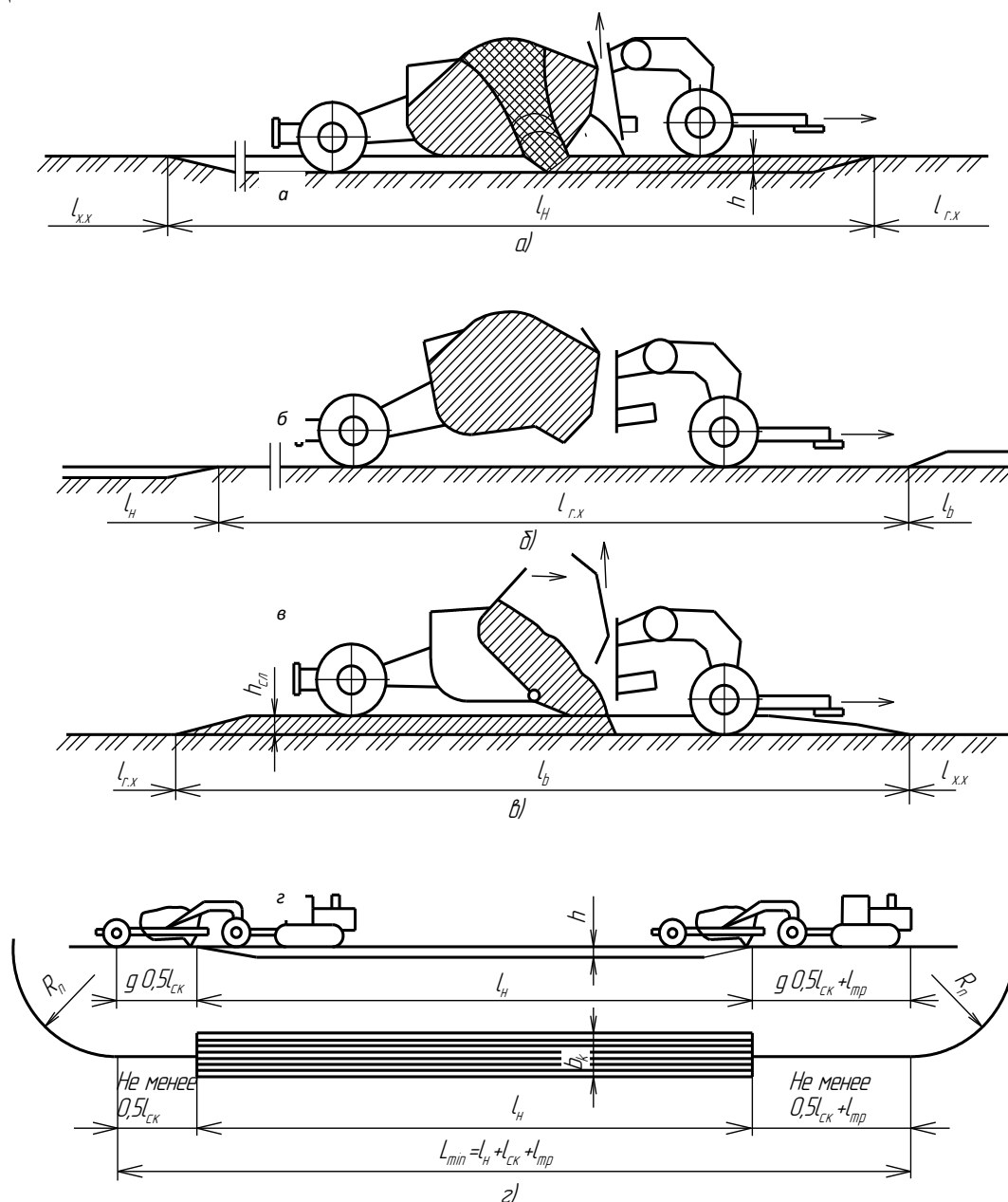


Рис. 2.5. – Рабочий процесс скрепера:
 а – положение ковша во время набора грунта; б – транспортировка грунта;
 в – выгрузка грунта; з – схема к определению минимальной длины
 прямого участка пути, необходимого для набора грунта

Наибольшее применение скреперы находят на строительстве грунтовых плотин и других сооружений из насыпного грунта (участки каналов в насыпи, защитные дамбы и т. д.), где ими выполняют почти весь комплекс строительных операций.

Существуют скреперы с ковшами вместимостью от 3 до 15 м³ и более мощные машины с ковшами вместимостью 25–40 м³ и более.

Набор грунта скреперами можно вести только на прямолинейных участках длиной, достаточной для размещения длины пути набора и скреперного агрегата (рис. 2.5, з). К моменту начала набора тягач и часть

скрепера будут находиться уже на полосе набора грунта. После окончания набора тягач и часть скрепера выйдут за пределы участка, на котором срезался грунт. В связи с этим минимальная длина прямолинейного участка пути для набора грунта должна быть не менее

$$L_{\min} = l_{\text{н}} + l_{\text{ск}} + l_{\text{т}},$$

где $l_{\text{н}}$ – длина пути набора грунта;

$l_{\text{ск}}$ – длина скрепера и тягача.

Длину путей набора и выгрузки можно вычислить по формулам, получаемым из условия равенства объемов срезанного грунта и грунта, находящегося в ковше (рис. 2.5, а).

Длина пути набора грунта

$$l_{\text{н}} = \frac{qK_{\text{н}}K_{\text{п}}}{K_{\text{н}}hb_{\text{н}}K_{\text{р}}};$$

длина пути выгрузки грунта

$$l_{\text{в}} = \frac{qK_{\text{н}}}{h_{\text{сл}}b_{\text{н}}},$$

где q – геометрическая вместимость ковша;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент наполнения ковша грунтом;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент потерь грунта при наборе ($\approx 1,2$);

$K_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности толщины стружки ($\approx 0,7$);

h – средняя толщина стружки грунта за время набора;

$b_{\text{н}}$ – ширина полосы захвата грунта ножами скрепера (ширина ковша);

$K_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления грунта;

$h_{\text{сл}}$ – средняя толщина слоя отсыпки грунта в насыпь.

Толщина слоя укладки грунта зависит от конструктивных особенностей скрепера и требований, предъявляемых технологией последующей обработки грунта (разравнивание, увлажнение, уплотнение).

Если грунт отсыпают в качественную насыпь, то толщину слоя укладки назначают, исходя из технических возможностей средств уплотнения грунта. Толщина слоя укладки регулируется установкой на необходимой высоте ножа скрепера, выполняющего в данном случае роль разравнивателя.

