

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ
ОБЛАСТНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ИВАНОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

В.В. Воронков

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МАРКИ БУЛЬДОЗЕРА С УЧЕТОМ КОНКРЕТНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

методические указания для выполнения практических занятий студентами по
специальности 23.02.04 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОДЪЕМНО-
ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ



Иваново 2024

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ
ОБЛАСТНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ИВАНОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

В.В. Воронков

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МАРКИ БУЛЬДОЗЕРА С УЧЕТОМ КОНКРЕТНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

методические указания для выполнения практических занятий студентами по
специальности 23.02.04 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОДЪЕМНО-
ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Иваново 2024

УДК 621.878.23

Рецензенты:

к. т. н., доцент кафедры «Технические системы в агробизнесе»
ФГБОУ ВО Ивановского ГА У

Н.В. Муханов

директор ООО «Ивановское ДРСУ № 2»

Т.Л. Липатов

Воронков В.В. Обоснование выбора марки бульдозера с учётом конкретных условий эксплуатации: методические указания к практическим работам. – Иваново: ОГБПОУ Ивановский технический колледж, 2024. – 31с.: ил.

В методических указаниях приведены технические характеристики бульдозеров, рассмотрен типаж промышленных тракторов и тракторов общего назначения. Предложена методика обоснования выбора конкретной марки бульдозера для проведения работ в заданных условиях эксплуатации, в том числе грунтовых, путем проведения тягового расчета. Рассмотрен алгоритм определения технической производительности бульдозеров при разработке и перемещении грунта.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки по специальности 23.02.04 - Техническая эксплуатация подъёмно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования

Учебное пособие рассмотрено и одобрено методической комиссией Ивановского технического колледжа (протокол № от 2024года) и рекомендовано к изданию.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БУЛЬДОЗЕРАХ

Интенсивное развитие строительного производства и сокращение сроков ввода в эксплуатацию новых жилых домов, промышленных предприятий, железных и автомобильных дорог, газо- и нефтепроводов требуют ускоренного выполнения больших объемов и комплексной механизации земляных работ, значительную долю которых обеспечивают бульдозеры.

Бульдозер представляет собой самоходную землеройно-транспортную машину, предназначенную в основном для послойного срезания грунта при его планировке, а также для перемещения грунтов и материалов на расстояние до 150м.

Бульдозер - это машина циклического действия: сначала осуществляется рабочий ход (разработка и перемещение грунта, засыпка траншей, срезка кустарника и т.п.), затем холостой ход (возвращение в исходное положение), после чего цикл повторяется.

В рабочем режиме он разрабатывает грунт отвалом, расположенным спереди машины, и после образования перед отвалом призмы земли перемещает ее волоком по рабочей поверхности к месту отсыпки. Наибольшее расстояние перемещения составляет 100...150м, так как иначе возрастают потери грунта от пересыпания за отвал. Основное применение бульдозеров — возведение насыпи дорог и плотин, отрывка котлованов, засыпка ям, разработка пород с полезными ископаемыми. Бульдозер благодаря высоким тяговым качествам, маневренности и имеющемуся набору навесных рабочих органов является весьма универсальной машиной.

Бульдозеры по назначению различают на два типа:

- 1) общего назначения;
- 2) специальные.

Бульдозеры общего назначения используют для выполнения основных видов землеройно-транспортных и вспомогательных работ на различных грунтах и в климатических условиях умеренной зоны с температурой окружающей среды $\pm 40^{\circ}\text{C}$, холодного климата с температурой воздуха до $- 60^{\circ}\text{C}$, а также в условиях тропиков с температурой до 50°C .

Специальные бульдозеры предназначены для выполнения целевых работ в специфических грунтовых или технологических условиях. Выпускают бульдозеры-путепрокладчики, используемые при прокладке дорог и путей, бульдозеры-толкачи - для работы со скреперами, трюмные бульдозеры - для штабелирования материалов и полезных ископаемых в трюмах теплоходов, подземные бульдозеры - для работы в шахтах и штольнях, подводные бульдозеры - для работы в воде.

