

## **11. Землеройно-транспортные машины.**

### **11.1. Общие сведения.**

*Землеройно-транспортными* (ЗТМ) называют строительные машины, отделяющие грунт от массива тяговым усилием с последующим его перемещением к месту отсыпки собственным ходом. Основными рабочими операциями ЗТМ являются: послойная разработка грунта, его транспортирование и укладка в основание строительного объекта или отвал, а также планировка земляных поверхностей. В зависимости от вида рабочего органа различают *ковшовые* (скреперы) и *отвальные* (бульдозеры, автогрейдеры, грейдер-элеваторы) ЗТМ. Эти машины отличаются простотой конструкции, универсальностью и высокой производительностью. Их применяют в дорожном строительстве, при рытье котлованов и каналов, возведении насыпей, планировке земляных поверхностей и на других работах.

Рабочий процесс включает два характерных режима: *тяговый* и *транспортный*. Исключение составляют грейдер-элеваторы, работающие только в тяговом режиме. На тяговом режиме работают при копании грунта, а на транспортном - при его перемещении к месту отсыпки. Продолжительность тягового режима

от общего времени рабочего процесса составляет у скреперов 10...20 %; у бульдозеров, работающих на послойной разработке грунтов 20...25 %; у бульдозеров и автогрейдеров на планировочных работах 75...80 %. Эффективность тягового режима зависит от способности машины передвигаться без буксования при повышенных сопротивлениях, а транспортного режима - в основном, от скоростных качеств машины, ее проходимости и маневренности. Чаще ЗТМ при работе передвигаются по грунтовым и снежным дорогам, свежесре-заным и рыхлым насыпным грунтам. С повышением влажности грунта условия работы ЗТМ ухудшаются.

## 11.2. Скреперы.

Скрепер является землеройно-транспортной машиной, предназначенной для послойного резания грунта с набором его в ковш, транспортирования грунта, разравнивания его слоями заданной толщины. Кроме того, при движении по свежееотсыпанному грунту скрепер своими колесами частично уплотняет его, благодаря чему снижается потребность в грунтоуплотняющих машинах. Уплотнение грунта скрепером является сопутствующей операцией, и обычно этот эффект в технологическом процессе выполнения работ не учитывают.

Для повышения коэффициента наполнения ковша и, следовательно, производительности скреперов применяют толкачи.

Толкачом может служить гусеничный трактор, оборудованный толкающим приспособлением или бульдозер с усиленным отвалом.

Скреперы используют в дорожном строительстве при производстве земляных работ по возведению насыпей, устройству выемок, планировке грунтовых поверхностей. Рациональная дальность перемещения грунта для прицепных скреперов до 500 м (с колесным тягачом – до 1000 м) и для самоходных – 2...3 км, а в отдельных случаях – до 5 км. Самоходные скреперы, агрегатируемые быстроходными колесными тягачами, в благоприятных условиях при дальности транспортирования до 3 км, особенно по бездорожью, рентабельнее автосамосвалов, загружаемых экскаватором. Наиболее эффективно скреперы используются на плече до 1 км (расстояние между местом загрузки и укладки грунта).

Рабочим органом скрепера служит ковш 4 (рис. 11.1, а), ограниченный днищем, боковыми и задней стенками и оснащенный

ножами 7. Спереди ковш закрыт заслонкой 8, соединенной с ним шарнирно. Задней частью ковш опирается на ось задних колес 6, а в передней части он соединен упряжными шарнирами 3 с боковыми балками 2 тяговой рамы, относительно которой он может изменять свое положение в вертикальной плоскости. Тяговая рама своей передней балкой 10, чаще всего изогнутой в вертикальной плоскости, соединена с тягачом 12 непосредственно (рис. 11.1, б, в) или через тележку 13 (рис. 11.1, г). Опорой тяговой рамы служит универсальный шарнир 11 (см. рис. 11.1, а), позволяющий прицепной части поворачиваться относительно тягача или тележки в любых направлениях.

Скреперы, выполненные по схемам рис. 11.1, б, в, называют полуприцепными одноосными, а по схеме рис. 11.1, г – прицепными двухосными.

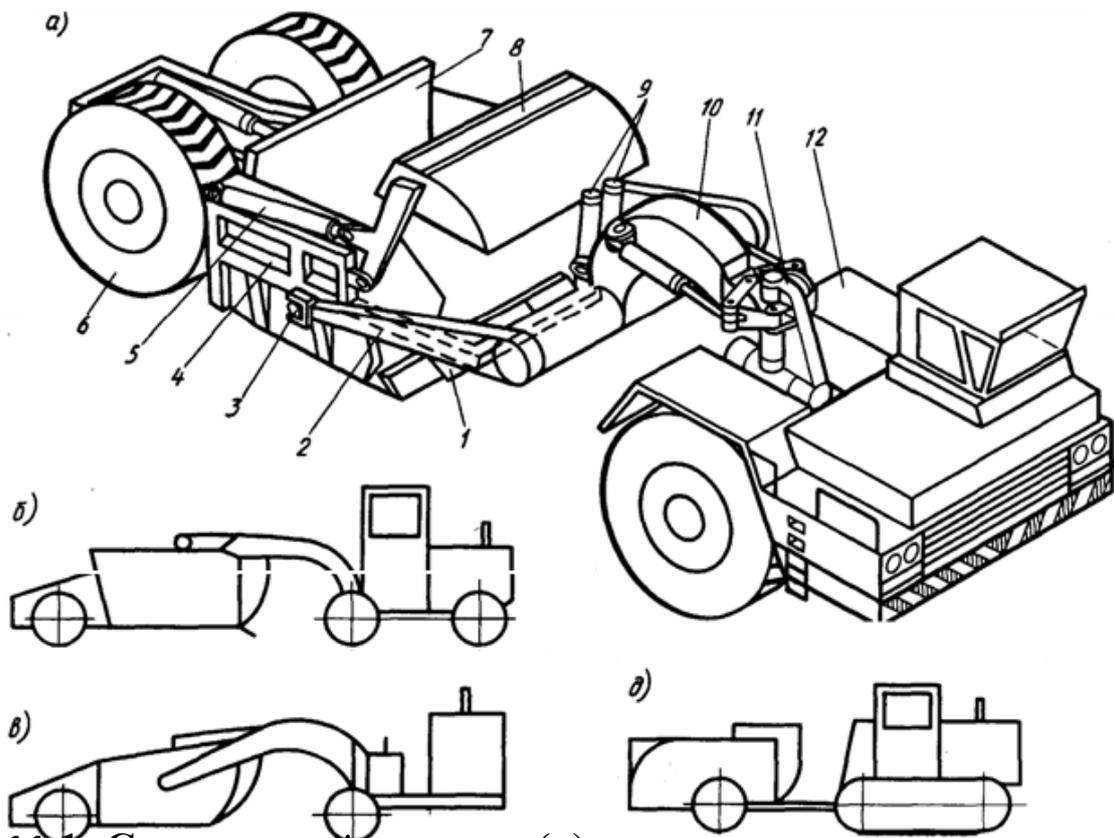


Рис. 11.1. Самоходный скрепер (а), схемы соединения с тягачом (б...д), скрепер с принудительной загрузкой ковша скребковым элеватором (е): 1 – нож; 2 – боковая балка; 3 – упряжный шарнир; 4 – ковш; 5, 9 – гидроцилиндры; 6 – заднее колесо; 7 – задняя стенка ковша; 8 – заслонка; 10 – передняя балка; 11 – универсальный шарнир; 12 – тягач; 13 – тележка; 14 – скребковый элеватор.

По прицепной схеме соединяют с тягачами также одноосные скреперы, у которых ось колес расположена над центром масс груженого ковша (рис.11.1, *д*). В качестве тягача прицепного скрепера обычно применяют трактор, чаще всего гусеничный, а полуприцепные скреперы агрегируют с двухосными (см. рис. 11.1, *б*) или одноосными (рис. 11.1, *в*) тягачами. Последние называют также *самоходными*. Самоходные скреперы обладают высокой маневренностью и способны развивать транспортные скорости до 45...60 км/ч. Дальнейшее увеличение скорости этих машин нежелательно из-за вертикальных колебаний в системе тягач – скрепер.