Принимая для производства работ скреперы, надо учитывать следующее:

- грунтовые условия – скреперы плохо работают на сухих сыпучих и тяжелых глинистых грунтах; не могут быть использованы в грунтах с крупными каменистыми включениями, при наличии пней, крупных корней;

- влажность грунтов – на влажных и липких грунтах коэффициент наполнения снижается до 0,3–0,5; при наличии грунтовых вод скреперы применять нельзя;

- дальность перемещения грунта – для прицепных скреперов составляет

до 400–800 м, для самоходных – до 3000 м;

- уклоны пути по местности и выездов из выемки и на насыпь;
- размеры выемки и насыпи – скрепер должен иметь ширину режущей кромки не более ширины разрабатываемой выемки по дну и свободно размещаться по ширине насыпи (с запасом не менее 0,5 м с каждой стороны);
- достаточность места для маневрирования скрепера в пределах выемки и на насыпи с учетом практического значения радиуса поворота;
- общий объем работ и объем работ, приходящийся на один скрепер в условиях работы на рассматриваемом объекте.

Для небольших объемов земляных работ и для работ в стесненных условиях выгоднее применить скреперы с малой вместимостью ковша, исходя из условия свободного маневрирования ими.

Для больших сосредоточенных объемов работ на одном объекте выгоднее применять скреперы с большой вместимостью ковша, а при больших дальностях возки – быстроходные самоходные скреперы.

Эффективность перемещения грунта скреперами в большой степени зависит от условий их передвижения, т. е. от состояния путей и до-рог. С ухудшением дорожных условий – увеличением сопротивлений передвижению – снижается эффективность использования самоходных скреперов, поэтому выгоднее применять менее требовательные к дорогам – прицепные к гусеничным тягачам.

Разработка грунта в выемке возможна двумя способами – продольным и поперечным. Последний применяют при ширине выемки, достаточной для набора грунта.

При строительстве грунтовых сооружений большой протяженности (каналы, дамбы, дороги) рабочие передвижения скреперов возможны по одной из следующих схем: кольцевой, восьмерке, змейке (рис. 2.6). При движении по кольцевой схеме скрепером обычно отсыпается грунт на том же по длине участке выемки, на котором ведется его разработка.

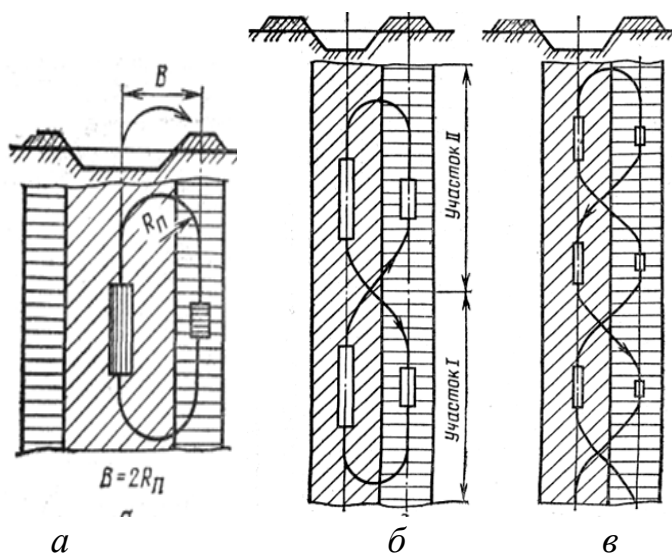


Рис. 2.6. – Схемы движения скреперов:
а – кольцевая; б – восьмерка; в – змейка

Протяженные выемки и насыпи небольшой ширины целесообразно выполнять при движении скреперов по восьмерке или змейке. При этом уменьшается крутизна поворотов в груженом состоянии, и повороты выполняются попеременно в разные стороны, а не все время в одну, как при движении по кольцевой схеме. Последнее обстоятельство важно для более равномерной нагрузки и износа ходовых устройств тягача.

При разработке скреперами котлованов или карьеров для насыпных плотин пути перемещения прокладывают из условия наименьшей дальности возки и с наиболее благоприятными уклонами.

Предельные уклоны участков путей для движения скреперов имеют следующие значения: подъемы – 0,12–0,15; спуски – 0,25–0,30; поперечные уклоны путей – 0,08–0,12. Меньшие значения уклонов относятся к самоходным скреперам.

При строительстве протяженных объектов (каналов, дамб, дорог) устраивают въезды и съезды, которые размещают на расстояниях, кратных длине набора.

Основным показателем при выборе схемы движения скреперов служит средняя дальность возки (чем она меньше, тем лучше схема). За среднюю дальность возки грунта принимают длину, равную половине всего пути, проходимого скрепером за один цикл.

Производительность скреперов подсчитывают (Π , м³/ч) по формуле, общей для всех машин циклического действия,

$$\Pi = \frac{qnK_n K_v}{K_p},$$

где q – геометрическая вместимость ковша, м³;

n – частота циклов скрепера в единицу времени (в данном случае за час);

K_n – коэффициент наполнения ковша;

K_v – коэффициент использования рабочего времени;

K_p – коэффициент разрыхления грунта.

Частота циклов в час

$$n = \frac{3600}{t_{\text{ц}}},$$

где $t_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла, с.

В свою очередь, $t_{\text{ц}}$ складывается из ряда элементов:

$$t_{\text{ц}} = t_n + t_{\text{г.х}} + t_v + t_{\text{х.х}},$$

где t_n , $t_{\text{г.х}}$, t_v , $t_{\text{х.х}}$ – соответственно продолжительности набора грунта, груженого хода, выгрузки, порожнего хода.

Продолжительность каждой из составляющих цикла определяют

делением соответствующей длины пути на скорость движения:

$$t_H = \frac{l_H}{v_H}; \quad t_{Г.Х} = \frac{l_{Г.Х}}{v_{Г.Х}} K_3;$$

$$t_B = \frac{l_B}{v_B}; \quad t_{Х.Х} = \frac{l_{Х.Х}}{v_{Х.Х}} K_3,$$

где $l_H, l_B, l_{Г.Х}, l_{Х.Х}$ – соответственно длины участков пути набора, выгрузки, груженого и порожнего хода, м;

$v_H, v_B, v_{Г.Х}, v_{Х.Х}$ – соответствующие элементам цикла скорости движения тягача при наборе, выгрузке, груженом и порожнем оде, выбираемые в соответствии с тяговыми сопротивлениями на различных участках пути движения скрепера, м/с;

K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение продолжительности элементов цикла за счет разгона при трогании с места, замедления при остановке и переключении передач, пробуксовке движителей по грунту.

