

ЛЕКЦИЯ

Тема: Разработка грунта механизированным способом

Задание:

1. Ознакомиться с теоретическим материалом, выделить для себя основные определения и формулы. Подготовиться к выполнению практической работы по теме.
2. Прислать для проверки на почту

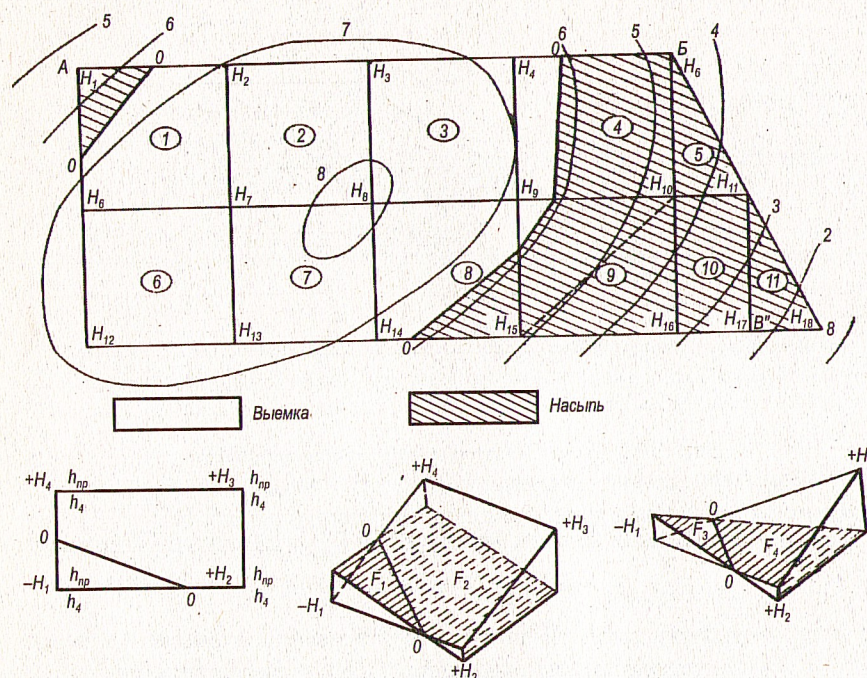


Рис. 3.11. Схема разбивки на элементарные фигуры

никаких земляных работ. Расстояние от этой точки до вершин, имеющих соответствующие рабочие отметки H_3 и H_4 (или H_8 и H_9), находят по правилу пропорциональности сторон подобных треугольников, причем H_3 и H_4 входят в формулу по абсолютной величине:

$$X_i = \frac{aH_3}{(H_3 + H_4)},$$

где X_i — расстояние нулевой точки от вершины, имеющей отметку H_3 ;
 a — сторона квадрата между вершинами с рабочими отметками H_3 и H_4 .

Путем соединения между собой всех имеющихся на площадке нулевых точек получают линию нулевых работ, разграничивающую зону планировочной выемки от зоны планировочной насыпи (линия 0-0 на рис. 3.11).

Линия эта рассекает квадраты, по которым она проходит, на треугольники, трапеции, пятиугольники различных размеров и конфигурации. Объемы выемок или насыпей, заключенные в отдельных квадратах, или в их частях, отсекаемых нулевой линией, а также объемы откосов определяют по формулам геометрии (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Расчетные формулы для определения объемов грунтовых масс при вертикальной планировке

Вид фигуры	Расчетные формулы
Целый элементарный квадрат	$V = \frac{F(H_1 + H_2 + H_7 + H_8)}{4}$
Фигуры, отсекаемые нулевой линией	
треугольник	$V = \frac{F(H_3)}{3}$
трапеция	$V = \frac{F(H_4 + H_9)}{4}$
пятиугольник	$V = \frac{F(H_9 + H_{14} + H_{13})}{4}$
Элементы откосов	
угловой, типа четырехгранной пирамиды	$V = \frac{m^2 H_{15}^3}{3}$
боковой, типа призматоида	$V = \frac{ma(H_{13}^2 + H_{14}^2)}{4}$
боковой, типа трехгранной пирамиды	$V = \frac{maH_{11}^2}{4}$

Примечание. F — площадь в плане соответствующей фигуры; m — коэффициент откоса.

Общий объем разрабатываемого грунта при планировке площадки определяют как сумму всех частных объемов.