Скреперы с двухосными тягачами не имеют этого недостатка, их скорости доходят до 65...70 км/ч, но по маневренности они уступают самоходным. Для управления скрепером тягач оборудуют гидравлической насосной установкой или канатной лебедкой, от которых движение передается исполнительным механизмам (гидроцилиндрам или полиспастам). Современные скреперы оборудуют в основном гидравлическими силовыми системами. Полиспастные системы сохранились лишь у отдельных моделей прицепных скреперов.

Рабочий цикл скрепера состоит из последовательно выполняемых операций копания грунта и заполнения им ковша, транспортирования грунта в ковше к месту укладки, разгрузки ковша и возвращения машины на исходную позицию следующего рабочего цикла. В начале копания ковш опускают на грунт с помощью гидроцилиндров 9 (см. рис. 11.1, *а*) или полиспаста, приоткрывая гидроцилиндрами 5 или полиспастом заслонку с таким расчетом, чтобы в режиме копания грунта при заглубленных ножах ее нижний обрез находился несколько выше уровня поверхности земли (рис.11.2, *а*).

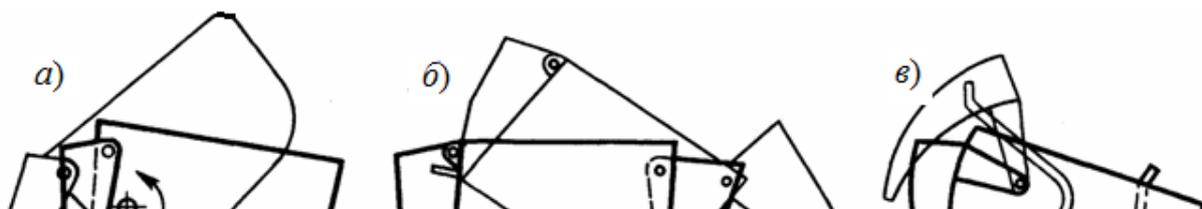
Перемещаясь вперед под действием сил тяжести, а в случае гидравлического привода также принудительно с помощью гидроцилиндров 9 (см.рис.11.1, *а*), ковш заглубляют в грунт и, регулируя в дальнейшем теми же механизмами толщину срезаемого слоя, заполняют ковш (рис. 11.2, *б*).



**Рис. 11.2. Операции рабочего цикла скрепера:** *а* – начало опускание ковша; *б* – набор грунта; *в* – транспортировка грунта.

Образующаяся в процессе копания призма грунта (призма волочения) накапливается перед заслонкой, не препятствуя продвижению срезаемого грунта в ковш. После заполнения ковша его поднимают в транспортное положение так, чтобы между режущей кромкой ножей и поверхностью земли был достаточный для транспортирования зазор – клиренс, закрывают ковш заслонкой и перемещаются на транспортной скорости к месту укладки грунта (рис. 11.2, *в*), где его разгружают по одной из приведенных ниже схем, затем ковш снова переводят в транспортное положение и возвращают машину на исходную позицию следующего рабочего цикла.

На рис. 11.3 приведены схемы разгрузки ковшей скреперов. Свободную (самосвальную) разгрузку опрокидыванием ковша вперед при открытой заслонке (рис. 11.3, *а*) применяют на прицепных скреперах с ковшами малой вместимости (до 4 м<sup>3</sup>). На прицепных одноосных скреперах средней вместимости (4...6 м<sup>3</sup>), работающих на отсыпке насыпей «с головы», а также на обратной засыпке ям, траншей применяют свободную разгрузку с опрокидыванием ковша назад (рис. 11.3, *б*).



**Рис. 11.3. Схемы разгрузки ковшей скреперов:** *а* – свободная передняя; *б* – то же, задняя; *в* – полупринудительная передняя; *г* – то же, донная; *д* – принудительная.

Современные полуприцепные скреперы оборудуют устройствами для принудительной разгрузки (рис. 11.3, *д*) путем вытеснения грунта из ковша перемещающейся вперед с помощью гидроцилиндров задней стенкой  $\Gamma$  (см. рис. 11.1, *а*). В конце рабочего хода задняя стенка своими кромками полностью очищает боковые стенки и днище ковша от налипшего грунта.

При разгрузке грунта в направлении движения машины (рис. 11.3, *а...д*) обеспечивается отсыпка грунта слоем равномерной толщины, регулируемой просветом под ножами установленного в положение разгрузки ковша. Для повышения качества планировочных работ при отсыпке грунта и разработке выемок современные скреперы оборудуют автоматическими системами управления, основанными на стабилизации положения рамы ковша относительно горизонта, которое обеспечивается гидроцилиндрами подъема – опускания ковша. Точность планировочных работ на уклонах до 9 % в каждую сторону составляет 0,3 %.

Скреперы классифицируют по нескольким признакам.

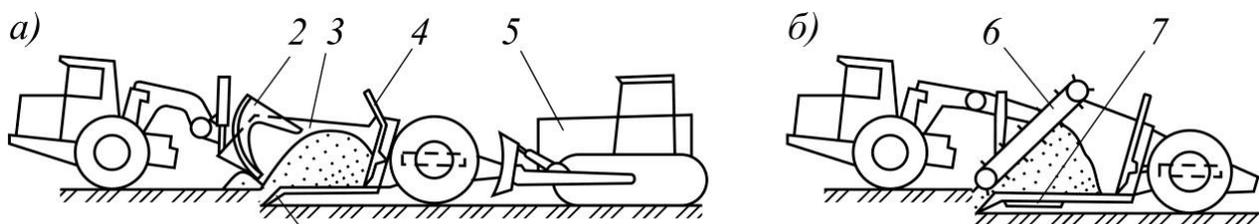
**По вместимости ковша** (главному параметру) скреперы могут быть: малой вместимости – до 5 м<sup>3</sup>, средней – от 5 до 15 м<sup>3</sup> и большой-свыше 15 м<sup>3</sup>.

**По типу движителя** базовой машины различают скреперы с гусеничным и колесным тягачами.

**По способу агрегатирования** (передвижения) скреперы делят на прицепные, полуприцепные и самоходные. Прицепные скреперы

могут быть с гусеничным трактором или двухосным колесным тягачом. Полуприцепные, работающие с одноосным тягачом (одномоторные) условно относятся к самоходным, так как они представляют собой единое целое. Самоходными скреперами называют скреперы, у которых все оси ведущие. Наиболее распространены двухосные самоходные одномоторные скреперы с полным приводом всех осей по типу мотор-колесо с дизель-электрической силовой установкой.

**По способу загрузки** скреперы разделяют на два типа: скреперы с загрузкой посредством тягового и толкающего усилия и скреперы с элеваторной загрузкой. У первых (рис. 11.4,а) заполнение ковша происходит под давлением срезаемой стружки грунта, которая должна сохраняться длиной 0,25...0,35 м, что является основным условием при наполнении ковша. Поэтому скреперы с таким способом загрузки лучше работают на связных грунтах. У скреперов с элеваторной (принудительной) загрузкой (рис. 11.4,б) ковш заполняется за счет подъема грунта скребковым элеватором. Следовательно такие скреперы предназначены для работы на сыпучих, малосвязных грунтах. Скребковый элеватор установлен на месте заслонки ковша в скрепере первого типа.



**Рис. 11.4. Способы загрузки скрепера:** а – скрепер с загрузкой тяговым и толкающим усилием; б – скрепер с элеваторной загрузкой; 1 – ножи; 2 – заслонка; 3 – ковш; 4 – задняя стенка; 5 – толкач; 6 – элеватор; 7 – люк днища ковша

**По способу разгрузки** ковша различают скреперы со свободной (самосвальной) разгрузкой вперед или назад, применяемой на ковшах малой вместимости, и принудительной разгрузкой ковша в сторону выгрузки.

Современные скреперы выпускают только с гидроприводом и с принудительным способом разгрузки, так как он более надежный и обеспечивает качественное опорожнение ковша.

