

Разработка грунта землеройно-транспортными машинами.

Основными видами землеройно-транспортных машин являются скреперы, бульдозеры и грейдеры, которые за один цикл разрабатывают грунт, перемещают его, разгружают в насыпь и возвращаются в забой порожняком.

Скреперы (рис. 1) — наиболее высокопроизводительные землеройно-транспортные машины. Эксплуатационные возможности позволяют использовать их при отрывке котлованов и планировке поверхностей. Различают скреперы прицепные, работающие при вместимости ковша 2,25...10 м³ в сцепе с трактором-тягачом, полуприцепные (4,5 м³) и самоходные, имеющие вместимость ковша 8 м³ и более. Последний тип скрепера более совершенен, так как имеет большую маневренность и скорость.

Чтобы быстрее и полнее загрузить ковши прицепных скреперов, работающих группами, а также ковш самоходного скрепера, применяют трактор-толкач, обслуживающий группу скреперов на участке загрузки (набора грунта). Число тракторов-толкачей зависит от вместимости ковшей скреперов и расстояния перемещения грунта. Скреперами ведут разработку, транспортирование и укладку песчаных, супесчаных лессовых, суглинистых, глинистых и других грунтов, не имеющих валунов, примесь гальки и щебня в объеме не должна быть не более 10%. Скрепер снимает ковшом стружку грунта толщиной 0,12...0,35 и шириной 1,65...2,75 м (для скреперов с вместимостью ковша 2,25...9 м³). Толщина отсыпаемого слоя 0,22... 0,55 м. Разрабатываемые скреперами суглинистые и глинистые грунты необходимо предварительно рыхлить.

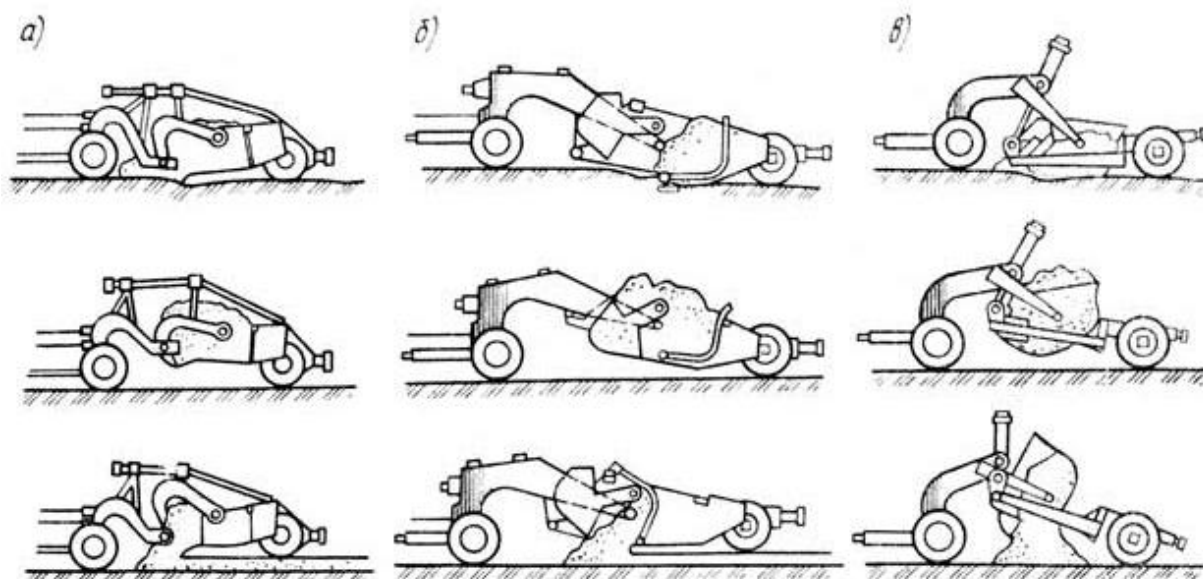


Рисунок 1. Скреперы: а - скрепер с принудительной разгрузкой; б - то же, с полупринудительной; в - то же, со свободной.

Самоходный скрепер (рис. 2а) представляет собой двухосную пневмоколесную машину, состоящую из одноосного тягача 15 и полуприцепного одноосного скреперного оборудования, соединенных между собой универсальным седельно-сцепным устройством 14. На тягаче смонтированы два гидроцилиндра 1 для его поворота относительно рабочего органа в плане. Седельно-сцепное устройство обеспечивает возможность относительного поворота тягача и скрепера в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Для толкания скрепера бульдозером-толкачом в процессе набора грунта имеется буферное устройство 8.

Основным узлом скрепера является ковш 5 с двумя боковыми стенками и днищем, опирающийся на колеса 7. К подножковой плите ковша крепят сменные двухлезвийные ножи 2 - два боковых и средние. Ковш снабжен выдвижной задней стенкой 10 для принудительной разгрузки, а в передней части - заслонкой Л, поднимающейся при наборе и вы-

грузке грунта. Заслонка служит для регулирования щели при загрузке ковша и закрывает ковш при транспортировании грунта. Ковш двумя шарнирами 4 соединен с тягой П-образной рамы 3, жестко соединенной с хоботом 13. Гидравлическая система управления рабочим оборудованием обеспечивает подъем-опускание ковша 5, заслонки 11, выдвижение задней стенки 10 и возврат ее в исходное положение с помощью трех пар гидроцилиндров 6, 9 и 12. Насосы гидросистемы рабочего оборудования приводятся в действие от коробки отбора мощности базового тягача. Раздельное управление гидроцилиндрами осуществляется золотниковым распределителем, установленным в кабине машиниста.