3.5. Разработка грунта механизированным способом

Механический метод основан на применении машин и механизмов для разработки, перемещения и укладки грунта. При механизированном способе разработки на грунт действует усилие резания рабочих органов различных машин. В результате определенные порции грунта отделяются от массива и могут быть перемещены и уложены в насыпь. Если машина только разрабатывает грунт, она называется *землеройной*. Если машина разрабатывает и перемещает грунт — *землеройно-транспортной*.

К землеройным машинам относят одноковшовые экскаваторы (циклического действия) и экскаваторы непрерывного действия. Наибольшее применение имеют одноковшовые экскаваторы, которыми выполняется около 45% всего объема земляных работ.

В промышленном и гражданском строительстве применяют экскаваторы с ковшем вместимостью 0,15–2 м³, реже до 4 м³. Они имеют ком-

плект сменного оборудования, включающий прямую и обратную лопаты, драглайн и грейфер. Кроме того, стрела, входящая в комплект драглайна и грейфера, может быть оборудована грузовым крюком или клином-бабой.

Процесс разработки грунта экскаватором, независимо от вида рабочего оборудования, складывается из чередующихся в определенной последовательности операций в одном цикле: резания грунта и заполнения ковша; подъем ковша с грунтом, поворот экскаватора вокруг оси к месту выгрузки; выгрузка грунта; обратный поворот экскаватора, опускание ковша и подача его в исходное положение.

Предельные размеры выемок, которые могут быть выполнены одноковшовым экскаватором с одной стоянки, зависят от его рабочих параметров.

Основные рабочие параметры одноковшовых экскаваторов при разработке выемок, котлованов и траншей: $-H$ — максимально возможная глубина копания; $+H$ — высота копания; R_{max} и R_{min} — наибольший и наименьший радиусы копания на уровне стенки экскаватора; R_c — радиус выгрузки; H_g — высота выгрузки.

Разработку грунта одноковшовыми экскаваторами ведут позиционно. Зону, в которой действует экскаватор на данной позиции, называют *забоем*. В нее входят площадка, на которой находится экскаватор, часть массива грунта, разрабатываемого с одной стоянки, и площадка, на которой устанавливается транспорт под погрузку или размещается отвал грунта. По окончании разработки грунта в данном забое экскаватор перемещается на новую позицию.

Экскаватор и транспортные средства должны быть расположены в забое таким образом, чтобы средняя величина угла поворота экскаватора от места заполнения ковша до места его выгрузки была минимальной, так как на время поворота стрелы может расходоваться до 70% рабочего времени цикла экскаватора.

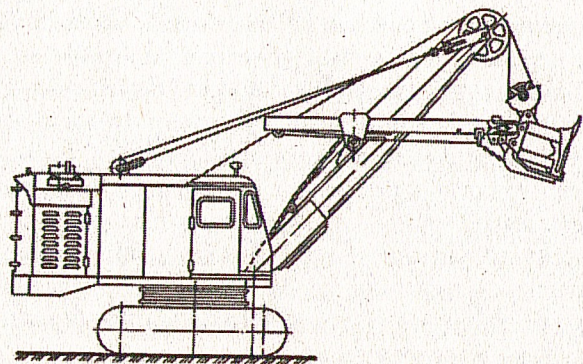


Рис. 3.12. Экскаватор с механическим приводом и прямой лопатой

Экскаватор с прямой лопатой (рис. 3.12) используют для разработки грунта, расположенного выше уровня стоянки экскаватора, преимущественно с погрузкой на транспорт. Грунт разрабатывают лобовым и боковым забоями.

В *лобовом забое* экскаватор разрабатывает грунт впереди себя и отгружает его на транспортные средства, которые подают к экскаватору по дну забоя. В зависимости от ширины проходки лобовые забои подразделяются на узкие (ширина проходки менее 1,5 размера наибольшего оптимального радиуса резания R_0), нормальные (ширина 1,5–1,9 R_0), уширенные (при ширине 2–2,5 R_0) и поперечно-торцевые (при ширине до 3,5 R_0).

Ширина лобовых проходок определяется по формулам:

- для лобовой прямолинейной

$$B = 2\sqrt{R_0^2 - l_n^2};$$

- для зигзагообразной

$$B = 2\sqrt{R_0^2 - l_n^2} + 2R_c;$$

- для поперечно-торцевой

$$B = 2\sqrt{R_0^2 - l_n^2} + 2nR_c,$$

где R_0 — оптимальный радиус резания экскаватора;

l_n — длина рабочей передвигки экскаватора, равная разнице между максимальным и минимальным радиусами резания;

R_c — радиус резания на уровне стоянки;

n — число поперечных передвижек экскаватора.