Так как продолжительность набора и выгрузки грунта при любой схеме движения в определенных грунтовых условиях практически мало изменяется, то производительность скрепера в основном зависит от длины пути груженого и холостого хода. При увеличении дальности возки производительность скрепера резко падает. Пределы применения скреперов можно увеличить при повышении транспортных скоростей движения до 30–60 км/ч. Это достигается при работе скреперов с быстроходными колесными тягачами.

Производительность скреперов можно значительно повысить, если применять рациональные приемы ведения работ.

Для увеличения производительности скреперов можно рекомендовать следующие меры производственного характера.

Существенный эффект получают при использовании толкача, в качестве которого применяется обычный бульдозер, который «помогает» скреперу осуществлять набор грунта, подталкивая агрегат сзади. Набор при этом осуществляется при большей толщине стружки, а значит, уменьшается длина пути набора и время, затрачиваемое на это. Существенно также то, что достигается лучшая наполняемость ковша (выше коэффициент наполнения скреперов с обычной – неэлеваторной – загрузкой).

Рекомендацию осуществлять набор грунта под уклон нельзя считать однозначно положительной. С одной стороны, при этом уменьшается сопротивление при наборе, что позволяет увеличить толщину стружки, с другой же – ухудшаются условия движения грунта в ковш, что снижает коэффициент наполнения ковша.

При работе скрепера на больших площадях при вскрыше и разработке карьеров хороший эффект получают применением шахматно-гребенчатой

схемы (рис. 2.7). При этом на начальном этапе набора резание осуществляется всей шириной ковша, а на завершающем – только его половиной. Это позволяет резать грунт с большой толщиной стружки и достигать большего коэффициента наполнения ковша.

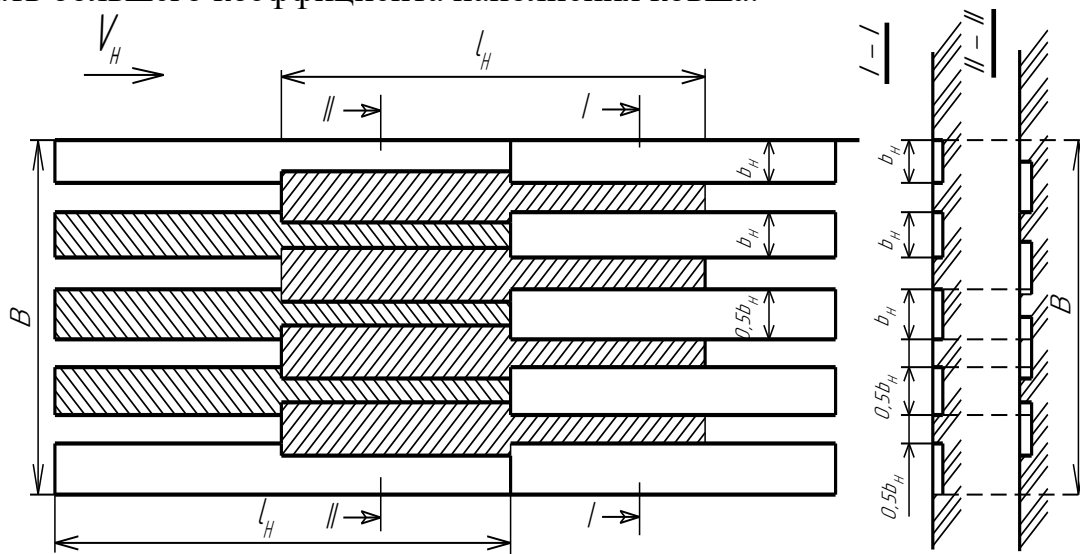


Рис. 2.7. – Шахматно-гребенчатая схема набора грунта с переменной шириной стружки

Технология разработки грунтов бульдозерами. Способы разработки, схемы рабочих перемещений и их характеристика

Цикл работы бульдозера состоит из следующих операций: резания и набора грунта; его перемещения; разгрузки одновременно с возвратом бульдозера к месту набора грунта (обычно задним ходом).

Резание грунта следует осуществлять на горизонтальных участках или спусках, так как при движении на подъем, значительная часть силы тяги тратится на передвижение самого бульдозера.

Разработку грунта бульдозерами можно производить продольным, поперечным и продольно-поперечным способами.

Продольный – такой способ, при котором все элементы цикла выполняются в направлении, параллельном оси возводимого сооружения.

Поперечный – такой способ, при котором все элементы цикла выполняются в направлении, перпендикулярном оси возводимого сооружения.

Продольно-поперечный – это способ, при котором резание грунта и набор его перед отвалом выполняются в направлении, параллельном оси сооружения, а транспортируется в направлении, перпендикулярном оси сооружения. Применяется для разравнивания отвалов грунта; засыпки траншей; разработке грунта в выемках с перемещением его в отвалы.

Выбор способа разработки зависит от параметров разрабатываемой полосы грунта, направления выполнения отдельных элементов.

Планировка площадок бульдозерами выполняется преимущественно траншейным и послойным способами (рис. 2.8).

При *траншейном* способе выемку разбивают на ярусы глубиной 0,4–0,5 м. Разработку каждого яруса ведут траншеями на ширину отвала бульдозера, разрабатывая за 2–3 проходки бульдозера по нему, оставляя между ними полосы нетронутого грунта шириной до 0,6 м, которые срезают в последнюю очередь. При разработке выемок данным способом потери грунта при транспортировании минимальны.

При *послойном* способе выемку разрабатывают слоями на толщину снимаемой стружки за один проход бульдозера последовательно по всей ширине выемки или отдельными его частями. Способ применим при небольших глубинах срезки и сложном очертании площадки работ, он прост и используется чаще, чем траншейный.