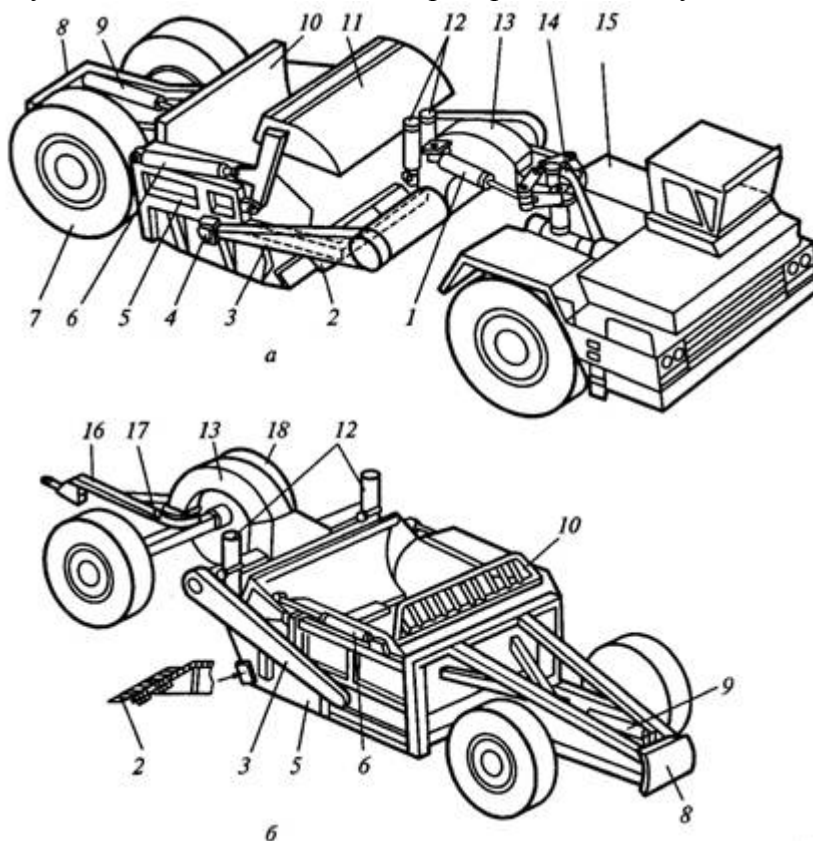


Рисунок 2. Самоходный (а) и прицепной (б) скреперы.

Рабочее оборудование самоходных и прицепных скреперов одинаково по конструкции и максимально унифицировано.

Прицепной скрепер (рис. 2б) отличается от самоходного наличием передней (поворотной) оси 17 с колесами 18, которая передает силу тяги трактора тяговой раме скрепера. Передняя ось шарнирно соединяется с трактором посредством тягового шкворня 16.

Гидрооборудование прицепных скреперов работает от гидросистемы трактора и управляется из кабины машиниста с помощью золотниковых распределителей.

Прицепные скреперы наиболее эффективно применять при перевозке грунта на расстояние до 1000 м, а самоходные — на расстояние до 3000 м.

В зависимости от категории грунтов резать их наиболее эффективно на прямолинейном участке пути при движении под уклон 3...70. Сухие песчаные грунты разрабатывают гребенчатым способом, попеременно заглубляя ковш и постепенно уменьшая толщину стружки, что позволяет более полно и быстро загружать ковш (рис. 3). Глубина резания зависит от мощности машины и вида грунта и может составлять 12...32 см. Разгружают скрепер на прямолинейном участке, при этом поверхность грунта разравнивают днищем скрепера.

В зависимости от размеров земляного сооружения, взаимного расположения выемок и насыпей применяют различные схемы работы скреперов. Простейшей является схема работы по эллипсу (рис. 4а). В этом случае машина каждый раз поворачивается в

одну сторону. Поэтому для устранения неравномерного износа ходовой части необходимо периодически менять направление движения скрепера. При работе по «восьмерке» (рис. 4д) в два раза уменьшается число полных разворотов скрепера, что повышает его производительность и обеспечивает равномерный износ деталей, но при этом необходимо иметь значительный по протяженности фронт работ.

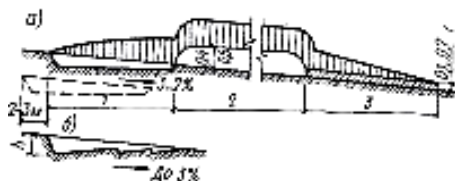


Рисунок 3. Схема загрузки, транспортирования и разгрузки грунта скрепером: а - общая схема; 1, 2 — участки загрузки и транспортирования; 3 — участок разгрузки; б — в песчаных грунтах.

Порядок скреперных проходов может быть весьма разнообразен, но в практике чаще всего используют схемы разработки грунта последовательными проходками (полоса рядом с полосой), проходками через полосу и шахматными проходками (рис. 5).