Более эффективна разработка грунта способом *бокового забоя* (рис. 3.13д). Экскаватор черпает грунт преимущественно с одной стороны перемещения и частично впереди себя. Транспорт подается под погрузку сбоку выработки, благодаря чему значительно уменьшается угол поворота стрелы экскаватора при погрузке грунта в транспорт. В боковых забоях транспортные пути проходят параллельно оси перемещения экскаватора и, как правило, на уровне его стоянки.

Ширину боковой проходки определяют по формуле:

$$B = 2\sqrt{R_0^2 - l_n^2} + 0,7R_c.$$

Выемки, глубина которых превосходит максимальную высоту забоя для данного типа экскаватора, разрабатывают в несколько ярусов (рис. 3.13е). При этом нижний ярус разрабатывают аналогично верхнему, а автомашины подают к экскаватору таким образом, чтобы ковш нависал над кузовом сзади. Трасса движения автомобиля в этом случае должна быть параллельной оси проходки экскаватора, но направленной в противоположную сторону.

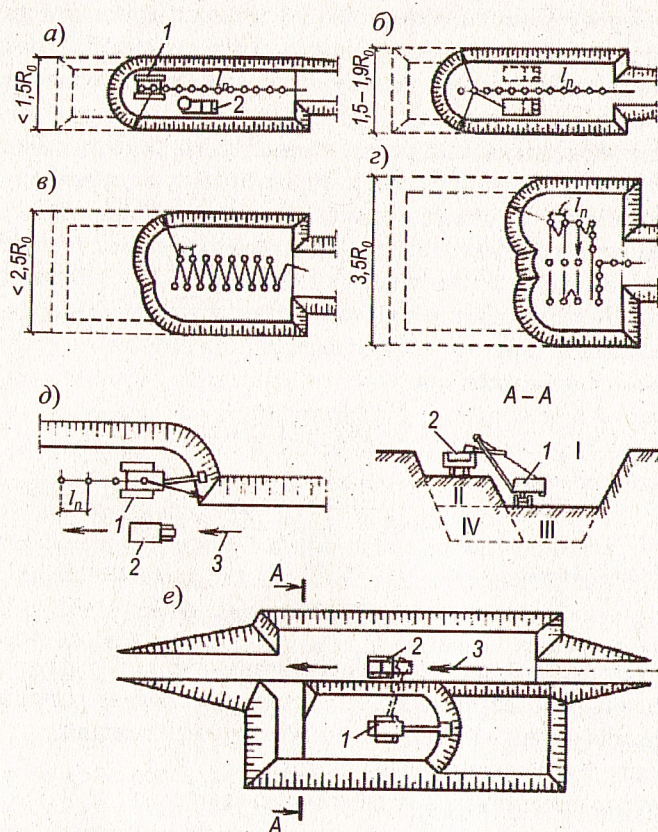


Рис. 3.13. Схема экскаваторных проходок с прямой лопатой: а — лобовая (торцевая) проходка; б — то же, с двусторонним расположением транспорта; в — уширенная лобовая проходка с движением экскаватора «зигзаг»; г — поперечно-торцевая проходка; д — боковая проходка; е — разработка котлована по ярусам; I, II, III, IV — ярусы разработки; 1 — экскаватор; 2 — самосвал; 3 — направление движения транспорта

Для въезда в котлован устраивают траншею с уклоном 10–15°, шириной до 3,5 м при одностороннем движении и до 8 м — при двустороннем движении автотранспортных средств.

Разработанный экскаватором грунт перевозят самосвалами, тракторами с прицепами, железнодорожными составами, гидравлическим транспортом, реже ленточными конвейерами. В промышленном и гражданском строительстве грунт преимущественно перевозят автосамосвалами. Обычно в автосамосвал входят 3–6 ковшей грунта. Допустимый недогруз составляет 10%, перегруз — 5%.

Масса грунта, погружаемого за один цикл работы экскаватора, равна:

$$G = q \times \gamma \times K_p \times K_s,$$

где q — геометрическая вместимость ковша;

γ — плотность грунта;

K_p — коэффициент разрыхления;

K_s — коэффициент использования вместимости ковша.

Экскаватор с обратной лопатой (рис. 3.14) используют при разработке грунта, который находится ниже уровня стоянки экскаватора, и преимущественно при рытье небольших котлованов и траншей.