Техническая характеристика и производительность скреперов показанно в таблице 11.1

Таблица 11.1

**Техническая характеристика и производительность скреперов.**

Наименование	Скреперы прицепные			Скреперы самоходные		
	ДЗ-149-5	ДЗ-77А	ДЗ-79	ДЗ-35711	ДЗ-13А	ДЗ-115
Марки скреперов	ДЗ-149-5	ДЗ-77А	ДЗ-79	ДЗ-35711	ДЗ-13А	ДЗ-115
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	8,8	8	18	8	15	15
Базовый трактор: модель	К-701	Т-30М1Г	Т-330	МоАЗ-546П	БелАЗ-531	БелАЗ-531
Мощность, кВт	221	118	243	151	265	530
Тяговый класс	5	10	25	-	-	-
Ширина резания, мм	2480	275 4	302 0	2820	3120	3120
Наибольшее заглубление, мм	150	350	310	150	200	200
Толщина отсыпаемого слоя, мм	400	500	500	400	150... 500	450
Скорость, км/ч	33,8	10,5	16,4	30	45	52,5
Масса скрепера, т	22,7	9,8	18,6	19,6	36,7	44,3
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	41,8	27,1	53,3	30,7	62,9	73,4

Техническую производительность скреперов определяют по формуле:

$$P_T = 3600 \cdot q \cdot k_H / (t_{\text{ц}} \cdot K_p), \quad \text{м}^3/\text{ч}$$

(11.1)

где  $q$  – геометрическая вместимость ковша, м<sup>3</sup>;  $k_H$  – коэффициент наполнения ковша (в среднем для скреперов без толкачей при разработке песков – 0,6...0,9; глин – 1...1,1; супесей и суглинков – 1,1...1,2;  $t_{\text{ц}}$  – продолжительность рабочего цикла, с;  $K_p$  – коэффициент разрыхления грунта.

Продолжительность рабочего цикла определяют по формуле:

$$t_{\text{ц}} = \frac{L_p}{v_k} + \frac{L_{\text{пер}}}{v_{\text{тр}}} + \frac{L_y}{v_y} + \frac{L_p + L_{\text{пер}} + L_y}{v_x} + 2t_{\text{пов}} + t_{\text{пп}} + t_{\text{оп}}; \text{ с}$$

где  $L_p$ ,  $L_{\text{пер}}$  и  $L_y$  – длина путей наполнения ковша и перемещения грунта, а так же выгрузки (уплотнения);  $v_k$ ,  $v_{\text{тр}}$ ,  $v_y$  и  $v_x$  – скорости

копания, перемещения выгрузки грунта и холостая скорость;  $t_{нов}$ ,  $t_{ин}$ ,  $t_{он}$  – время поворота (15...20 с), переключения передач (6...8 с), операций с ковшом (7...10 с).

Коэффициенты наполнения ковша скрепера зависят от грунта. При работе в сухом рыхлом песке их принимают равными 0,5...0,7 без толкача и 0,8...1,0 с толкачом, при работе в супеси и среднем суглинке соответственно 0,8...0,9 и 1,0...1,2, в тяжелом суглинке и глине – от 0,6...0,8 до 1,0...1,2.

Длина пути наполнения ковша, м.

$$L_p = q_k \cdot K_H \cdot K_{II} / (0,7 \cdot B_H \cdot h \cdot K_p)$$

где 0,7 – коэффициент, учитывающий неравномерность стружки;  $K_{II}$  – коэффициент потери грунта при образовании призмы волочения и боковых валиков; ( $K_{II} = 1,2...1,6$ );  $B_H$  – ширина режущих кромок ножей;  $h$  – толщина стружки.

Эксплуатационная производительность, м<sup>3</sup>/час.

$$(11.2) \quad \Pi_3 = \Pi_T \cdot K_B,$$

где  $k_B$  – коэффициент использования скрепера во времени (в среднем при расчете сменной, месячной и годовой производительности соответственно равен 0,8...0,9; 0,5...0,65; 0,4...0,5).

### 11.3. Бульдозеры.

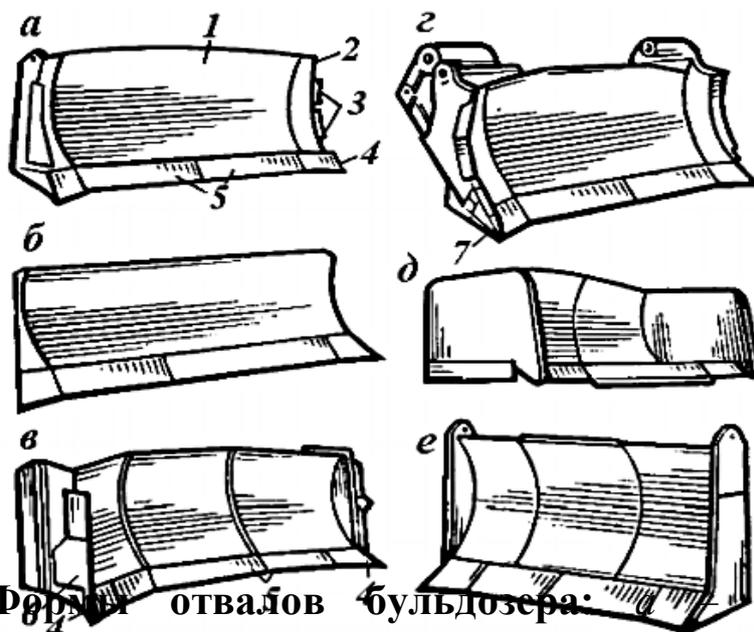
Основное назначение бульдозера – послойная разработка грунта с последующим его перемещением перед отвалом по поверхности земли на небольшие расстояния (до 150 м). Бульдозеры применяют для выполнения следующих работ: снятия плодородного поверхностного слоя грунта при подготовке строительных площадок; перемещения грунта в зону действия одноковшового экскаватора при погрузке его в транспортное средство или отвал; разработки неглубоких каналов с транспортированием грунта в отвалы; зачистки пологих откосов; сооружения насыпей из резервов.

Планировочных работ при зачистке оснований под фундаменты зданий и сооружений и планировке площадей и трасс; по устройству и содержанию в исправности подъездных дорог, устройстве въездов на насыпи и выездов из выемок; для разработки грунта на косогорах; по обратной засыпке траншей и пазух фундаментов; разравнивания грунта в отвалах; штабелирования и перемещения сыпучих материалов; подготовительных работ для валки отдельных деревьев,

срезки кустарника, корчевки пней, удаления камней, расчистки поверхностей от мусора, снега; вскрышных работ, а также использования их в качестве толкачей скреперов. Эффективность работы бульдозера в значительной мере зависит от проходимости базового трактора и его тяговосцепных свойств.

По номинальной силе тяги и мощности двигателей различают бульдозеры *малогабаритные* с силой тяги до 25 кН и мощностью до 45 кВт, *легкие* - 25...135 кН и 45... 120 кВт, *средние* - 135...200 кН и 120...150 кВт, *тяжелые* - 200...300 кН и 150...225 кВт и *сверхтяжелые* - более 300 кН и 225 кВт.

Бульдозерные отвалы как вспомогательное рабочее оборудование навешивают на пневмоколесные экскаваторы и другие машины для очистных и планировочных работ в составе рабочих процессов этих машин. Схемы формы отвалов бульдозеров приведены в рис. 11.5.



**Рис. 11.5. Формы отвалов бульдозера:** а – прямой; б – универсальный; в – сферический; г – с боковыми рыхлящими зубьями; д – совковый для уборки; е – короткий толкающий; 1 – лобовой лист вместе с козырьком; 2 – боковые щитки; 3 – боковые ножи; 4 – угловые ножи; 5 – средние ножи; 6 – открьлки; 7 – выдвижные зубья.

- **Прямой (S-отвал).** Представляет собой лобовой лист, изогнутый в вертикальной плоскости и прямой в горизонтальной. При этом доступен вариант без боковых щитков с возможностью поворота в трех плоскостях (легкие бульдозеры) или неповоротный со щитками (средние и тяжелые машины, используется для разработки твердых и мерзлых грунтов). Во втором случае можно регулировать угол продольного наклона отвала.