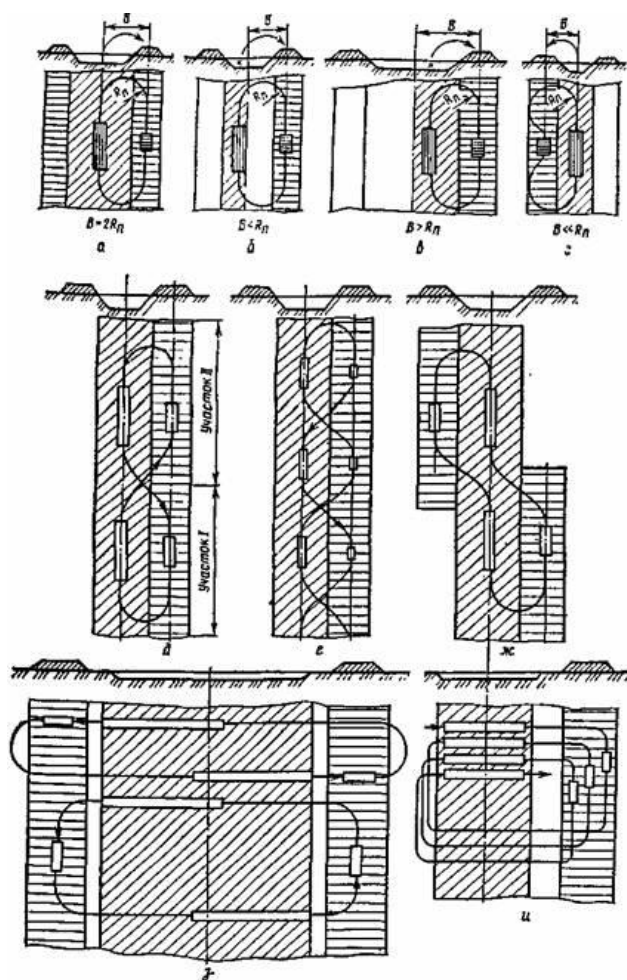


Рисунок 4. Схемы движения скреперов: а, б, в, г — кольцевые при различной ширине выемки и насыпи; д — восьмерка; е — змейка; ж — продольно-челночная; з — поперечно-челночная; и — спиральная.

Разработка по схеме «полоса рядом с полосой» не рациональна из-за потерь грунта в виде боковых валиков. Разработка грунта проходками через полосу и по ребристо-шахматной схеме уменьшает рассыпание грунта при резании и способствует улучшению наполнения ковша.

Скреперы целесообразно использовать в комплексе с бульдозерами, которые срезают и разравнивают грунт в стесненных местах (углы площадки, отдельные впадины и т. д.), планируют откосы и др.

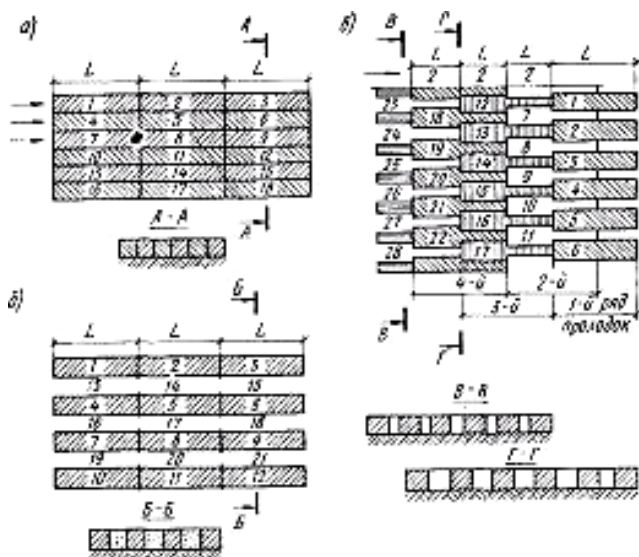


Рисунок 5. Планировка площадок скреперами: а — разработка грунта по схеме «полоса рядом с полосой»; б — то же, через полосу; в - то же, ребристо-шахматными проходками; 1—28 — проходки.

Бульдозеры представляют собой навесное оборудование на базовый гусеничный или пневмоколесный трактор (двухосный колесный тягач), включающее отвал с ножами, толкающее устройство в виде брусьев или рамы и систему управления отвалом. Основные типы бульдозерных отвалов приведены на рисунке 6.

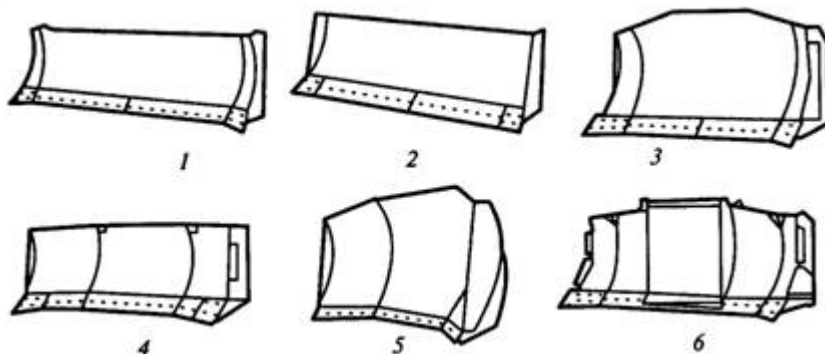


Рисунок 6. Основные типы бульдозерных отвалов:

- 1 - прямой поворотный;
- 2 - прямой неповоротный;
- 3 - полусферический;
- 4 - сферический;
- 5 - сферический для сыпучих материалов;
- 6 - с толкающей плитой.

Главный параметр бульдозеров - тяговый класс базового трактора (тягача). Бульдозеры применяются для послойной разработки и перемещения грунтов I-IV категорий, а также предварительно разрыхленных скальных и мерзлых грунтов. С их помощью выполняют планировку строительных площадок, возведение насыпей, разработку выемок и котлованов, нарезку террас на косогорах, разравнивание грунта, отсыпаемого другими машинами, копание траншей под фундаменты и коммуникации, засыпку рвов, ям, траншей, котлованов и пазух фундаментов зданий, расчистку территорий от снега, камней, кустарника, пней, мелких деревьев и строительного мусора и т. п. Широкое использование бульдозеров в строительном производстве определяется простотой их конструкции, надежностью и экономичностью в эксплуатации, высокими производительностью, мобильностью и универсальностью.

Бульдозеры классифицируют по назначению, тяговому классу и типу ходового устройства базовых машин, конструкции рабочего органа и типу системы управления отвалом.