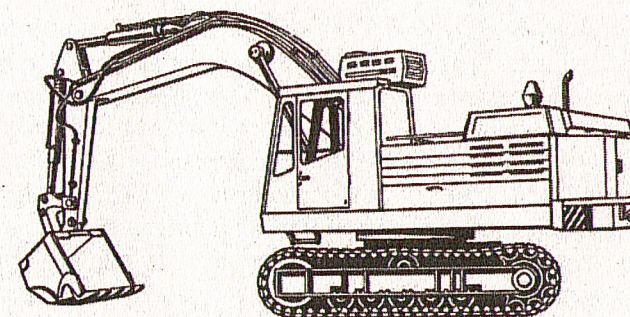


Рис. 3.14. Гусеничный экскаватор с обратной лопатой

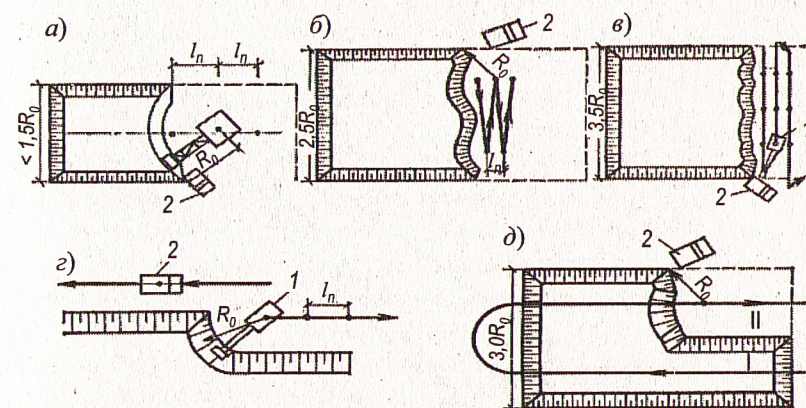


Рис. 3.15. Экскаваторные проходки с обратной лопатой: а — лобовая; б — уширенная лобовая; в — поперечно-торцевая; г — боковая; д — две лобовые; I и II последовательность проходок; 1 — экскаватор; 2 — автосамосвал

Поярусная разработка выемки при этом, как правило, не практикуется. Разработку грунта ведут ниже уровня стоянки экскаватора лобовыми или боковыми забоями (рис. 3.15) с погрузкой в транспорт или укладкой в отвал.

Наименьшую глубину забоя определяют из условия наполнения ковша с «шапкой» (для несвязных грунтов — 1–1,7 м, а для связных — 1,5–2,3 м). Ширина проходки зависит от наибольшего радиуса: ее принимают равной $1,2\text{--}1,5 R_0$ при погрузке грунта в транспортное средство и $0,5\text{--}0,8 R_0$ — при укладке грунта в отвал.

Отрывку котлована шириной 12–14 м обычно осуществляют лобовой проходкой при перемещении экскаватора по зигзагу, а при большей ширине — поперечно-торцевой.

Экскаватор-драглайн (рис. 3.16) применяют для разработки грунта, расположенного ниже уровня стоянки экскаватора, для рытья глубоких котлованов, широких траншей, возведения насыпей, разработки грунта из-под воды и т.п., а также для отделочных земляных работ при планировке площадей и зачистке откосов. Преимуществами драглайна являются большой радиус действия (10 м) и глубина копания (12 м). Особенно эффективно разрабатывать драглайном мягкий и плотный грунт, в том числе в забоях со значительным притоком грунтовых вод, черпая грунт под водой. Для повышения эффективности экскаваторов малой и средней мощности плотные грунты необходимо предварительно рыхлить.

Разработку драглайном осуществляют лобовыми и боковыми проходками аналогично экскаватору с обратной лопатой. Драглайн обычно передвигается между очередными стоянками на $1/5$ длины стрелы.

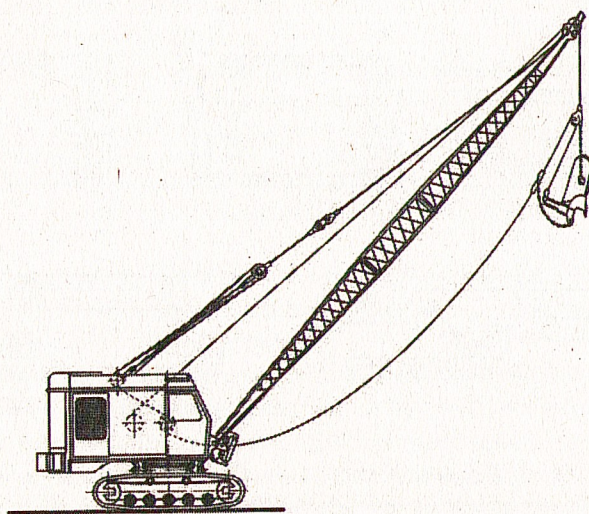


Рис. 3.16. Экскаватор-драглайн

Так как ковш драглайна гибко подвешен, эффективными являются челночные способы работы — поперечно-челночный и продольно-челночный (рис. 3.17). При поперечно-челночном способе автосамосвал по дну выемки подходит к месту загрузки и загружается попеременным черпанием ковша по обе стороны от кузова. При продольно-челночном способе грунт набирают перед задней стенкой кузова автосамосвала и, подняв ковш, разгружают его над кузовом.