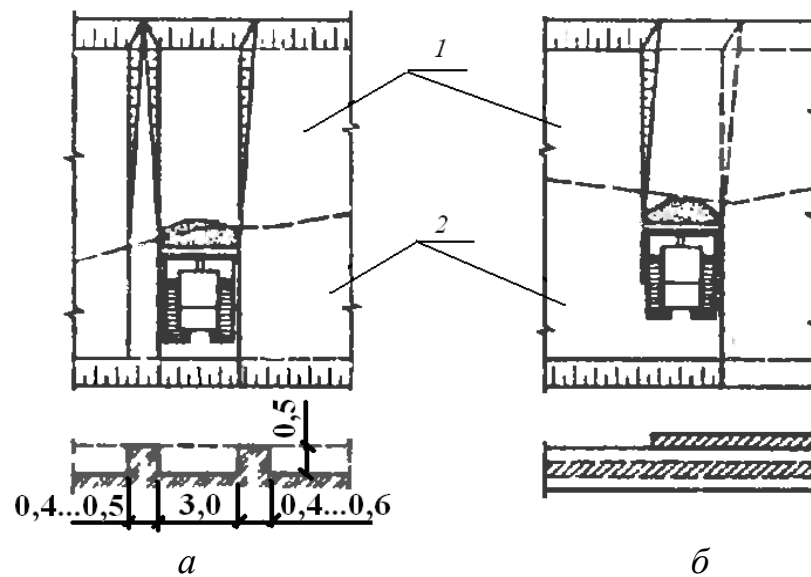


Рис. 2.8. Схемы резания и перемещения грунта бульдозером: *а* – траншейный; *б* – послойный; 1 – насыпь; 2 – выемка

При перемещениях грунта на расстояние свыше 40 м применяют способ разработки с промежуточным валом, а также спаренную работу двух бульдозеров. Отсыпку грунта ведут послойно, начиная с более удаленной точки от места забора. При дальности перемещения до 70 м бульдозер возвращается в забой для повторения цикла задним ходом без разворота машины.

Объем грунта (m^3), который может быть набран перед отвалом бульдозера, определяется по формуле

$$q = f \cdot b_0 \cdot K_H = \frac{H_0^2 \cdot b_0 \sin \beta}{2 \tan \varphi}$$

$$f = 0,5H_0 \frac{H_0}{\tan \varphi}$$

где f – площадь поперечного сечения грунта перед отвалом, м^2 ;
 b_0 – ширина отвала, м ;
 k_n – коэффициент заполнения емкости перед отвалом бульдозера в долях единицы от наибольшего возможного заполнения (примерно 0,6–0,8);
 H_0 – высота отвала, м ;
 β – угол захвата, град;
 φ – угол естественного откоса грунта (30–40°).

Длина пути набора грунта перед отвалом бульдозера (рис. 2.9) определяется по формуле

$$l_n = \frac{q \cdot K_{\Pi}}{K_h \cdot h \cdot b_0 \cdot \sin \beta \cdot K_p}$$

где q – объем грунта, перемещаемого отвалом бульдозера, м^3 ;
 K_p – коэффициент приведения грунта к первоначальной плотности;
 K_{Π} – коэффициент потерь грунта в боковых валиках при резании (примерно 1,2);
 K_h – коэффициент неравномерности толщины стружки, $k_h = 0,7$;
 b_0 – ширина отвала бульдозера, м ;
 h – глубина резания, м .

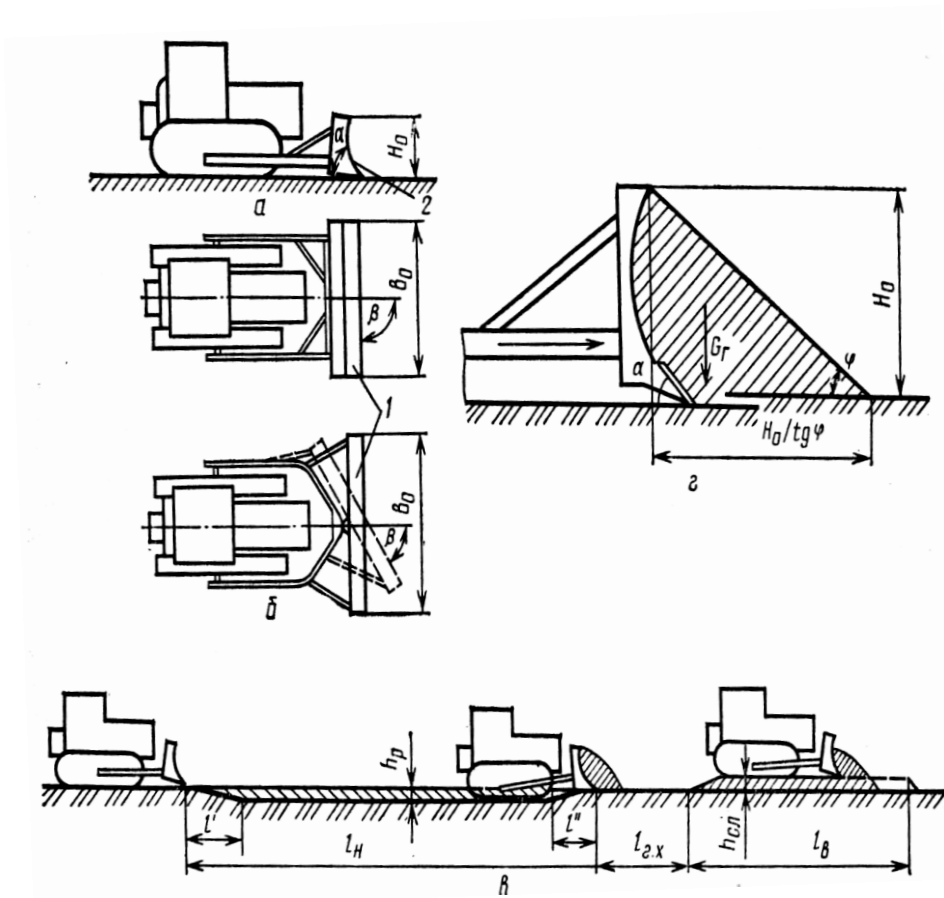


Рис. 2.9. Схемы работы бульдозеров: *a* – с неповоротным отвалом; *б* – с поворотным отвалом; *в* – схема набора, перемещения и отсыпки грунта; *г* – схема к определению объема грунта перед отвалом бульдозера

В благоприятных условиях длина пути набора грунта в среднем 6–10 м. Резание грунта следует осуществлять на горизонтальных участках или спусках, так как при движении на подъем значительная часть силы тяги тратится на передвижение самого бульдозера.

При резании грунта применяют прямоугольную, гребенчатую и клиновую схемы (рис. 2.10). Прямоугольная (рис. 2.10, *a*) применяется для срезки растительного грунта с трассы и разработки грунтов на подъемах. Гребенчатая (рис. 2.10, *б*) – для разработки грунтов I группы на спусках. Клиновая (рис. 2.10, *с*) – на горизонтальных участках и спусках, для разработки грунтов I и II групп.