По назначению различают бульдозеры общего назначения, используемые для выполнения основных видов землеройно-транспортных и вспомогательных работ в различных грунтовых и климатических условиях, и специальные, применяемые для выполнения целевых работ в специфических грунтовых или технологических условиях. К последним относятся бульдозеры-толкачи, подземные и подводные бульдозеры. В зависимости от

тягового класса базовых машин бульдозеры разделяют на малогабаритные (класс до 0,9), легкие (классов 1,4...4), средние (классов 6... 15), тяжелые (классов 25...35) и сверхтяжелые (класса свыше 35). По типу ходового устройства бульдозеры разделяются на гусеничные и пневмоколесные. По конструкции рабочего органа различают бульдозеры с неповоротным в плане отвалом, постоянно расположенным перпендикулярно продольной оси базовой машины, и с поворотным отвалом, который может устанавливаться перпендикулярно или под углом до 53° в обе стороны к продольной оси машины. По типу системы управления отвалом различают бульдозеры с гидравлическим и механическим (канатно-блочным) управлением. При канатно-блочной системе управления подъем отвала осуществляется зубчато-фрикционной лебедкой через канатный полиспаст, опускание - под действием собственной силы тяжести отвала. При гидравлической системе управления подъем, и опускание отвала осуществляются принудительно одним или двумя гидроцилиндрами двустороннего действия. Бульдозеры с механическим управлением в настоящее время промышленностью не выпускаются.

Рабочий цикл бульдозера (рис. 7) следующий: при движении машины вперед отвал с помощью системы управления заглубляется в грунт, срезает ножами слой грунта и перемещает впереди себя образовавшуюся грунтовую призму волоком по поверхности земли к месту разгрузки; после отсыпки грунта отвал поднимается в транспортное положение, машина возвращается к месту набора грунта, после чего цикл повторяется. Максимально возможный объем призмы волочения современные бульдозеры набирают на участке длиной 6...10 м. Экономически целесообразная дальность перемещения грунта не превышает 60..80 м для гусеничных бульдозеров и 100... 140 м для пневмоколесных машин.

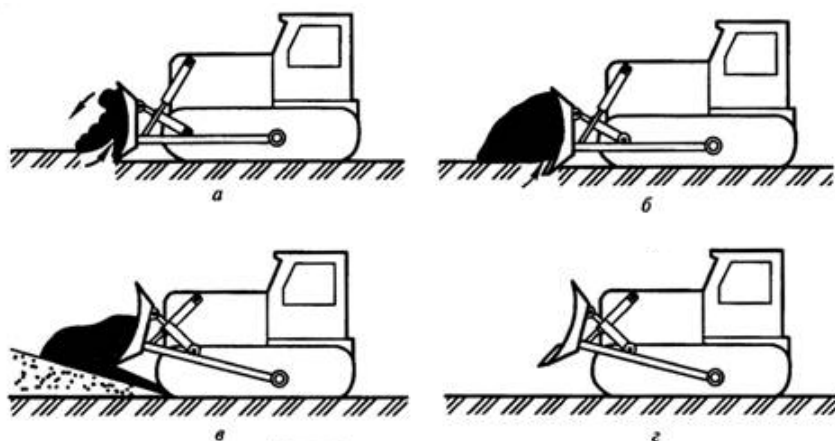


Рисунок 7. Схемы работы бульдозера при разработке грунтов: а - резание; б - транспортирование с подрезанием; в - отсыпка; г - откат назад (холостой ход).

Преимущественное распространение получили гусеничные бульдозеры, обладающие высокими тяговыми усилиями и проходимостью. Чем выше тяговый класс машины, тем больший объем земляных работ она способна выполнять и разрабатывать более прочные грунты.

К основным параметрам бульдозерного оборудования (рис. 8) относятся высота без козырька H и длина B отвала (м), радиус кривизны отвала, основной угол резания α , задний угол отвала β , угол заострения ножей δ , угол перекоса отвала ϵ и угол поворота (у поворотных машин) отвала в плане γ (град), высота подъема отвала над опорной поверхностью h_1 и глубина опускания отвала ниже опорной поверхности h_2 (м), напорное T и вертикальное P усилия на режущей кромке (кН), скорости подъема v_n и опускания v_o отвала.

Отвал бульдозера представляет собой жесткую сварную металлоконструкцию с лобовым листом криволинейного профиля. Вдоль нижней кромки отвала крепятся сменные двухлезвийные режущие ножи (два боковых и средние), наплавленные износостойчивым сплавом. В середине верхней части отвала имеется козырек, препятствующий пересыпанию грунта через верхнюю кромку.

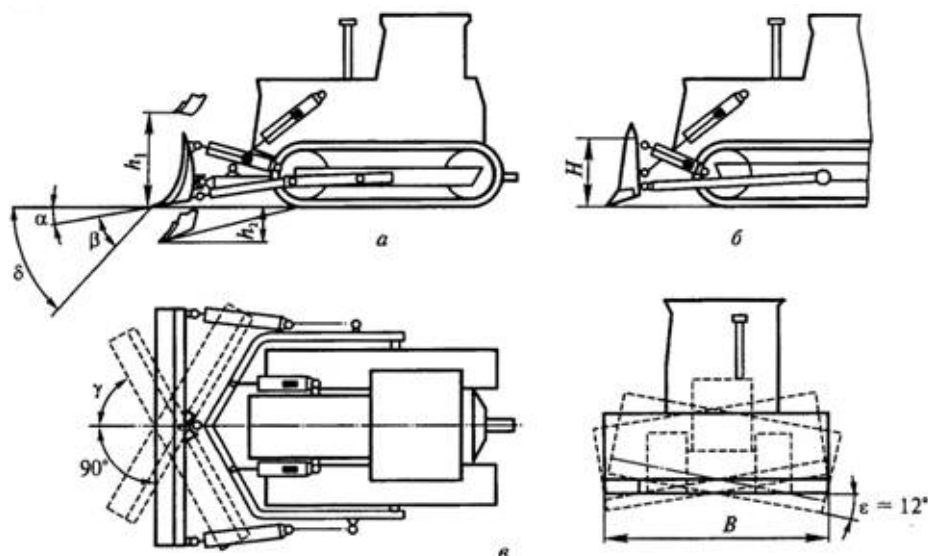


Рисунок 8. Схемы устройств и основные параметры бульдозеров: а - с поворотным отвалом; б - с неповоротным отвалом; в - поперечный перекус отвала.