- **Сферический (S-U).** Состоит из лобового и боковых листов, последние расположены под углом до 25 град. Такая конструкция позволяет минимизировать потери грунта, благодаря чему она нашла широкое применение для перемещения сыпучих и разрыхленных материалов на относительно большие расстояния.

- **Полусферический (U).** Относится к универсальному оборудованию и является промежуточным вариантом между прямыми и сферическими вариантами.

Универсальный отвал (рис 11.5, б) используют для планировочных работ в грунтах с нарушенной структурой. Сферический отвал (рис. 11.5, в) применяют для разработки мягких и средней крепости грунтов. Изогнутая в плане форма отвала предусмотрена для косоного резания грунтов, при котором уменьшается сопротивление резанию и можно увеличить на 10...12% длину отвала. За счет выступающих вперед концов отвала объем перемещаемого грунта увеличивается на 20...25% по сравнению с прямым отвалом. Отвал с рыхлящими боковыми зубьями (рис. 11.5, г) используют для разработки крепких каменистых грунтов бульдозерами большой мощности. Зубья выдвигаются гидроцилиндрами ниже ножей на 20...30 см. Совковый отвал (рис. 11.5, д) имеет боковые щитки, снижающие потери грунта при перемещении и выступающую вперед часть ножа для лучшего врезания в грунт. Применяют его для разработки малосвязных грунтов в случае перемещении их на большие расстояния. Ширину неповоротного отвала выбирают в 2,8...3,0 раза больше его высоты. Ширина поворотного отвала на 30...35% больше неповоротного. Вместе с тем ширина отвала должна превышать ширину базовой машины не менее чем на 100 мм для обеспечения возможности ее движения в траншее. Короткие прямые отвалы (рис. 11.5, е) снабжают амортизаторами, предназначают для бульдозеров-толкателей, толкающих при работе землеройно-транспортные машины для получения большего тягового усилия. Толкающие брусья таких отвалов устанавливают с внутренней стороны гусеничных тележек. Кроме указанных типов отвалов внедряют в производство дополнительные виды сменного рабочего оборудования для отделки откосов насыпей, рыхления грунта, удаления кустарника и др. Использование их значительно повышает универсальность бульдозеров.

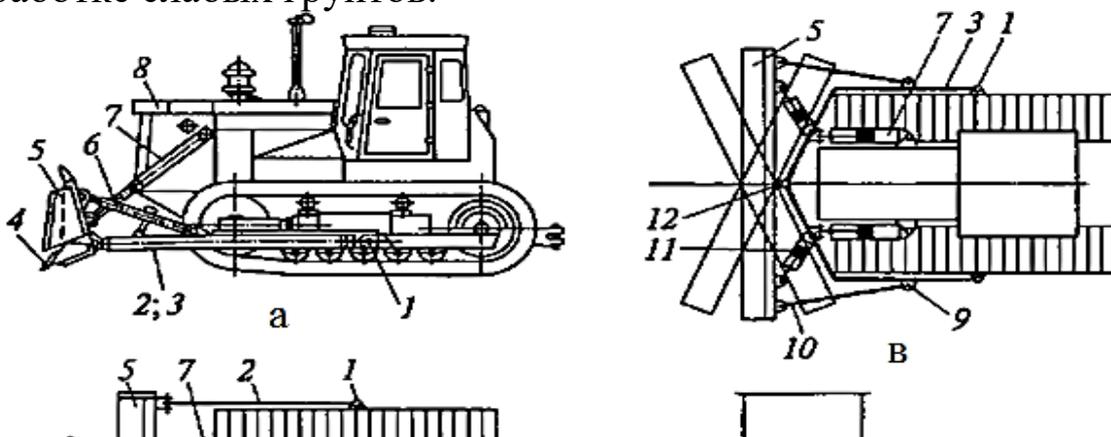
Бульдозер (рис. 11.6, а) состоит из базового пневмоколесного или гусеничного трактора 8 и навесного рабочего оборудования в виде

отвала 5 с цилиндрической рабочей поверхностью и ножами 4 в его нижней части, соединенного с базовым трактором шарнирами 1 через два толкающих бруса 2 или универсальную раму 3 (рис. 11.6, в), и гидравлической системы управления отвалом.

Отвал на толкающих брусках (рис. 11.6, а и б) имеет боковые стенки и установлен режущей кромкой ножей перпендикулярно продольной оси машины. Наклон отвала в вертикальной плоскости регулируют раскосами 6 либо путем изменения их длины, либо положения места их крепления к отвалу или толкающим брускам. Управляют отвалом при его переводе из транспортного положения в рабочее и наоборот одним (малогобаритные бульдозеры) или двумя гидроцилиндрами 7, питаемыми рабочей жидкостью от гидравлической системы базового трактора. Бульдозеры с таким отвалом, называемым *неповоротным*, используют, в основном, на послойной разработке грунтов. У некоторых моделей бульдозеров предусмотрена регулировка наклона отвала в вертикальной плоскости (перекос) гидроцилиндром, изменением длины одного раскоса или места его крепления (рис. 11.6, з).

Рабочий цикл бульдозера с неповоротным в плане отвалом состоит из операций копания грунта (его отделения от массива и накопления перед отвалом - образования *призмы волочения*), его транспортирования волоком перед отвалом к месту укладки, разгрузки отвала и возвращения машины на исходную позицию следующего рабочего цикла.

При копании бульдозер перемещается на рабочей скорости, обычно соответствующей первой передаче, с целью получить возможно большее тяговое усилие. Для сокращения продолжительности копания желательно предельно сокращать путь копания, для чего грунт следует разрабатывать с возможно большей толщиной стружки, которая в слабых грунтах обычно ограничена ходом поршня гидроцилиндра заглубления отвала, а в прочных грунтах - буксованием движителя. Желательно иметь постоянную толщину стружки на всем пути копания, что обычно реализуется только при разработке слабых грунтов.

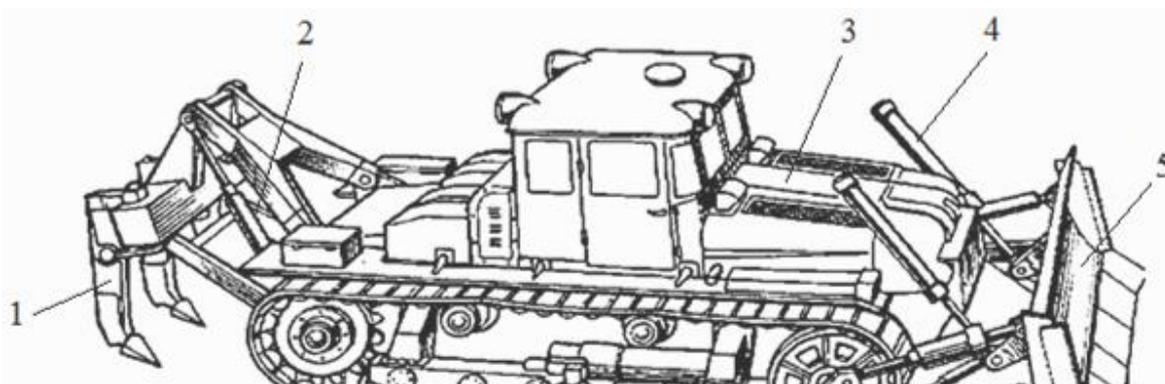


**Рис. 11.6. Бульдозер:** *а* - вид сбоку; *б* - вид в плане на бульдозер с неповоротным отвалом; *в* - то же, с поворотным отвалом; *г* - перекоп отвала; *д* - сменные рабочие органы

С повышением прочности грунта тяговая способность бульдозера может быть исчерпана в середине пути копания или недостаточной еще в начале копания. С учетом того, что по мере накопления грунта перед отвалом растут сопротивления формированию призмы волочения и ее передвижению волоком по ненарушенному грунту, грунт разрабатывают клиновым или гребенчатым способами.

При разработке весьма плотных грунтов, например, уплотненных транспортом или другими способами, внедрение ножа отвала в грунт оказывается практически невозможным. В этих случаях применяют отвалы с выступающим средним ножом или грунт предварительно разрыхляют.