На месте укладки грунт можно отсыпать бульдозером либо в виде отдельных валов – призм, либо послойно при укладке грунта в качественные насыпи.

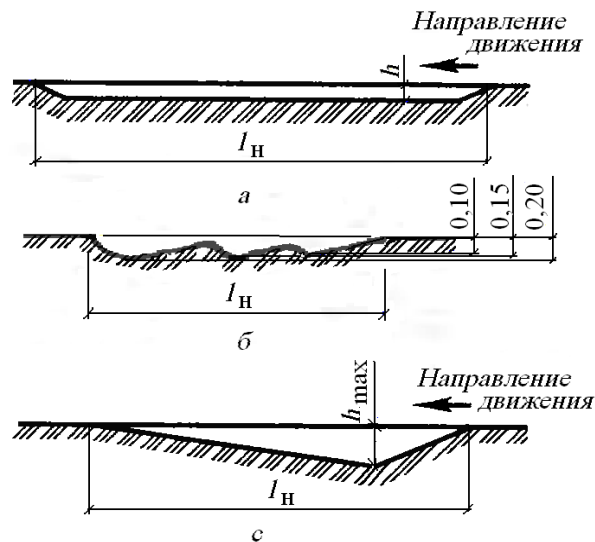


Рис. 2.10. – Схемы резания грунта бульдозером: *a* – прямоугольная; *б* – гребенчатая; *с* – клиновая

В процессе производства работ бульдозерами часто необходимо перемещать грунт из выемки или по откосу насыпи вверх или выполнять планировку откосов. При этом требуется установить либо крутизну предельного откоса, либо объем грунта, который сможет перемещать бульдозер при заданной крутизне откоса. Обе задачи решают приравниванием действующих тяговых сопротивлений силе тяги трактора-тягача на крюке:

$$W_1 + W_3 \pm W_5 = F_{кр},$$

где W_1 – дополнительное тяговое сопротивление передвижению от веса рабочего оборудования бульдозера;

W_3 – сопротивление от перемещения призмы грунта перед отвалом;

W_5 – дополнительное сопротивление от составляющей силы тяжести трактора, оборудования бульдозера, грунта при работе бульдозера на негоризонтальных участках.

2.5. Грунтоуплотняющие машины. Технология уплотнения грунта при строительстве земляных сооружений

Процесс укладки грунта в профильные насыпи требует выполнения ряда строительных операций: подготовка основания под насыпь и под каждый укладываемый слой; насыпка-навал грунта; послойное разравнивание насыпанного грунта; доувлажнение и выдерживание грунта до равномерного распределения влаги; собственно уплотнение; срезка неуплотненных слоев грунта с откосов и перемещение его в тело основной насыпи (срезка бахромы).

Существуют следующие способы уплотнения грунтов: укатывание, трамбование и вибрация.

Способ укатки применяется для уплотнения связных и малосвязных грунтов (суглинков, супесей).

Трамбованием и вибрацией рекомендуется уплотнять несвязные грунты (песчаные, гравелистые, галечные). Уплотнение грунта трамбованием эффективно на любых грунтах, но оптимальных результатов достигает на грунтах с пониженной влажностью.

Для уплотнения грунтов используют различные машины: катки статического действия с гладкими, кулачковыми и вибровальцами, с пневматическими шинами; трамбуемые машины с вальцами, с падающим грузом, с трамбуемыми плитами, с виброплитами.

На выбор уплотняющих механизмов оказывают влияние степень требуемого уплотнения, свойства грунта, объемы выполняемых работ, сроки и темпы производства работ, погодные условия.

Наибольшее распространение получило уплотнение грунта катками статического действия: гладкими, кулачковыми, катками на пневмошинах, решетчатыми катками. Это обусловлено простотой и надежностью оборудования, высокой производительностью и сравнительно низкой стоимостью. В построечных условиях используют также и машины динамического действия – катки с вибрационными механизмами.

Катки не могут быть использованы в стесненных условиях, труднодоступных местах, при большой крутизне уплотняемой поверхности (круче 1:5) и при необходимости уплотнять грунт на глубину более 0,4–0,5 м.

Основные показатели, характеризующие работу уплотняющих машин, следующие: толщина уплотняемого слоя; равномерность уплотнения по глубине слоя; необходимое число проходов по одному месту.

При выборе типа катка необходимо учитывать характер взаимодействия его рабочего органа с грунтом (рис. 2.11).

Катки с гладкими вальцами на пневматическом ходу применяют для уплотнения несвязных грунтов, толщина слоя уплотнения $H_0 = 0,15$ м, число проходов катка по одному месту $n = 4-10$. Катки с гладкими вальцами неравномерно передают нагрузку на грунт и неравномерно уплотняют его в пределах толщи уплотняемого слоя H_0 .

Максимальные напряжения в грунте под гладким вальцом после каждого прохода увеличиваются в связи с уменьшением площади контакта вальца с грунтом.

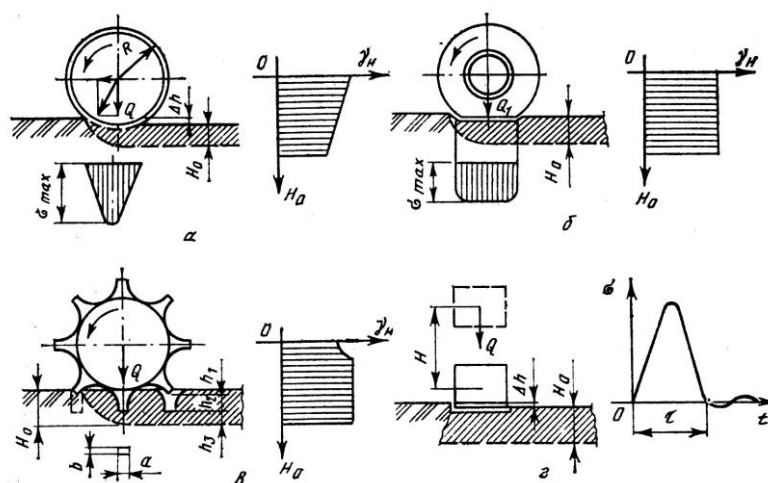


Рис. 2.11. – Схемы взаимодействия органов грунтоуплотняющих машин с грунтом: а – валец гладкого катка; б – пневмошинный каток; в – кулачковый каток; г – трамбовка

2.6. Транспортировка грунта. Условия применения основного вида транспорта

Разработка грунта любыми механическими средствами (экскаваторами, бульдозерами, скреперами) сопровождается перемещением грунта. Расстояние перемещения определяется требованиями строительного проекта и техническими возможностями машин. Например, одноковшовый экскаватор может перемещать грунт в пределах своего радиуса выгрузки, бульдозеры и скреперы – соответственно до 100 и 800–1000 м. Таким образом, если условиям производства работ удовлетворяют землеройные и землеройно-транспортные машины их применяют и для разработки, и для транспортирования грунта.