Для увеличения производительности бульдозера при работе на легких грунтах на его отвал устанавливают с обоих концов сменные уширители, открывки и удлинители. Для уменьшения потерь грунта при его транспортировании современные неповоротные гусеничные бульдозеры оборудуют сферическими и полусферическими отвалами.

У бульдозера с неповоротным отвалом (рис. 9) отвал 1 крепится посредством универсальных шарниров 8 к толкающему устройству в виде двух брусьев 7 коробчатого сечения, задние концы которых соединены с помощью упругих шарниров 8 с балками 5 ходового устройства базового трактора 4. Шарниры позволяют толкающим брусьям поворачиваться в вертикальной и горизонтальной плоскостях при перекосе отвала. Подъем и опускание отвала осуществляются с помощью двух гидроцилиндров двойного действия 3, штоки которых шарнирно прикреплены к отвалу через кронштейны. Отвал в рабочем положении удерживают гидрораскос 2 и винтовой жесткий раскос 10, которые установлены в плоскостях соответственно левого и правого толкающих брусьев. Нагрузка между толкающими брусьями равномерно распределяется механизмом 9 компенсации перекоса, обеспечивающим устойчивость отвала в горизонтальной плоскости.

Гидрораскос осуществляет перекус отвала в поперечной плоскости путем поворота его на угол до $+12^\circ$ и представляет собой гидроцилиндр двойного действия с гидрозамком, который включен в гидросистему трактора. Винтовой раскос служит для механического изменения угла резания ножей.

У поворотного бульдозера (рис. 10) отвал 1 монтируется на универсальной толкающей раме 7, охватывающей снаружи трактор 4 и состоящей из двух жестко соединенных между собой полурам прямоугольного сечения. Рама крепится к ходовым тележкам трактора с помощью упругих шарниров 5. На раме вместо отвала может быть установлено различное сменное оборудование с гидравлическим управлением - кусторез, древовал, корчеватель-собирающий, плужный снегоочиститель и др. Поворотный отвал соединен с толкающей рамой посредством центрального шарового шарнира 10 и двух боковых толкателей 8 с винтовыми раскосами 2, обеспечивающими различное положение отвала относительно рамы. При одинаковом изменении длины раскосов от среднего положения регулируют угол резания ножей. Угол поперечного перекоса отвала в вертикальной плоскости регулируется путем изменения межцентрового расстояния проушин раскосов.

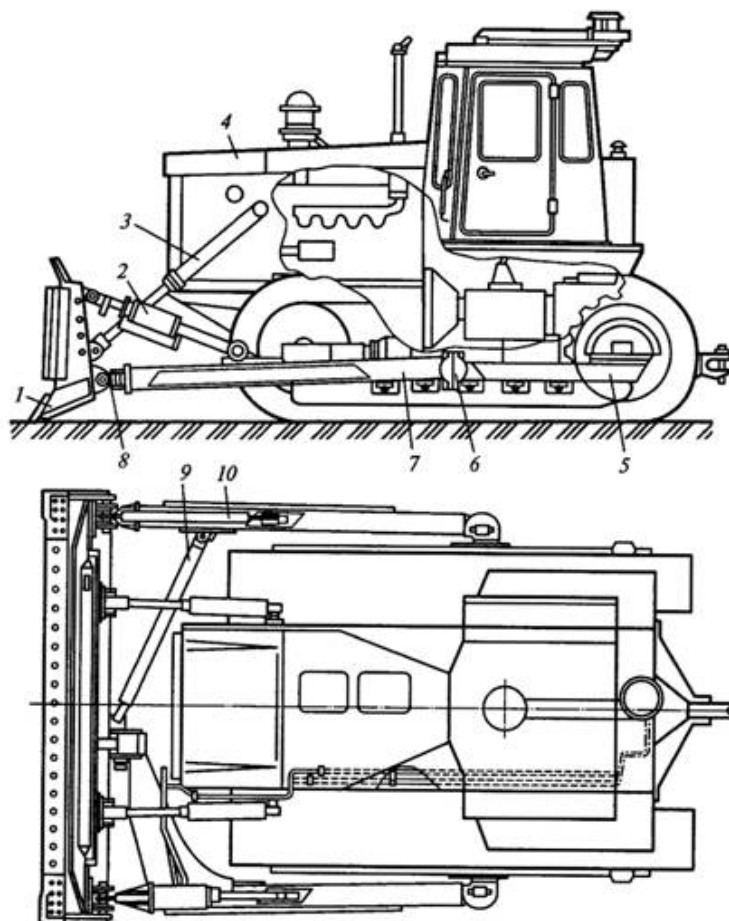


Рисунок 9. Бульдозер с неповоротным отвалом.