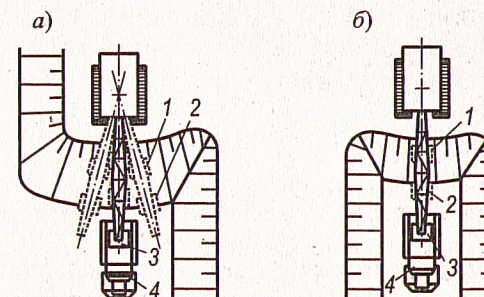


Рис. 3.17. Схемы проходок экскаватора-драглайна: а — боковая проходка с разработкой грунта поперечно-челночным способом; б — лобовая проходка с разработкой грунта продольно-челночным способом; 1 — окончание набора и подъем ковша; 2 — опускание ковша и набор грунта; 3 — разгрузка ковша; 4 — автосамосвал

Угол поворота экскаватора при погрузке по продольно-челночной схеме приближается к 0° , а при поперечно-челночной — к $15\text{--}20^\circ$. При этом продолжительность разгрузки уменьшается за счет того, что ковш опорожняется без прекращения поворотного движения экскаватора в момент проноса ковша над кузовом машины. Благодаря этому общая продолжительность рабочего цикла экскаватора снижается на 20–26%.

Экскаватор-грейфер (рис. 3.18) применяют для рытья колодцев, узких глубоких котлованов, траншей и подобных сооружений, особенно в условиях разработки грунта ниже уровня грунтовых вод.

Этими машинами отрывают котлованы и траншеи на глубину, несколько меньшую проектной, с оставлением «недобора». Слой недобора (5–10 см) оставляют для того, чтобы избежать повреждения основания и не допускать переборов грунта. Для повышения эффективности работы экскаваторов применяют скребковый нож, насаженный на ковш экскаватора. Это приспособление позволяет механизировать операцию по зачистке дна котлованов и траншей и вести их с точностью до ± 2 см, что исключает необходимость ручных доработок.

В промышленном и гражданском строительстве для разработки грунта применяют также многоковшовые экскаваторы непрерывного действия.

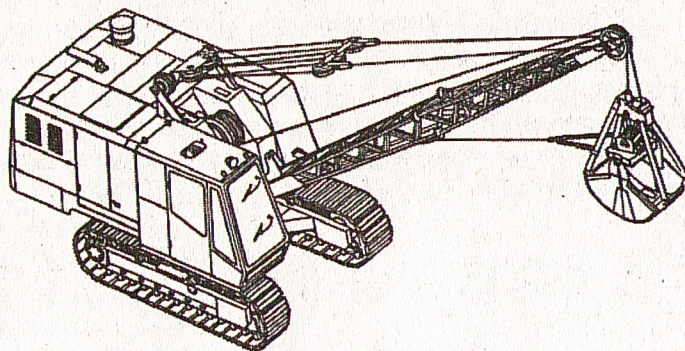


Рис. 3.18. Экскаватор-грейфер

Многоковшовый экскаватор — это самоходная землеройная машина непрерывного действия, которая при помощи нескольких непрерывно перемещающихся ковшей отделяет грунт от массива и передает на транспортное средство. По конструктивному решению многоковшовые экскаваторы подразделяются на цепные и роторные. Рабочим органом таких экскаваторов является ковшовая цепь или ковшовый ротор.

Экскаваторы с ковшовой цепью (рис. 3.19) обеспечивают разработку траншей глубиной до 3,5 м, в основном с вертикальными стенками, а роторные — глубиной до 2,5 м, преимущественно с откосами (рис. 3.20). В последнем случае на ковши ротора устанавливают откосники.