В случае, если возможности землеройных и землеройно-транспортных машин не соответствуют требуемой дальности перемещения грунта, приходится использовать специальные средства транспорта.

В условиях мелиоративного и водохозяйственного строительства, как

правило, используются циклические средства транспорта – автомобильный и тракторный. Другие виды – железнодорожный и конвейерный – практически не применяются.

При комплектовании экскаваторов с автосамосвалами рекомендуется, чтобы в кузове транспортного средства помещались пять – восемь ковшей погрузочной машины (экскаватора). При большем количестве увеличивается простой транспортных средств под загрузкой, а при меньшем – увеличивается их количество и ухудшаются условия загрузки (например, при количестве ковшей один – два увеличиваются нагрузки на автомобиль при загрузке).

Тракторный транспорт – тракторы колесные и гусеничные с прицепами отличаются высокой производительностью в связи с большой грузоподъемностью, возможностью применения на объектах с разными объемами работ, меньшей требовательностью к дорогам и зависимостью от погодных условий по сравнению с автомобилями, возможностью применения на путях с большими уклонами. Однако вследствие относительно небольших скоростей применение тракторного транспорта ограничено малыми дальностями возки грунта.

Вариантом тракторного транспорта является скреперный, когда непосредственный набор скрепером невозможен, а их загрузка осуществляется экскаватором. Окончательный выбор комплекта «экскаватор – транспортные средства» осуществляется на основании технико-экономического сравнения вариантов.

Производительность циклических транспортных средств зависит не только от параметров транспортных средств, но и от условий объекта: способа погрузки грунта, дальности перемещения его, состояния дорог, рельефа местности.

Техническую производительность автосамосвала или тракторного поезда можно определить по формуле

$$П_{\text{т}} = \frac{60Q_{\text{об}}}{T},$$

где $Q_{\text{об}}$ – объем грунта в кузове (или кузовах), приведенный к объему его в плотном теле, м^3 ;

T – продолжительность одного цикла транспортной единицы, мин.

$$Q_{\text{об}} = \frac{G_{\text{т}}}{\gamma_{\text{е}}},$$

где $G_{\text{т}}$ – грузоподъемность транспортного средства, т;

$\gamma_{\text{е}}$ – плотность грунта в естественном состоянии, $\text{т}/\text{м}^3$.

При малом значении отношения вместимости кузова транспортной

машины к вместимости ковша погрузочной машины загрузку транспортных средств необходимо проверять исходя из целого числа ковшей m . Число ковшей для загрузки

$$m = \frac{Q}{\gamma_{\text{е}} q \frac{K_{\text{н}}}{K_{\text{р}}}},$$

где q – геометрическая вместимость ковша экскаватора.
Принимать следует целое число ковшей (меньшее). Тогда

$$Q_{\text{об}} = \frac{mqK_{\text{н}}}{K_{\text{р}}}.$$

Продолжительность цикла

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5,$$

где t_1 – продолжительность подачи под погрузку, принимаемая равной 0,5–1,0 мин;

t_2 – продолжительность погрузки, мин;

t_3 – продолжительность груженого хода, мин;

t_4 – продолжительность разгрузки вместе с маневрированием, для саморазгружающихся средств транспорта $t_4 = 1 \dots 3$ мин, в зависимости от грузоподъемности;

t_5 – продолжительность порожнего хода, определяемая так же, как t_3 , мин.

Продолжительность погрузки определяется следующим образом:

$$t_2 = \frac{60Q_{\text{об}}K}{\Pi_{\text{м}}},$$

где K – коэффициент увеличения продолжительности погрузки из-за случайных задержек, принимаемый равным 1,1;

$\Pi_{\text{м}}$ – техническая производительность землеройной машины в карьере, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Продолжительность груженого хода

$$t_3 = \left(\frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} + \dots + \frac{l_n}{v_n} \right) K_{\text{зам}},$$

где l_1, l_2, \dots, l_n – соответственно длины участков пути с разными условиями (уклоны, покрытия, состояние), м;

v_1, v_2, \dots, v_n – скорости на соответствующих участках пути, опре-

деляемые тяговыми расчетами или по табличным данным, м/мин;

$K_{зам}$ – коэффициент замедления при разгоне и торможении, зависит от дальности передвижения (для автомобиля при дальности возки 1 км $K_{зам} = 1,05$, при 0,5 км – 1,1 и при 0,25 км – 1,2).

Если невозможно учесть условия пути на разных участках, продолжительность груженого или порожнего хода определяют по средней скорости движения автомобилей:

$$t_3 \approx t_5 = \frac{L}{v_{cp}}.$$

Число транспортных единиц на одну землеройную или погрузочную машину определяют по формуле

$$n = \frac{\Pi_M}{\Pi_T} = \frac{T}{t_2}.$$

2.7. Разработка грунта методом гидромеханизации

Гидромеханизация – это способ производства земляных работ, при котором разработка, транспортировка и укладка грунта осуществляются с помощью воды.

На месте разработки грунт размывается водой, образовавшаяся гидросмесь (пульпа) самотеком по лоткам или земляным каналам (при благоприятных топографических условиях) или под напором по трубам перемещается на место укладки в профильные насыпи или отвалы.

Разработку грунта можно выполнять землеройными механизмами или взрывным способом, а с помощью воды грунт только транспортировать и укладывать.

На месте укладки при уменьшении скоростей течения пульпы грунтовые частицы выпадают из нее, а осветленная вода сбрасывается в ближайший водоток.

Происходящие в процессе размыва, гидротранспортировки и осаждения частиц сложные явления достаточно хорошо изучены. Они освещены в трудах Б. А. Волнина, Д. Л. Меламута, В. А. Мелентьева, А. И. Огурцова, Г. Н. Ропера, А. П. Юфина, Б. М. Шкундина и др.

Широкое применение гидромеханизации объясняется многими положительными качествами этого способа: простотой оборудования, большой производительностью, возможностью разработки грунта под водой.

При разработке грунта засасыванием его из-под воды нет необходимости проводить водоотлив и поддерживать выемку в осушенном состоянии. Так как пульпа транспортируется по лоткам или трубам, отпадает необходимость в устройстве землевозных дорог и упрощается организация транспортных операций.