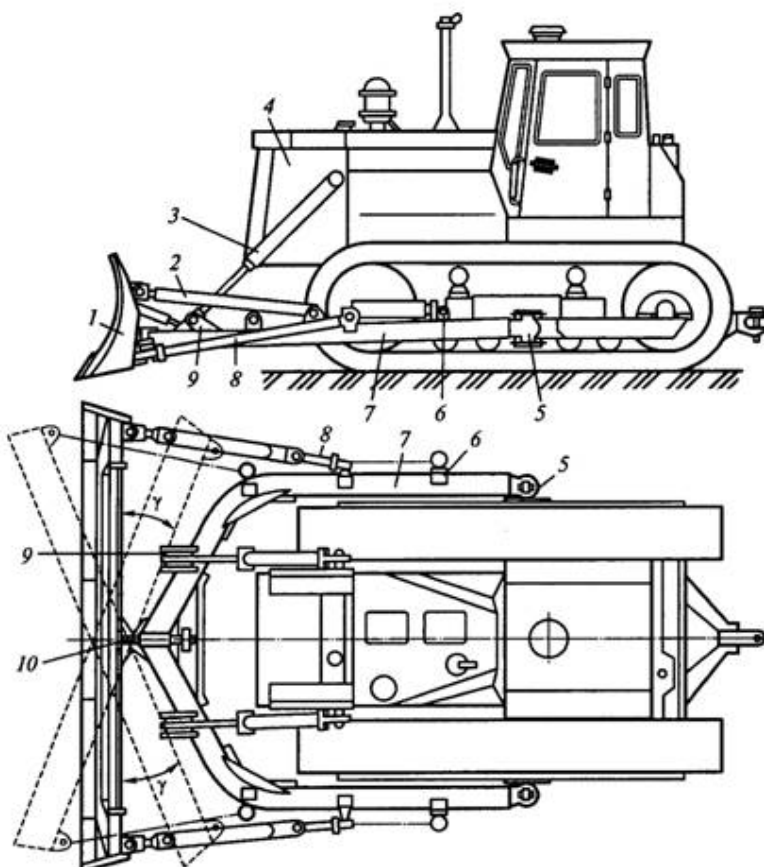


Рисунок 10. Бульдозер с поворотным отвалом

Отвал может быть установлен в плане под углом γ в обе стороны от продольной оси машины и под прямым углом к ней. Для установки отвала в три положения (прямое, правое и левое) на верхней полке каждой полурамы установлены по три опорных кронштейна 6, в которых шарнирно крепятся толкатели. На скошенной части полурам установлены кронштейны 9 для крепления гидроцилиндров 3 подъема-опускания отвала. У некоторых моделей бульдозеров изменение угла поворота отвала в плане и регулировка угла перекоса отвала осуществляются с помощью гидроцилиндров.

Разработку выемок бульдозером ведут ярусами, соответствующими толщине стружки, снимаемой за одну проходку. Разработку ведут от начала выемки к середине (рис. 11), при этом должна быть обеспечена эффективная работа бульдозера под уклон. Бульдозерами планируют площадки преимущественно траншейным и послойным способами.

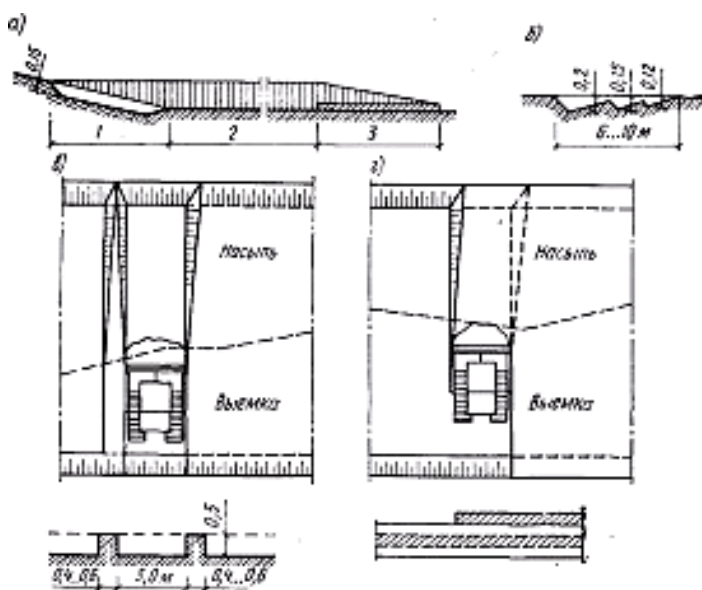


Рисунок 11. Схемы резания и перемещения грунта бульдозером: а — продольная при резании под уклон; 1 — участок резания при работе под уклон; 2-участок перемещения; 3 — участок разгрузки; б — то же, на горизонтальном участке; в - планировка траншейным способом; г — то же, послойным способом.

В первом случае (рис. 11в) выемку разбивают на ярусы глубиной 0,4...0,5 м. Каждый ярус разрабатывают траншеями на ширину отвала, оставляя между ними полосу нетронутого грунта шириной 0,4...0,6 м. Эти валы срезают бульдозером в последнюю очередь. Траншейный способ исключает значительные потери грунта при его транспортировании и поэтому более производителен.

При послойном способе (рис. 11г) выемку разрабатывают слоями на толщину снимаемой стружки за один проход бульдозера последовательно по всей ширине выемки или отдельным ее частям. Этим способом пользуются при сложном очертании площадок и при небольшой глубине срезы.

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, путем постепенного подъема отвала. Возвращается бульдозер в забой для повторения цикла при дальности перемещения до 70 м задним ходом без разворота. Плотные грунты перед разработкой их бульдозером рыхлят.

Грейдеры представляют собой самоходные планировочно-профилировочные машины, основным рабочим органом которых служит полноповоротный грейдерный отвал с ножами, установленный под углом к продольной оси грейдера и размещенный между передним и задним мостами пневмоколесного ходового оборудования. При движении грейдера ножи срезают грунт, и отвал сдвигает его в сторону.