Весьма эффективно для таких условий применять навешенный в задней части базового трактора *рыхлитель* (рис. 11.7), или специальные сменные отвалы. Отвалоборудован одним передним и двумя задними зубьями. При движении машины задним ходом задние зубья прорезают в грунте прорезы, а при последующем движении передним ходом грунт дополнительно разрыхляют передним зубом и захватывают отвалом.



**Рис. 11.7. Бульдозер-рыхлитель:** 1-рыхлитель; 2-гидроцилиндр рыхлителя; 3-трактор; 4-гидроцилиндр отвала; 5-отвал.

Для взламывания асфальтовых покрытий при ремонте дорог применяют отвалы, оборудованные киркой в передней части. Мерзлые грунты разрабатывают отвалами с гребенчатыми ножами или с установленными на ножах зубьями.

По завершении операции копания отвал устанавливают ножами на уровень земли и в таком положении бульдозер перемещают передним ходом на возможно большей скорости к месту отсыпки грунта. Во время транспортирования грунта часть его теряется по пути, ссыпаясь по сторонам отвала. Доля потерь зависит от вида грунта (наибольшие потери у несвязных, например, песчаных грунтов) и от дальности транспортирования. Эти потери не сказываются на производительности бульдозера, разрабатывающего выемку, поскольку производительность в этом случае определяют по объему вынутого из выемки грунта.

В случае сооружения насыпи ее определяют по объему доставленного в насыпь грунта. Влияние потерь грунта при его транспортировании на производительность бульдозера в этом случае ощутимо. Так, при транспортировании грунтов I...III категории (кроме сухого песка) на расстояние 40 м сменная производительность бульдозера примерно в 2,2 раза выше, чем при транспортировании тех же грунтов на расстояние 100 м.

Эффективным средством снижения потерь грунта является сокращение дальности транспортировки. На большие расстояния грунт перемещают с устройством *промежуточных валиков*, траншейным способом или с применением нескольких бульдозеров. Способ транспортирования грунта с устройством промежуточных валиков заключается в том, что сначала грунт перемещают на 40...50 м, накапливая его в первом валике, из которого его перемещают во второй валик на такое же расстояние - к месту укладки.

При транспортировании грунта *траншейным способом* на всех рабочих циклах бульдозер перемещают по одной и той же трассе. Ссыпавшийся по бокам отвала грунт образует валики, которые

уменьшают потери грунта при последующих проходах бульдозера. Лучший эффект достигается при незначительном заглублении отвала в грунт вдоль трассы транспортирования и образовании таким образом неглубокой траншеи.

Транспортирование грунта одновременно несколькими бульдозерами применяют при достаточно широком фронте работ. При этом способе несколько бульдозеров передвигаются рядом с минимальными (до 0,5 м) зазорами между отвалами. Этот способ требует четкой координации движения всех машин с одинаковой скоростью, так как рассогласование скоростного режима равноценно по потерям грунта раздельной работе бульдозеров.

При разработке слабых грунтов производительность бульдозеров можно увеличить за счет использования дополнительных устройств к отвалам, изменяющих форму и объем последних (в 1,7...1,8 раз) в виде лобовых щитков, закрепляемых в верхней части отвала, уширителей и открылков на его боковых стенках.

Производительность можно повысить за счет правильного выбора трассы транспортирования грунта, отдавая предпочтение движению под уклон.

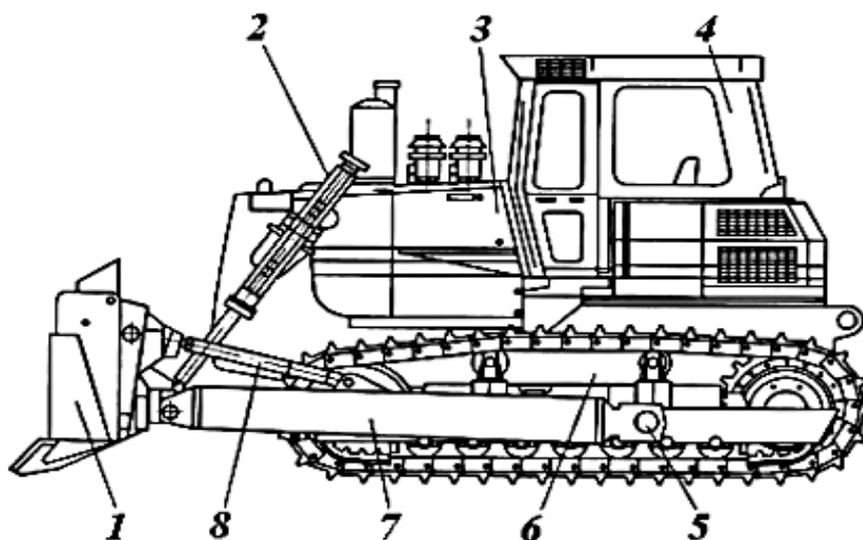
При перемещении под уклон  $10...12^\circ$  можно повысить выработку бульдозера по сравнению с движением по горизонтальной трассе на 30...40%, и наоборот, при движении на подъем  $10^\circ$  производительность бульдозера снижается почти вдвое.

Отсыпают грунт совместно с планировкой поверхности или без нее. В первом случае отвал несколько поднимают над землей, и при движении бульдозера на малой скорости вперед грунт высыпается в зазор ниже режущей кромки отвала, а в дальнейшем, после выхода машины на отсыпанную возвышенность - вперед, наращивая последнюю. Частично отсыпанный грунт уплотняется перемещаемыми по нему движителями. Освобождение отвала от грунта без его планировки заключается в отходе от него бульдозера задним ходом. Так, в частности, засыпают траншеи и пазухи фундаментов.

Возвращают бульдозер на исходную позицию следующего рабочего цикла на максимально возможной скорости задним (при небольших расстояниях передвижения) или передним ходом с разворотами.

Бульдозерное навесное оборудование на базовый гусеничный (рис. 11.8) или пневмоколесный трактор (двухосный колесный тягач),

включает отвал с ножами, толкающее устройство в виде брусьев или рамы и систему управления отвалом. Тягачи современных бульдозеров оснащаются дизельным двигателем с увеличенным запасом мощности и крутящего момента, механической или гидромеханической (динамической или объемной) ходовой трансмиссией с коробкой переключения передач под нагрузкой и гидросистемой управления бульдозерным отвалом. Последняя позволяет заглублять и выглублять отвал, переводить его в плавающее положение, перекашивать в поперечной плоскости, изменять угол резания, а в бульдозерах с поворотным отвалом – поворачивать его в плане на угол до 25° в обе стороны. Современные бульдозеры являются конструктивно подобными машинами, базовые тракторы и навесное оборудование которых унифицированы. Главный параметр бульдозеров – тяговый класс базового трактора (тягача).



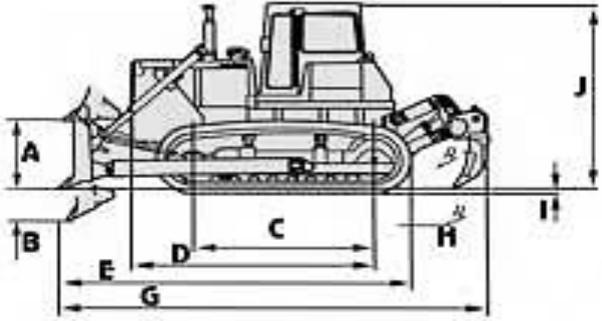
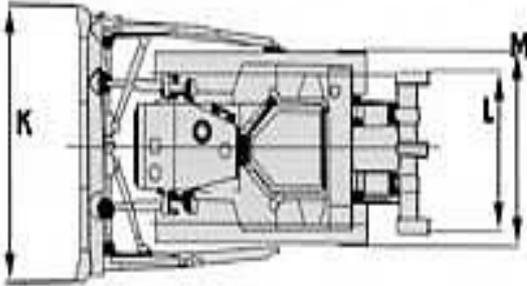
**Рис. 11.8. Гусеничный бульдозер:** 1 - отвал; 2 - гидроцилиндры подъема/опускания отвала; 3 - моторный отсек; 4 - кабина машиниста; 5 - упряжной шарнир; 6 - гусеничная тележка; 7 - толкающий брус; 8 - винтовой подкос.