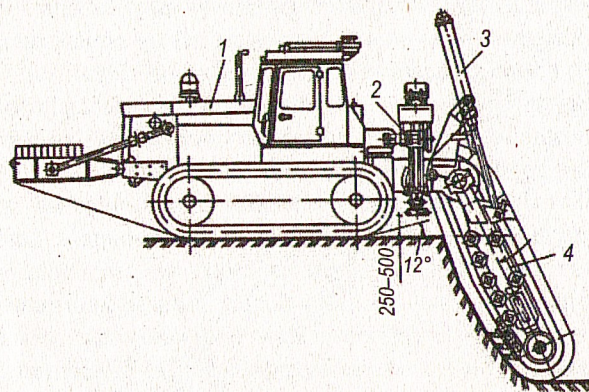


Рис. 3.19. Цепной многоковшовый экскаватор: 1 — базовая машина; 2 — цепной скребковый конвейер; 3 — гидроцилиндр подъема и опускания рабочего органа; 4 — рабочий орган

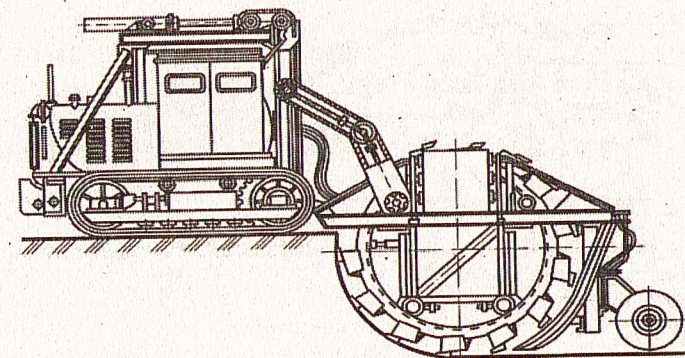


Рис. 3.20. Траншейный роторный экскаватор с гусеничным тягачом

Ковши наполняются грунтом при движении их вверх по наклонной или криволинейной поверхности разрабатываемой выемки. Опорожняются ковши в момент достижения ими высшей точки траектории, где они опрокидываются. Высыпающийся грунт попадает на ленточный конвейер, доставляющий его на погрузку в транспорт или в отвал.

Область применения многоковшовых экскаваторов ограничивается разработкой траншей при прокладке инженерных сетей, а также при устройстве осушительных и оросительных каналов.

К недостаткам экскаваторов следует отнести их непригодность для работы в зимних условиях, а также в условиях залегания в грунте валунных камней, корневищ деревьев и т.п.

Скреперы — высокопроизводительные землеройно-транспортные машины циклического действия, выполняющие операции по набору, транспортированию и укладке грунта в отвал с частичным его уплотнением. Рабочим органом скрепера является ковш с ножевым устройством, который при движении осуществляет послойное резание грунта с одновременным набором его в ковш (рис. 3.21).

Современные скреперы выпускаются прицепные, полуприцепные и самоходные.

Эксплуатационные возможности позволяют использовать их при отрывке котлованов, планировке поверхностей, отсыпке насыпей дорог и укладке грунта в сооружаемые перемычки.

В настоящее время применяют прицепные (с объемом ковша 3,7 и 8 м³), полуприцепные (4,5 м³) и самоходные (8,15 и 25 м³) скреперы. Применение скреперов ограничивается дальностью транспортирования грунта. Так,

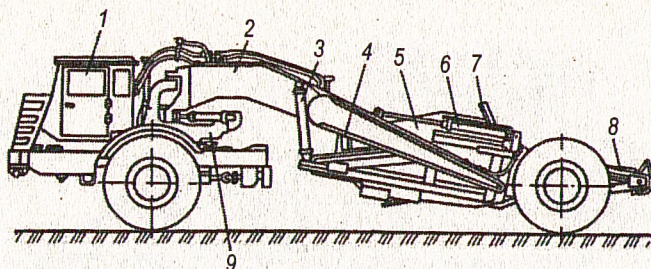


Рис. 3.21. Самоходный скрепер: 1 — одноосный тягач; 2 — тяговая рама; 3 — гидроцилиндр ковша; 4 — заслонка; 5 — ковш; 6 — гидроцилиндр заслонки; 7 — задняя стенка; 8 — гидроцилиндр задней стенки; 9 — седельно-сцепное устройство

прицепные и полуприцепные скреперы эффективно применять при транспортировке грунта на расстояние до 1000 м, а самоходные — до 3000 м.

Резание грунта осуществляется тонкой стружкой примерно одинаковой толщины, клиновидной стружкой с постепенным выглублением ковша и стружкой переменного гребенчатого профиля. Длину пути наполнения ковша скрепера грунтом определяют по формуле:

$$L_n = \frac{qK_n}{bh_1K_p},$$

где q — вместимость ковша;

K_n — коэффициент наполнения ковша;

b — толщина срезаемого слоя;

K_p — коэффициент разрыхления грунта.