Грейдеры применяют для планировочных и профилировочных работ при строительстве дорог, для сооружения невысоких насыпей и профильных выемок, отрывки дорожного корыта и распределения в нем каменных материалов, зачистки дна котлованов, планировки территорий, засыпки траншей, рвов, канав и ям, а также для очистки дорог,

строительных площадок, городских магистралей и площадей от снега в зимнее время. Автогрейдеры используют на грунтах I-IV категорий. Процесс работы грейдера состоит из последовательных проходов, при которых осуществляется резание грунта, его перемещение, разравнивание и планировка поверхности сооружения.

Грейдеры классифицируют по мощности установленного двигателя, конструкции рабочего органа, колесной схеме и типу трансмиссии.

По мощности двигателя грейдеры разделяют на классы: класс 100 - мощность двигателя 45...75 кВт, класс 140 - мощность 80...110 кВт; класс 160 - мощность 120...140 кВт; класс 180 - мощность 145... 160 кВт; класс 250 - мощность 170...220 кВт.

Грейдеры класса 100 относят к легкому типу, классов 140 и 160 - к среднему типу, класса 180 - к полутяжелому типу, класса 250 - к тяжелому типу.

По конструкции рабочего органа различают грейдеры с неполноповоротным в плане грейдерным отвалом (угол поворота отвала в плане составляет $\pm 32^\circ \dots 45^\circ$ относительно продольной оси машины) и грейдеры с полноповоротным грейдерным отвалом, угол поворота которого в плане не ограничен.

Кроме основного рабочего органа грейдеры могут быть оснащены дополнительными сменными рабочими органами - бульдозерным отвалом для разравнивания грунта, засыпки траншей, распределения строительных материалов, удлинителем грейдерного отвала для увеличения ширины захвата, откосниками (укрепляемыми на отвале) для планирования откосов насыпей (выемок) и очистки канав, кирковщиком для взламывания дорожных покрытий и рыхления плотных грунтов. Бульдозерные отвалы навешиваются спереди машины. Кирковщики могут навешиваться как спереди, так и сзади машины, а также непосредственно на грейдерный отвал. Управление бульдозерным отвалом и кирковщиком осуществляется гидроцилиндрами двойного действия.

Большинство современных моделей грейдеров имеют шарнирно-сочлененную раму, которая состоит из передней и задней полурам, соединенных с помощью вертикального шарнира, расположенного вблизи оси балансирной тележки. Шарнирно-сочлененная рама обеспечивает хорошую маневренность грейдера при транспортных операциях. При небольших углах складывания (до $\pm 25^\circ$) шарнирно-сочлененная рама позволяет в 1,5...2 раза уменьшить радиус поворота машины (рис. 12б) и смещать колею передних колес автогрейдера относительно колес балансирной тележки (рис. 12в) до 2 м (движение «крабом») для повышения устойчивости машины при формировании откосов дорожного полотна.

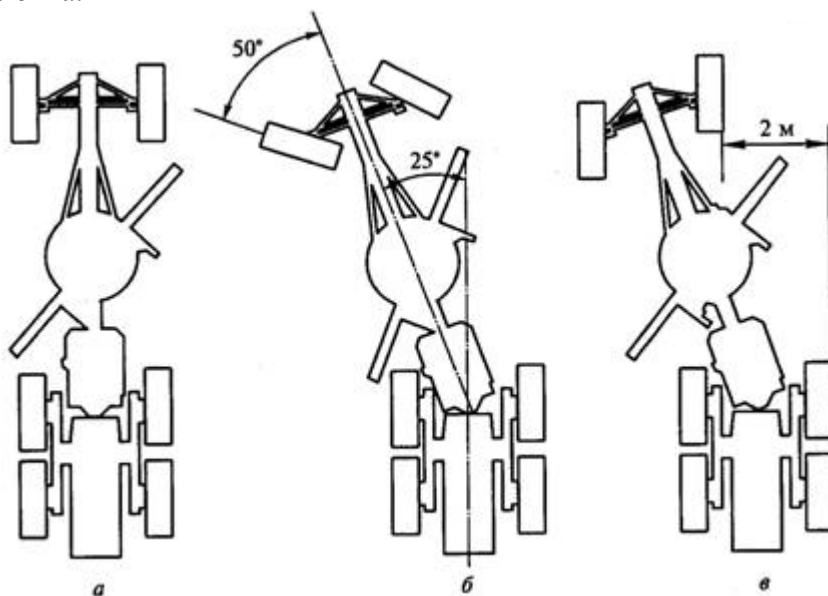


Рисунок 12. Схема движения автогрейдера с шарнирно-сочлененной рамой: а - прямолинейное; б - с поворотом управляемых колес и рамы в одну сторону; в - с поворотом управляемых колес и рамы в разные стороны (движение «крабом»).

Колесная схема грейдеров определяется формулой $A \times B \times B$, где А - число осей с управляемыми колесами; В - число осей с ведущими колесами и В - общее число осей.

По колесной схеме различают грейдеры легкого и среднего типов 1х2х3 и автогрейдеры тяжелого типа 1х3х3.

По типу трансмиссии различают грейдеры с механической и гидромеханической трансмиссиями. Гидромеханическая трансмиссия обеспечивает автоматическое и плавное изменения скорости движения грейдера, механическая - ступенчатое. Бортовые передачи бывают двух типов - в виде бортовых редукторов (у легких и средних грейдеров) и раздельных ведущих мостов (у тяжелых грейдеров).

Все узлы и агрегаты грейдера класса 140 (рис. 13а), в том числе двигатель 3 с трансмиссией, кабина водителя 4, основное и дополнительное рабочее оборудование автогрейдера, смонтированы на основной раме 8 коробчатого сечения, которая одним концом опирается на передний мост с управляемыми пневмоколесами 11, а другим - на задний четырехколесный мост 15 с продольно-балансирной подвеской парных колес 16. Передние колеса автогрейдера можно устанавливать с боковым наклоном в обе стороны для повышения устойчивости движения машины при работе на уклонах (рис. 13в) и уменьшения радиуса поворота.