Технические характеристики бульдозеров компании «SHANTUI» показанно в таблице 11.2

*Таблица 11.2.*

**Технические характеристики бульдозеров компании «SHANTUI»**

Завод	Shantui
Модель машины	SD32
Модель двигателя	Cummins NTA855-C360

Мощность двигателя	320 (л.с.)
Стандарт качества	Евро 2
Скорость вперед	0-3,6\0-6,6\0-11,5 (км/ч)
Скорость назад	0-4,4\0-7,8\0-13,5 (км/ч)
Снаряженная масса	37200 (кг.)
Призма волочения	прямой 10 (м. <sup>3</sup> )
Вид с боку	Вид с верху
	
Тип отвала	U-образный
Тип рыхлителя	одно/трехстоечный
К Ширина отвала	4030 (мм.)
Высота отвала	1720 (мм.)
Шаг	228 (мм.)
Ширина колеи	2140 (мм.)
Количество поддерживающих катков (с каждой стороны)	2 (шт.)
Количество опорных катков (с каждой стороны)	7 (шт.)
С -длина опорной поверхности гусеницы	3150 (мм.)
В-максимальное заглубление отвала	560 (мм.)
Н-максимальное заглубление рыхлителя	1250 (мм.)
А-максимальная высота подъема отвала	1560 (мм.)
Максимальная высота подъема рыхлителя	955 (мм.)
Количество башмаков в гусенице (с каждой стороны)	41 (шт.)
Ширина башмака	560 (мм.)

Работа при уклоне	30°
J-общая высота	6880 (мм.)
К-общая ширина	3725 (мм.)
Е-длина с отвалом	4030 (мм.)
<u>Бульдозер Shantui SD13S</u>	
	<p>Двигатель - D6114ZG4B          Мощность(кВт/об.мин)          95,5кВт/1900 об.мин          Масса, кг - 14900</p>
<u>Бульдозер Shantui SD22</u>	
	<p>Двигатель - Cummins          NT855-C280 BC III          Мощность(кВт/об.мин)          - 162кВт/1800 об.мин          Масса, кг - 23400</p>
<u>Бульдозер Shantui SD22C</u>	
	<p>Двигатель - Cummins          NTA855-C280          Мощность(кВт/об.мин)          - 162кВт/1800 об.мин          Масса, кг - 24600</p>
<u>Бульдозер Shantui SD23</u>	

	<p>Двигатель - Cummins NT855-C280 Мощность(кВт/об.мин) – 169кВт/2000 об.мин Масса, кг - 24600</p>
<p><u>Бульдозер Shantui SD32W</u></p>	
	<p>Двигатель - Cummins NT855-C360 Мощность(кВт/об.мин) - 235кВт/2000 об.мин Масса, кг - 40970</p>
<p><u>Бульдозер Shantui SD42-3</u></p>	
	<p>Двигатель- Cummins КТА19-C525 Мощность – 310кВт Масса, кг - 49000</p>

Производительность бульдозера определяется по формуле:

$$P_{\text{э}} = \frac{3600 \cdot V_{\text{пр}}}{t_{\text{ц}} \cdot K_{\text{р}}}, \text{ м}^3/\text{час.} \quad (11.3)$$

где  $V_{\text{пр}}$  - объем призмы волочения,  $\text{м}^3$ ;  $t_{\text{ц}}$  - время цикла;  $K_{\text{р}}$  – коэффициент разрыхления грунта.

Объем призмы волочения зависит от геометрических размеров отвала и свойств грунта определяется по формуле:

$$V_{\text{пр}} = A_{\text{пр}} \cdot \frac{B_{\text{от}}}{K_{\text{пр}}}; \quad \text{м}^3$$

(11.4)

где  $A_{\text{пр}}$ - площадь поперечного сечения призмы волочения,  $\text{м}^2$ ;  $B_{\text{от}}$  - длина отвала, м;  $K_{\text{пр}}$  – коэффициент призмы волочения.

Площадь поперечного сечения призмы волочения определяется по формуле:

$$A_{np} = (H_{от} - h) \cdot \frac{\ell}{2} = (H_{от} - h)^2 / 2tg\delta$$

(11.5)

где  $H_{от}$  - высота отвала, м;  $h$  - толщина срезаемого слоя грунта, м;  $\ell$  - длина (по оси бульдозера) призмы волочения, м;  $\delta$  - угол естественного откоса грунта (град).

Коэффициент призмы волочения определяется по формуле:

$$K_{пр} = tg\delta \cdot K_p \quad (11.6)$$

для песка  $K_{пр} = 1,0 \dots 1,2$ ; для суглинка  $K_{пр} = 1,2 \dots 1,4$ ; для глины  $K_{пр} = 1,2 \dots 1,3$ )

Продолжительность рабочего цикла определяется по формуле:

$$t_{ц} = \frac{L_p}{v_k} + \frac{L_{пер}}{v_{п}} + \frac{L_p + L_{пер}}{v_x} + 2t_{пов} + t_{пп} + t_{оп}, \text{ с}$$

где  $L_p, L_{пер}$  - длина путей резания и перемещения грунта;  $v_k, v_p$  и  $v_x$  - скорости копания, перемещения грунта и холостая скорость;  $t_{пов}, t_{пп}, t_{оп}$  - время разворота (10...15 с), переключения передач (6...8 с), и подъем отвала за один цикл (4...5 с).

Бульдозеры с поворотным отвалом, выполняющие планировочные работы, а также очистку поверхностей от строительного мусора, снега, работают в непрерывном режиме. Отделенный от массива грунт (или другие материалы) перемещается по отвалу вверх и в сторону его наклона в плане по винтовым траекториям. При этом призма волочения, увлекаемая потоками грунта, непрерывно перемещается в сторону наклона отвала за его край и укладывается в виде валика параллельно направлению движения машины. Такое взаимодействие рабочего органа с грунтом, которое приводит к сдвигу грунта вдоль режущей кромки, называют *косым резанием*. При косом резании возникают дополнительные сопротивления перемещению грунта вдоль отвала.

Для планировочных работах производительность бульдозера определяется по формуле:

$$P_{э} = \frac{3600 \cdot L_{пл} \cdot (B_{от} \cdot \sin\mu - 0,5) K_B}{n \left( \frac{L_{пл}}{v_{раб}} + t_{пов} \right)}, \text{ М}^3/\text{ч.} \quad (11.7)$$

где  $n$  - число проходов по одному месту.

#### 11.4. Автогрейдеры.

*Автогрейдером* называют землеройно-транспортную машину на пневмоколесном ходу с отвальным рабочим органом,

предназначенную для послойной разработки грунтов I и II категорий и планировки земляных поверхностей при строительстве и содержании автомобильных и железных дорог, аэродромов, а также яспользуемую в промышленном, гражданском, гидротехническом и ирригационном строительстве. С помощью автогрейдеров профилируют и планируют поверхности при возведении насыпей высотой до 0,6 м, отрывают и очищают кюветы и канавы треугольного и трапецеидального профилей, сооружают корыта для дорожных оснований, перемешивают и разравнивают грунт, щебень, гравий и вяжущие материалы, а также разрушают дорожные покрытия при ремонте дорог, расчищают от снега дороги и площади.

В зависимости от массы машины и мощности силовой установки автогрейдеры разделяют на *легкие* (массой до 9 т и мощностью до 50 кВт), *средние* (до 13 т, до 75 кВт), *тяжелые* (до 19 т, до 150 кВт) и *особо тяжелые* (более 19 т, более 150 кВт).

По конструктивному исполнению ходовых устройств они бывают *двухосными* и *трехосными*. Особенности конструкции ходового устройства отражаются колесной формулой типа  $AxVxC$ , где: А, В и С - число осей, соответственно, управляемых, ведущих и общее. Например, трехосный автогрейдер с двумя ведущими задними осями и передней осью с управляемыми колесами имеет колесную формулу 1х2х3.