Транспортировка грунта скрепером должна осуществляться с наибольшей скоростью. Разгрузка грунта производится при движении скрепера на прямых участках пути.

Длину пути разгрузки вычисляют по формуле:

$$L_p = \frac{qK_n}{bh_2},$$

где h_2 — толщина укладываемого слоя, м.

В зависимости от характера возводимого сооружения, взаимного расположения мест разработки, укладки грунта и местных условий применяют эллиптическую, спиральную, «восьмеркой», зигзагообразную, челночно-поперечную и челночно-продольную траектории движения скреперов.

Эллиптическая схема (рис. 3.22а) наиболее проста и применяется в большинстве случаев при планировочных работах в строительстве. Наибольший эффект имеет при возведении насыпей или разработке выемок на линейно протяженном строительстве с высотой насыпи или глубиной выемок не более 2 м, когда не требуется устройство выездов и съездов.

Спиральная схема (рис. 3.22б) — разновидность эллиптической, находит применение при возведении широких насыпей из двусторонних резервов или широких выемок высотой или глубиной до 2,6 м. Поскольку отсыпка грунта производится перпендикулярно оси возводимого сооружения, сокращается дальность транспортировки и увеличивается производительность.

Движение скрепера по **восьмерке** (рис. 3.22в) применяют при тех же условиях, что и эллиптическую схему. Отличием является то, что скрепер при своем движении по «восьмерке» чередует правые и левые повороты, что улучшает технико-эксплуатационные показатели и почти вдвое сокращает время на повороты, повышая тем самым на 3–5% производительность скрепера.

Схему движения скрепера по **зигзагу** (рис. 3.22г) используют при возведении насыпей высотой до 6 м из резервов по длине захвата 200 м и более. При этом уменьшаются число поворотов и дальность возки грунта и повышается производительность скрепера по сравнению с эллиптической схемой до 15%.

Челночно-поперечную (рис. 3.22д) схему применяют при возведении насыпей высотой менее 1,5 м при работе из двусторонних резервов. Движение скреперов по челночно-поперечной схеме аналогично движению по эллиптической. По сравнению с эллиптической схемой производительность скрепера выше на 20–25%.

Челночно-продольную схему движения скреперов (рис. 3.22е) применяют при возведении насыпей до 5–6 м, с заложением откосов не круче 1:2, с транспортировкой фунта из двусторонних резервов. При этой схеме холостой пробег сокращается до минимума.

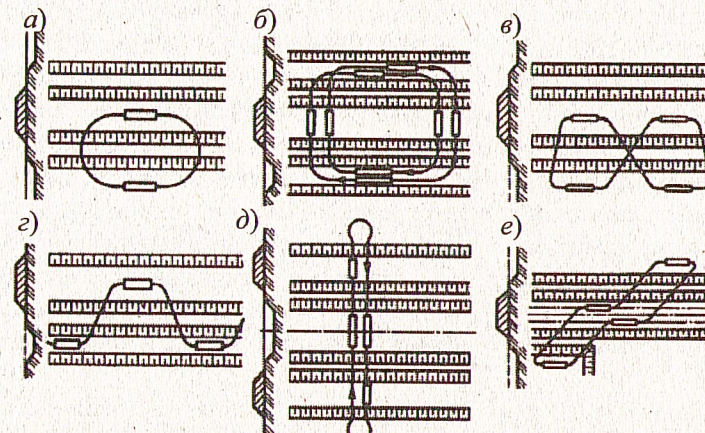


Рис. 3.22. Схемы движения скреперов: а — эллипс; б — спираль; в — восьмерка; г — зигзаг; д — челночно-поперечная; е — челночно-продольная

При вертикальной планировке площадей рекомендуются эллиптическая, спиральная и челочно-поперечная схемы движения скреперов.

Бульдозерами разрабатывают грунт в неглубоких и протяженных выемках и резервуарах для перемещения его в насыпи на расстояние до 100 м (рис. 3.23).