К недостаткам гидромеханизированного способа следует отнести потребность в больших количествах воды, возможность разработки в основном несвязных и малосвязных грунтов, большую энергоемкость в связи с перекачкой воды (около 10 м^3 на 1 м^3 грунта), трудность применения рассредоточенных объемах работ.

Гидромеханизацию применяют для выполнения следующих видов работ, разработки грунта в котлованах и каналах с транспортировкой его в отвалы; разработки грунта в карьерах с перемещением и укладкой в профильные насыпи — плотины, дамбы; очистки каналов и отстойников от наносов, добычи песка и гравия в горных и русловых карьерах с транспортировкой и материала на месте складирования.

Основные операции при гидромеханизации разработку, транспортировку и укладку грунта можно выполнять разными способами и средствами, в зависимости от назначения объекта, вида разработки и природных условий.

На практике применяют: разработку размывом струей воды и размыв засасыванием

Разработку размывом струей воды (мониторный способ) применяют в забоях, не затопленных водой. При этом способе (рис. 2.12,а) на источнике

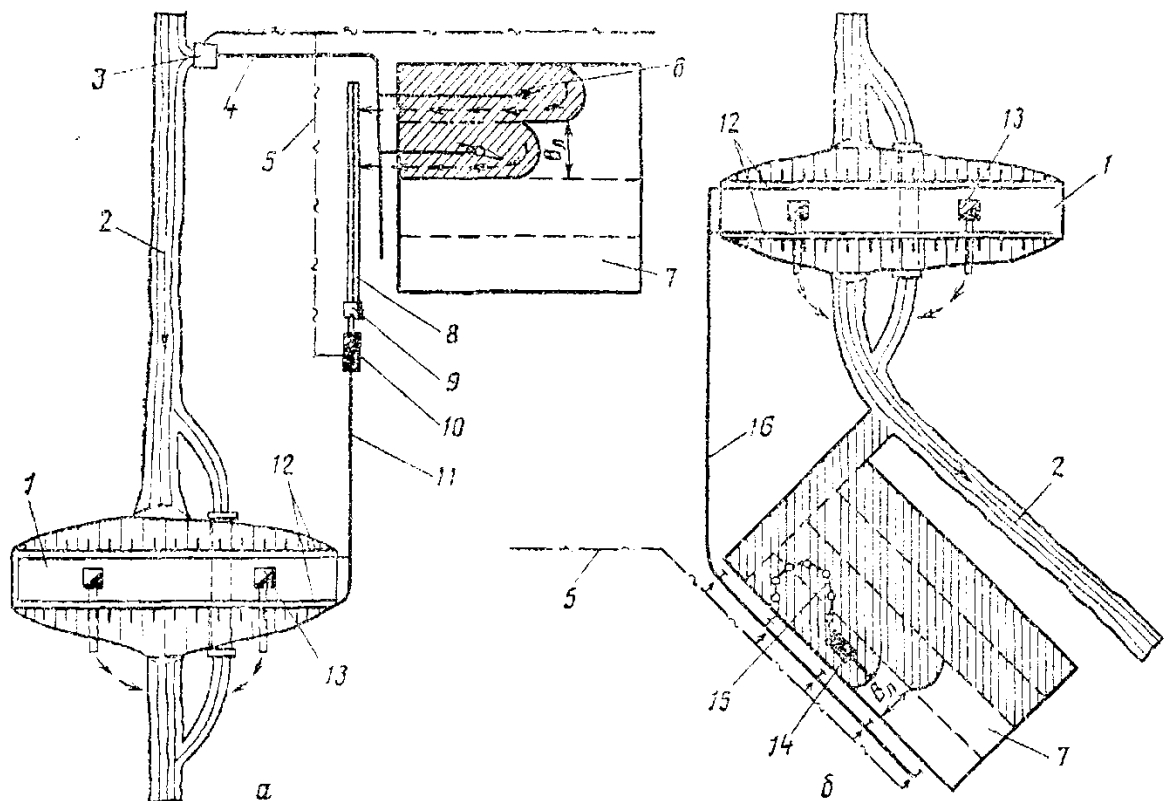


Рис. 2.12. — Технологические схемы производства земляных работ способом гидромеханизации: а — размывом струей воды (гидромониторный способ); б — засасыванием грунта из-под воды (рефулерный способ); 1 - место укладки грунта; 2 - река; 3 - насосная установка; 4 - напорный водовод; 5 - ЛЭИ; 6 - гидромонитор; 7 - карьер; 8 - канава для сбора пульпы; 9 - приямок (зумпф); 10 - землесосная установка; 11 - напорный пульповод; 12 - распределительный пульповод; 13 - сбросные колодцы; 14 - земснаряд; 15 - плавучий пульповод; 16 - магистральный пульповод.

водоснабжения строят временную насосную станцию, от нее по водоводам вода подается к гидромониторам и в забой. Размытый струей воды грунт в виде пульпы собирается в приямок, из которого откачивается с помощью землесосной станции и подается по пульповодам к месту укладки в профильную насыпь или отвал. На месте укладки грунт выпадает из взвеси, и осветленная вода сбрасывается в водоток

При мониторингом способе производства работ грунт размывается при скорости течения воды в пределах 20...60 м/с, пульпа транспортируется со скоростью 1,5...4,0 м/с, на месте укладки скорость потока пульпы составляет 0...0,5 м/с. Воду и пульпу можно подавать под естественным напором, в этом случае насосной и землесосной станций не будет.

При разработке грунта засасыванием из-под воды (рефулерный способ) (рис. 2.12,б) грунт в карьере или выемке разрабатывается плавучей землесосной установкой. Для этого место разработки (карьер или деловая выемка) должно быть заполнено водой. Пульпа вначале по плавучему, затем по магистральному пульповоду направляется на место укладки в насыпь. При этом способе производства работ грунт разрабатывается засасыванием при скоростях у всаса 1,5...2,0 м/с, а транспортируется и укладывается при скоростях движения таких же, как при мониторингом способе.

Применимость гидромеханизации определяется наличием воды и свойствами подлежащих разработке грунтов.

При оценке свойств грунтов, кроме обычных показателей (механический состав, плотность, связность, пористость), приходится учитывать средний диаметр частиц грунта, коэффициент неоднородности механического состава ($E=d_{60}/d_{10}$), гидравлическую крупность частиц (скорость оседания частиц в стоячей воде), абразивные свойства (способность истирать металлические части оборудования и трубы).