Автогрейдеры с этой формулой получили наибольшее распространение в строительстве. По способу управления рабочим органом различают автогрейдеры с механической (обычно легкие автогрейдеры) и гидромеханической системами привода.

Рабочим органом автогрейдера является отвал 6 (см. рис. 11.9). Он расположен в средней части машины между передними 4 и задними 8 колесами на поворотном круге 7, установленном на тяговой раме 5. Последняя соединена в передней части универсальным шарниром с несущей (хребтовой) балкой 2, жестко соединенной с рамой ведущих (задних) колес и опирающейся на ось передних колес. Тяговая рама двумя гидроцилиндрами 1 может быть установлена задней частью на любой высоте, а также перекошена в вертикальной плоскости. С помощью специального гидроцилиндра она может быть вынесена в любую сторону, в том числе за пределы колеи машины.

Эти кинематические возможности позволяют ориентировать отвал произвольно в плане и в вертикальной плоскости, включая вертикальные перекосы, выносить его в любую сторону от продольной

оси движения автогрейдера. Кроме того, разовой установкой отвал можно выдвинуть в сторону относительно тяговой рамы, а также изменить его угол резания. При необходимости отвал дооборудуют специальными приставками, например для одновременной планировки подошвы и откоса насыпи, бровки и откоса выемки, профилирования придорожных канав и т. п. Для предварительной обработки плотных грунтов автогрейдер оснащают *кирковщиком 3*, бульдозерным отвалом или другим вспомогательным оборудованием, устанавливаемым в передней части машины и управляемым гидроцилиндрами.

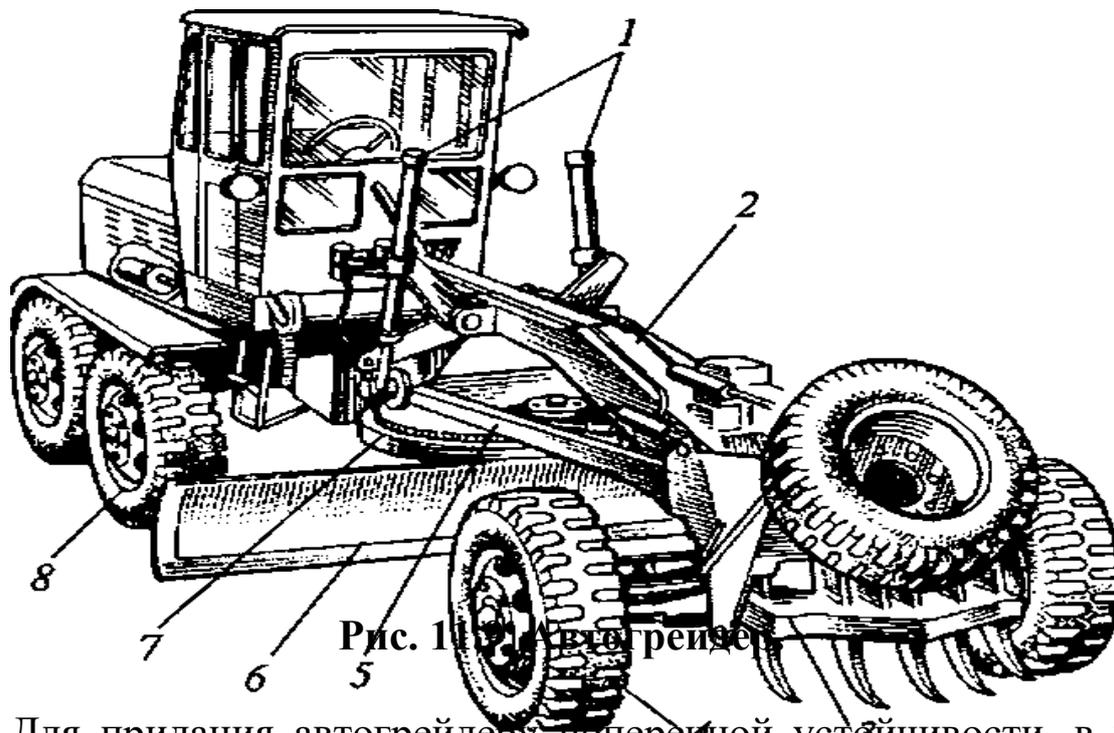


Рис. 1 Автогрейдер

Для придания автогрейдеру поперечной устойчивости, в частности, при работе на косогорах, управляемые колеса делают наклоняющимися в вертикальной плоскости. Задние колеса устанавливают попарно с каждой стороны на балансирных балках, что в сочетании с шарнирным опиранием хребтовой рамы на переднюю ось обеспечивает опирание на поверхность передвижения всех колес машины независимо от микронеровностей рельефа.

Положительной особенностью автогрейдеров как машин для планировочных работ является расположение отвала в средней части машины между передними и задними колесами. При наезде колесами на неровности в полосе движения высотные отклонения режущей кромки отвала будут незначительными, существенно меньшими, чем при консольном расположении бульдозерного отвала. Это качество

позволяет планировать земляные поверхности с меньшим числом повторных проходов, чем при работе бульдозера.

Рабочий процесс автогрейдера включает копание грунта, его перемещение и укладку с разравниванием в земляное сооружение. При разработке грунта отвал устанавливается режущей кромкой как параллельно его поверхности, так и наклонно под углом  $10...15^\circ$  с заглублением отвала по ширине. Угол резания составляет  $35...45^\circ$  соответственно при разработке тяжелых и легких грунтов. При зарезании отвала в фунт одним концом угол между режущей кромкой отвала и продольной осью машины (угол захвата) принимают равным  $35...50^\circ$ , при отделочных планировочных работах  $45...90^\circ$ , при копании с отводом грунта в сторону по отвалу  $60^\circ$ .

В зависимости от размеров обрабатываемого участка, рельефа местности, наличия искусственных сооружений автогрейдеры движутся по круговым и челночным технологическим схемам. Так, в дорожном строительстве при длине обрабатываемого участка (*захватки*)  $400...1500$  м автогрейдеры движутся по круговым технологическим схемам, а при меньших длинах - челночным способом (в одном направлении — вперед, в обратном - задним ходом). При этом в случае очень коротких захваток (около  $150$  м) грунт разрабатывают движением автогрейдера вперед, после чего возвращают машину на исходную позицию следующей проходки вхолостую задним ходом на повышенной скорости. При больших длинах захваток грунт разрабатывают автогрейдером при его движении как передним, так и задним ходом с разворотом отвала на  $180^\circ$  в плане на концах захватки.

Основными параметрами автогрейдера являются общая масса машины, мощность двигателя  $N$ , сила тяги  $F_T$ , рабочие и транспортные  $v_{тр}$  скорости, колесная схема, а также максимальное давление  $P_H$ , которое передается через нож на грунт от массы машины.

Сцепной  $G_{сц}$  и общий вес автогрейдера  $G_a$  связаны зависимостью:

$$G_{сц} = G_a \cdot \mu, \text{ Н} \quad (11.8)$$

где  $\mu$  – коэффициент сцепления  $\mu=1$  для колесных формул  $3 \times 3 \times 3$ ,  $1 \times 3 \times 3$ ,  $2 \times 2 \times 2$ ;  $\mu=0,70...0,75$  при формуле  $1 \times 2 \times 3$ .

Максимальная сила тяги грейдера определяется по сцепному весу:

$$F_T = G_{сц} \cdot \varphi_{сц} = G_a \cdot \mu \cdot \varphi_{сц}, \quad \text{Н} \quad (11.9)$$

где  $\varphi_{сц}$  – коэффициент сцепления.

Опыт использования автогрейдеров показывает, что число проходов для вырезания корыта обычно составляет 6...8. При расчете сил сопротивления движению автогрейдера следует исходить из наиболее тяжелых условий работы – копания и перемещения грунта.

Общее сопротивление движению автогрейдера во время работы  $\Sigma F$  складывается из сопротивлений копания  $F_k$  и перемещению  $F_{\Pi}$  самой машины.

Общее сопротивление движению автогрейдера во время работы определяется по формуле:

$$\Sigma F = F_k + F_{\Pi} \quad \text{или} \quad \Sigma F = F_k + m \cdot g \cdot (f \pm i) \quad (11.10)$$

где  $m$  – полная масса машины, кг;  $f$  – коэффициент сопротивления перемещению машины,  $f = 0,10 \dots 0,20$ ;  $i$  – уклон пути.