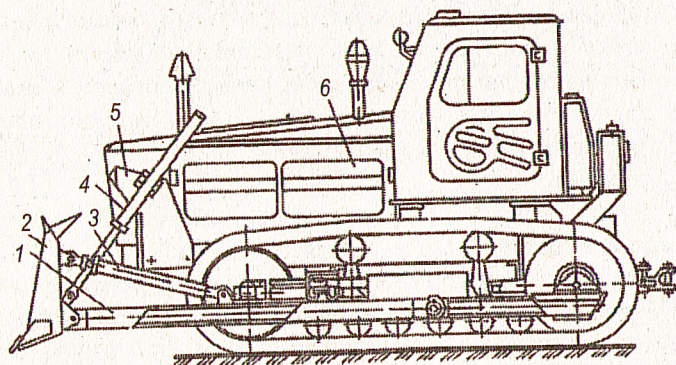


Рис. 3.23. Бульдозер: 1 — толкающий брус; 2 — отвал; 3 — гидрораскос; 4 — гидроцилиндр подъема; 5 — опора гидроцилиндров; 6 — базовый трактор

Бульдозеры применяют также для окучивания грунта, обратной засыпки траншей и пазух котлованов, зачистки дна котлованов после экскаваторных работ, для разравнивания и планировки грунта. Разработку выемок бульдозером ведут ярусами, соответствующими толщине стружки, снимаемой за одну проходку от начала выемки к середине.

В отличие от скрепера рабочим органом бульдозера служит отвал с ножом, укрепленным на раме, которая подвешивается на гусеничный или колесный трактор. Во время движения бульдозера при опускании отвала с ножевым устройством ниже уровня опорной поверхности гусениц нож врезается в грунт и, срезая стружку, накапливает ее впереди отвала. При дальнейшем движении бульдозера и выглублении отвала срезанный грунт волоком перемещается по поверхности земли к месту отсыпки.

Бульдозер является землеройно-транспортной машиной циклического действия. В цикл работы бульдозера входят следующие операции: резание и набор грунта путем снятия стружки под уклон; перемещение грунта с надвигкой его отвалом бульдозера; разгрузка грунта и возвратный холостой ход.

Планировка площадок бульдозерами выполняется преимущественно двумя способами: траншейным и послойным. В первом случае (рис. 3.24а) выемку разбивают на ярусы глубиной 0,4–0,5 м. Разработка каждого яруса ведется траншеями на ширину отвала с оставлением между ними поло-

сы нетронутого грунта шириной 0,4–0,6 м. Эти валы срезают бульдозером в последнюю очередь.

Траншейный способ исключает значительные потери грунта при его транспортировке и поэтому является более производительным. При послойном способе (рис. 3.24б) выемка разрабатывается слоями на толщину снимаемой стружки за один проход бульдозера последовательно по всей ширине выемки или отдельным ее частям. Этот способ применяется при сложном очертании площадок и при небольшой глубине срезки.

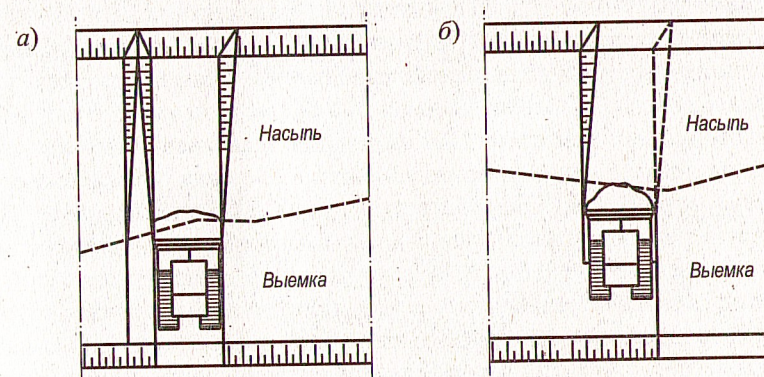


Рис. 3.24. Схемы резания и перемещения грунта бульдозером: а — планировка траншейным способом; б — то же послойным способом

При перемещении грунта на расстояния 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, путем постепенного подъема отвала. Возвращается бульдозер в забой для повторения цикла при дальности перемещения до 70 м задним ходом без разворота машины.

3.6. Закрытые способы разработки грунта

В обычных условиях для прокладки трубопроводов, коммунальных и транспортных тоннелей отрывают траншею. Иногда отрыть траншею невозможно, например, при пересечении трассой трубопровода транспортной магистрали с интенсивным движением, которое невозможно прервать даже на относительно короткий срок. В этих условиях прибегают к закрытым (бестраншейным) методам работ: щитовой проходке, проколу, продавливанию, горизонтальному бурению и пневмопробивке.

Щитовой способ проходки применяют при устройстве канализационных коллекторов и галерей для подземных коммуникаций. Оборудование