У автогрейдеров всех классов угол бокового наклона колес составляет $\pm 20^\circ$.

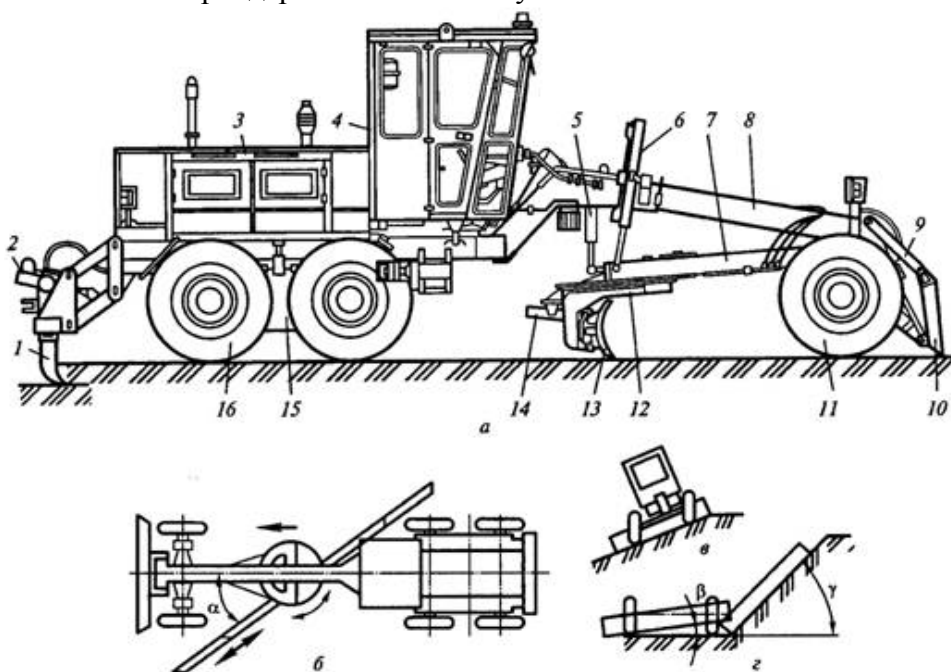


Рисунок 13. Автогрейдер класса 140: а - общий вид; б - схема поворота отвала в плане; в - схема бокового наклона колес; г - схема бокового выноса отвала.

Основное рабочее оборудование грейдера состоит из тяговой рамы 7, поворотного круга 12 и отвала 13 со сменными двухлезвийными ножами. Полноповоротный в плане отвал обеспечивает работу грейдера при прямом и обратном ходах машины. Поворот отвала в плане осуществляется гидромотором через редуктор. Передняя часть тяговой рамы шарнирно соединена с рамой машины, а задняя часть подвешена на двух гидроцилиндрах 6, с помощью которых грейдерный отвал устанавливают в различные положения: транспортное (поднятое) и рабочее (опущенное). В рабочем положении отвал внедряется в грунт ножами и при движении срезает слой грунта и перемещает его в направлении, определяемом установкой отвала в плане под углом к продольной оси машины (рис. 13б).

Угол резания отвала в зависимости от категории грунта регулируется гидроцилиндром 14. Вынос тяговой рамы в обе стороны от продольной оси машины обеспечивается гидроцилиндром 5. Дополнительное рабочее оборудование автогрейдера включает удлинитель отвала, кирковщик 7, управляемый гидроцилиндром 2, и бульдозерный отвал 10, управляемый гидроцилиндром 9.

Гидравлическая система управления рабочим оборудованием грейдеров обеспечивает подъем-опускание тяговой рамы вместе с поворотным кругом и отвалом, поворот отвала вместе с поворотным кругом в плане на 360° , боковой вынос отвала в обе стороны от продольной оси машины (рис. 13б), установку отвала под углом β в вертикальной плоскости, боковой вынос отвала для планировки откосов под углом γ (рис. 13г), а также совмещение различных установок отвала.

Отдельные грейдеры могут оснащаться автоматической системой управления отвалом типа «Профиль», предназначенной для автоматической стабилизации отвала в поперечном и продольном направлениях, что позволяет существенно повысить производительность машины и точность обработки поверхности.

При возведении насыпи из разрабатываемого резерва (рис.14) наклонный нож сдвигает срезанный грунт в сторону насыпи. При следующей проходке грейдера этот грунт перемещается еще дальше в том же направлении. Поэтому целесообразно работать одновременно двумя грейдерами, из которых один срезает, а другой перемещает срезанный грунт. Наиболее эффективно использовать автогрейдеры при длине проходки 400...500 м. Плотные грунты до разработки грейдером следует разрыхлять тракторным рыхлителем или плугом. Помимо разработки грунта и его перемещения на небольшие расстояния грейдером можно разравнивать и начисто планировать грунт. При выполнении различных операций углы наклонов ножа грейдера изменяются в следующих пределах: угол захвата $30...70^\circ$, угол резания $35...60^\circ$, наклона — $2...10^\circ$.

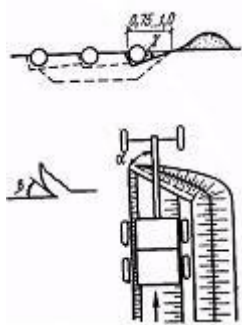


Рисунок 14. Схема разработки резерва автогрейдером: α - угол захвата; β - угол резания; γ - угол наклона.

Для обеспечения оптимального режима работы землеройно-транспортных машин созданы системы автоматического регулирования скорости их движения в зависимости от сопротивления резанию и плотности разрабатываемого грунта. Для автогрейдеров, используемых преимущественно на планировочных работах, применяют устройства, автоматически контролирующие заглубление в грунт.