Сила сопротивления резания грунта (кН) автогрейдером определяется по формуле:

$$F_p = 10 \cdot C \cdot h^{1,35} \cdot (1 + 2,6 \cdot \ell)(1 + 0,01 \cdot \delta) \quad (11.11)$$

где  $C$  – число ударов динамического плотномера;  $h$  – глубина резания, см;  $\delta$  – угол резания, град.;  $\ell$  – длина режущей кромки рабочего органа, м

При работе машин максимальное преодолеваемое сопротивление движению ограничивается силой сцепления двигателя с опорной поверхностью. Поэтому для нормальной работы машины должно соблюдаться следующие условие:

$$\Sigma F \leq T_H = G_{\text{сц}} \cdot \varphi_{\text{сц}} \quad (11.12)$$

где  $T_H$  – номинальное тяговое усилие машин, Н;  $G_{\text{сц}}$  – сцепной вес машины, Н.

Некоторые автогрейдеры производимые зарубежными компаниями показанно на рис.11.10.



**TIANGONG**



**CHANGLIN**



**LIUGONG**



**YCMG**

### Рис 11.10. Автогрейдеры производимые зарубежными компаниями.

**Грейдер-элеваторы.** Грейдер-элеваторы предназначены для копания мерзлых грунтов в материковом залегании на горизонтах выше уровня грунтовых вод и отсыпки его в насыпи, отвалы или в транспортные средства. Их используют для возведения насыпей из боковых резервов, образования продольных выемок, устройства каналов в полувыемках-полунасыпях и других подобных сооружений.

Грейдер-элеваторы выполняют как полуприцепные машины-орудия, агрегатируемые с тракторами (гусеничными или колесными) или одноосными тягачами. Реже их выполняют как сменное навесное оборудование на автогрейдере. У полуприцепных грейдер-элеваторов основная рама (рис. 11.11) опирается на два пневмоколеса 10.

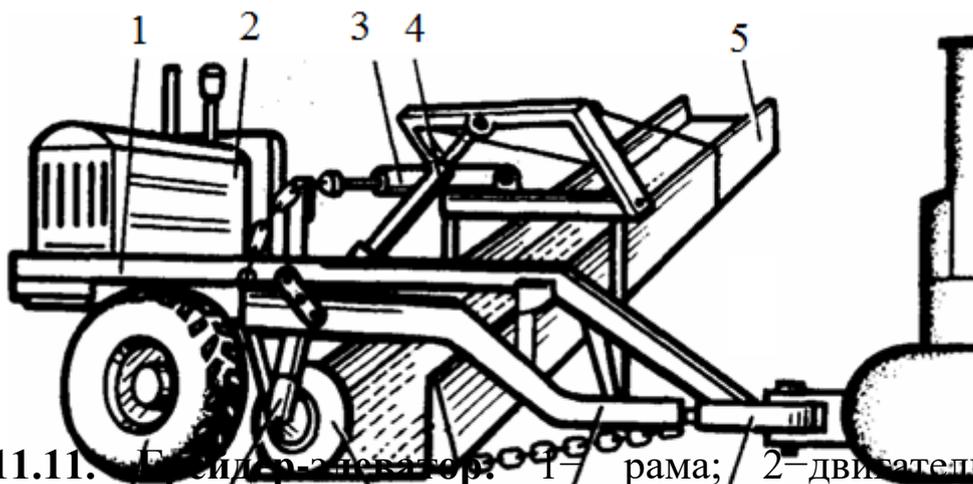


Рис. 11.11. Грейдер-элеватор: 1—рама; 2—двигатель; 3, 4—гидроцилиндры; 5—конвейер; 6—цепное устройство; 7—плужная балка; 8—дисковый плуг; 9—кронштейн; 10—колеса.

У машин с большим вылетом отвального конвейера одно из колес — левое — в транспортном положении устанавливают симметрично со вторым колесом относительно продольной оси машины, а в рабочем положении для повышения устойчивости его отодвигают, устанавливая на специальной откидной оси. Передней частью

основная рама соединена с тягачом по схеме универсального шарнира сцепным устройством 6. Рабочий орган в виде дискового плуга 8 подвешен на кронштейне Р к плужной балке 7. Он ориентирован так, что при движении машины вперед вырезает из грунта стружку с поперечным сечением в форме эллиптического сегмента. Отделенный от массива грунт, поднявшись по внутренней сферической поверхности плуга, отваливается на ленточный конвейер 5, расположенный поперек основной рамы, которым он отсыпается в насыпь, отвал или транспортное средство. В зависимости от прочности разрабатываемых грунтов глубину стружки регулируют подъемом-опусканием плужной рамы с помощью гидроцилиндра 3. Угол наклона ленточного конвейера и, следовательно, высоту подъема грунта для разгрузки регулируют гидроцилиндром 4.

Для перемещения грунта на большие расстояния ленточный конвейер наращивают вставками. Гидравлические цилиндры питаются рабочей жидкостью от насосной установки, расположенной на тягаче или на грейдер-элеваторе. В первом случае она приводится в движение от двигателя тягача, а во втором - от собственного двигателя 2, управляемого дистанционно из кабины машиниста тягача.

Рабочий процесс грейдер-элеватора состоит из последовательных проходов машины по обрабатываемому участку с разворотами в конце последнего. Для снижения непроизводительных затрат времени на поворотные движения грейдер-элеваторы целесообразно применять на участках протяженностью 200...500 м и более. Некоторые модели грейдер-элеваторов позволяют работать челночным способом после установки рабочего органа в требуемое положение на концах участка.

### **Контрольные вопросы.**

1. Для чего предназначены землеройно-транспортные машины? Какими рабочими органами они оборудованы? Каковы особенности рабочих процессов землеройно-транспортных машин?

2. Для чего предназначены скреперы? Из каких операций состоит их рабочий цикл? Какова дальность транспортировки грунта этими машинами? Назовите главный параметр скрепера. Приведите классификацию этих машин.

3. Как устроен и как работает самоходный скрепер? Перечислите способы разгрузки скреперных ковшей. Какими способами разрабатывают грунт скреперами? Охарактеризуйте способы

эффективной загрузки ковшей. Какие уклоны могут преодолевать скреперы в режиме транспортировки грунта?

4. Как определяют техническую и эксплуатационную производительность скрепера?

5. Для чего предназначены бульдозеры? Какие виды работ они могут выполнять? Приведите классификацию бульдозеров.

6. Как устроен и как работает бульдозер с неповоротным в плане отвалом? Какими способами разрабатывают грунт бульдозером? Для чего в качестве одного из рабочих органов бульдозера-рыхлителя используют рыхлительное оборудование? Какими сменными рабочими органами оборудуют бульдозеры?

7. Какими мерами снижают потери грунта при его транспортировании бульдозерами?

8. Как определяют техническую производительность бульдозеров, послойно разрабатывающих грунт?

9. Как устроен и как работает бульдозер с поворотным в плане отвалом? Как определяют техническую производительность бульдозера, занятого на планировке земляных поверхностей? При каких условиях челночная схема работы бульдозера производительней работы с разворотами на концах захватки?

10. Для чего предназначены автогрейдеры? Какие виды работ они могут выполнять? Приведите классификацию автогрейдеров. Какова структура колесной формулы этих машин? Автогрейдеры с какой колесной формулой наиболее всего распространены в строительстве?

11. Как устроен и как работает автогрейдер? Охарактеризуйте возможные установочные положения отвала автогрейдера. Для чего передние колеса имеют возможность наклоняться в вертикальной плоскости? Чем обеспечивается опирание всех колес машины на поверхность передвижения? Каким образом обеспечиваются лучшие планировочные качества автогрейдеров по сравнению с бульдозерами, работающими в режиме планировки земляных поверхностей? Назовите технологические схемы движения автогрейдеров. При каких условиях они реализуются?.

## **Глава 12. Бурильные машины.**

### **12.1. Способы бурения. Буровой инструмент.**