По трудности разработки гидромеханизированным способом все грунты, кроме скальных и полускальных, разделены на шесть групп с учетом удельного расхода воды на 1 м³ разрабатываемого грунта и способа разработки. При гидромониторном способе удельные расходы воды колеблются в пределах $q=5...14$ м³, а при засасывании из-под воды – $q=6,5...22$ м³.

Свойства пульпы характеризуют весовой или объемной консистенцией, а также плотностью. В практике обычно применяют объемную консистенцию пульпы, которая характеризуется отношением 1 м³ грунта в состоянии естественной плотности к объему воды затраченному на его разработку (в среднем 1 : 10).

2.8. Производство земляных работ в зимнее время

Разработка грунтов в зимнее время (без предварительного рыхления) может осуществляться блочным и механическим способами.

Блочный способ применяется для больших площадей и основан на нарушении монолитности мерзлого грунта за счет разрезки его баровой

машиной при взаимно перпендикулярных проходках на блоки шириной 0,6–1,0 м (при глубине промерзания до 0,6 м достаточно сделать только продольные разрезы).

Баровые машины позволяют прорезать в мерзлом грунте щели глубиной 1,2–2,5 м. Расстояние между барами принимается в зависимости от грунта через 60–100 см. Разработку производят экскаваторами обратной лопатой или глыбы грунта волоком перемещают с разрабатываемой площадки в отвал бульдозерами или тракторами.

При устройстве небольших котлованов и траншей, при работе в стесненных условиях с погрузкой грунта в автотранспорт или укладкой в отвал используют *мелкоблочный* метод разработки мерзлых грунтов. Для погрузки мерзлых блоков и разработки талого грунта применяют экскаваторы, оборудованные прямой лопатой с ковшом вместимостью 0,65 м³ и более.

При глубине промерзания до 1,3 м траншеи и котлованы можно разрабатывать обратными лопатами с ковшом вместимостью 0,65 м³ и выше при условии нарезания полос через 0,4–0,5 м баровой машиной. При ширине траншеи до 2 м достаточно сделать только продольные прорезы вдоль траншеи; при большей ширине выполняют и поперечные прорезы под углом 30°, нарезая при этом блоки в виде ромбов. При рытье котлованов полная площадь разрабатывается несколькими торцовыми проходками.

Для разработки небольших котлованов в мерзлых грунтах, а также вблизи зданий рекомендуется применять *крупноблочный* метод, при котором блоки массой 4–10 т отрываются и сдвигаются от талого основания бульдозерами, затем погружаются кранами в самосвалы. Подъем блоков можно производить через несколько смен после нарезания щелей, поскольку разрыв между блоками не смерзается.

Выемку разбивают на две хватки: на первой нарезают щели однобаровой машиной, на второй убирают краном блоки и подчищают бульдозером основание.

Механический способ основан на силовом (чаще в сочетании с ударным или вибрационным) воздействии на массив мерзлого грунта. Для разработки грунта используются обычные землеройные и землеройно-транспортные машины и машины со специально разработанными для зимних условий рабочими органами.

Разработка мерзлых грунтов машинами ударного действия. При разработке котлована комплект машин может состоять из *рыхлителя* МНС-2 (машины непрерывного скола) и *гидравлического экскаватора*, оборудованного обратной лопатой с ковшом вместимостью 0,5 м³. Рабочие органы рыхлителя в виде двух клиньев при ударах по ним падающих грузов,двигающихся по направляющим, заглубляются в мерзлый грунт на глубину до 1,1 м, скалывая его. Ширина разрабатываемой полосы – от 1,5 до 3 м.

Имея задел разрыхленного грунта не менее чем на половину смены, включается в работу экскаватор, двигаясь вслед за машиной МНС-2 с постоянным интервалом, что исключает смерзание разрыхленного грунта.

Грунт можно рыхлить *дизель-молотом* с клином, закрепленным на экскаваторе, с последующей разработкой грунта экскаватором, оборудованным прямой или обратной лопатой.

При сравнительно небольших по объему котлованах и траншеях грунт рыхлят с помощью навесного оборудования одноковшовым экскаватором в виде *молотов свободного падения* (шар-молот, клин-молот). Производительность экскаватора, работающего с клин- или шар-молотом, не превышает 60 м³ мерзлого грунта за смену. Недостатком рыхления грунтов этим способом является чрезмерный расход стальных канатов и повышенные нежелательные динамические нагрузки на узлы экскаватора.

Грунт также рыхлят *гидромолотами*, навешиваемыми в качестве сменного рабочего оборудования на гидравлические экскаваторы. Ими можно рыхлить не только мерзлые, но и скальные грунты, асфальтобетонные покрытия и т. п. Мерзлый грунт разрабатывается слоями толщиной 40–60 см при производительности от 5–6 до 20–25 м³/ч.

Разработка мерзлых грунтов статическими рыхлителями. Применяют сменное навесное оборудование ЭРМГ-1 и ЭРМГ-2 (экскаваторные рыхлители мерзлого грунта одностороннего и двухстороннего действия). Это *гидравлические механизмы захватно-клевцевого типа* статического действия, которые позволяют совместить операции по рыхлению мерзлого грунта с обычной экскавацией.

Отсутствие ударно-динамических воздействий на грунт позволяет использовать гидравлические экскаваторы с навесным оборудованием в самых разнообразных условиях, практически охватывая всю номенклатуру земляных работ, специфичных для строительства в стесненных условиях, вблизи действующих подземных коммуникаций, наземных строений и предметов (деревья, столбы и т. п.).

Достоинством их являются высокая эффективность при разработке мерзлых грунтов, на выполнении специальных работ: разрушении монолитных бетонных сооружений и асфальтобетонных дорожных покрытий, снятии и укладке дорожных плит, разборке конструкций старых зданий при сносе, выполнении погрузочно-разгрузочных работ с длинномерными и другими грузами (бревна, трубы и т. д.) без применения дополнительных грузоподъемных средств.

При обратной засыпке котлованов и траншей в зимнее время пазухи между стенками котлована и возведенными в нем фундаментами следует засыпать грунтом, содержащим мерзлых комьев не более 15 % общего объема засыпки; засыпать пазухи внутри зданий мерзлым грунтом запрещается.

При прокладке трубопроводов траншеей на 0,5 м выше трубы засыпают талым грунтом. Верхнюю часть траншеи можно засыпать мерзлым грунтом, не содержащим комьев размерами более 5–10 см. Для засыпки траншей в пределах проездов с твердым покрытием применять мерзлый грунт нельзя