По классу, который означает номинальную силу тяги базового трактора, различают бульдозеры следующих видов:

- **малогабаритные** (класса до 0,9, мощностью 18,5...37 кВт);
- **легкие** (классов 1,4...4, мощностью 37...96 кВт);
- **средние** (классов 6...15, мощностью 103...154 кВт);
- **тяжелые** (классов 25...35, мощностью 220...405 кВт);
- **сверхтяжелые** (классов 50... 100, мощностью 510...880 кВт).

По типу ходовой части выпускают бульдозеры:

- колесные;

- гусеничные.

Колесный бульдозер (рис.1) применяют при работе в более легких дорожных условиях, при выполнении работ небольших объемов или вспомогательных работ и необходимости часто перебазироваться с объекта на объект.

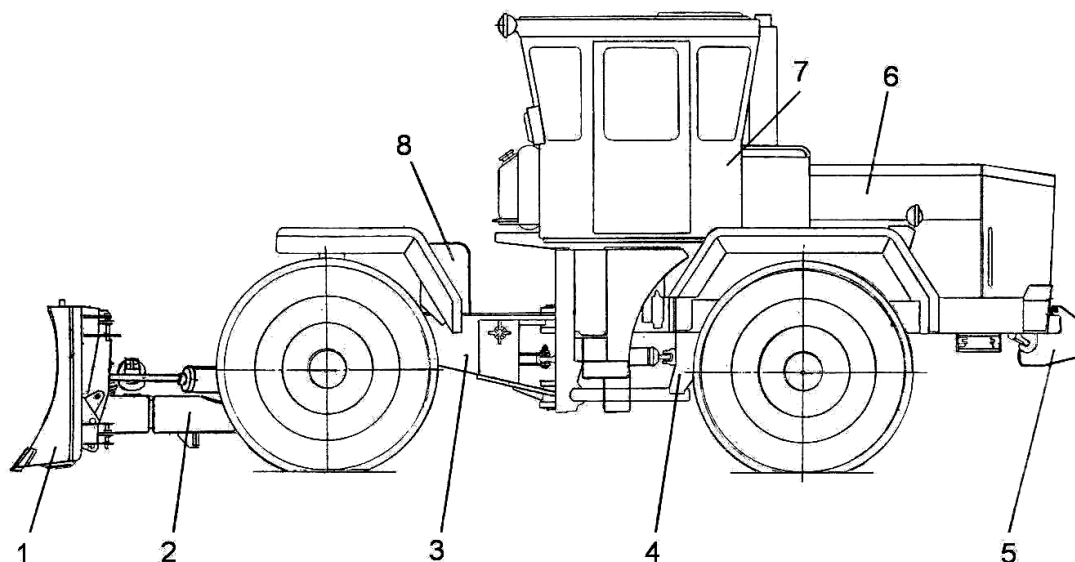


Рисунок 1- Общий вид бульдозера К-703МБА-01-БКУ:

1 – отвал; 2 – рама толкающая бульдозера; 3 – полурама грузовая; 4 – полурама подмоторная; 5 – груз балластный; 6 - облицовка; 7 – кабина; 8 – груз балластный

Работа бульдозера связана с необходимостью обеспечения напорного или тягового усилия для преодоления сопротивления врезанию отвала в грунт и его перемещению. Поэтому более широкое распространение в качестве базовой машины для бульдозера получили гусеничные тракторы, которые благодаря лучшему сцеплению гусениц с опорной поверхностью позволяют реализовать значительно большее тяговое усилие по сравнению с колесным трактором.

Каждый бульдозер состоит из базовой машины (гусеничного или колесного трактора или колесного промышленного тягача) и навесного бульдозерного оборудования, расположенного спереди. Бульдозерное оборудование включает в себя рабочий орган (отвал) 1 (см. рис.1), толкающее устройство 2 (толкающие брусья или толкающую раму) и систему управления отвалом (гидравлическую или канатную).

По конструкции рабочего оборудования различают бульдозеры:

- с неповоротным отвалом;
- поворотным отвалом в плане;
- универсальные;
- бульдозеры-погрузчики.

В бульдозерах с неповоротным отвалом 1 (рис.2) он установлен перпендикулярно продольной оси машины неподвижно или с небольшим угловым качением в поперечной плоскости. К отвалу жестко приварены два толкающих бруса 7, охватывающих снаружи базовый трактор 8.

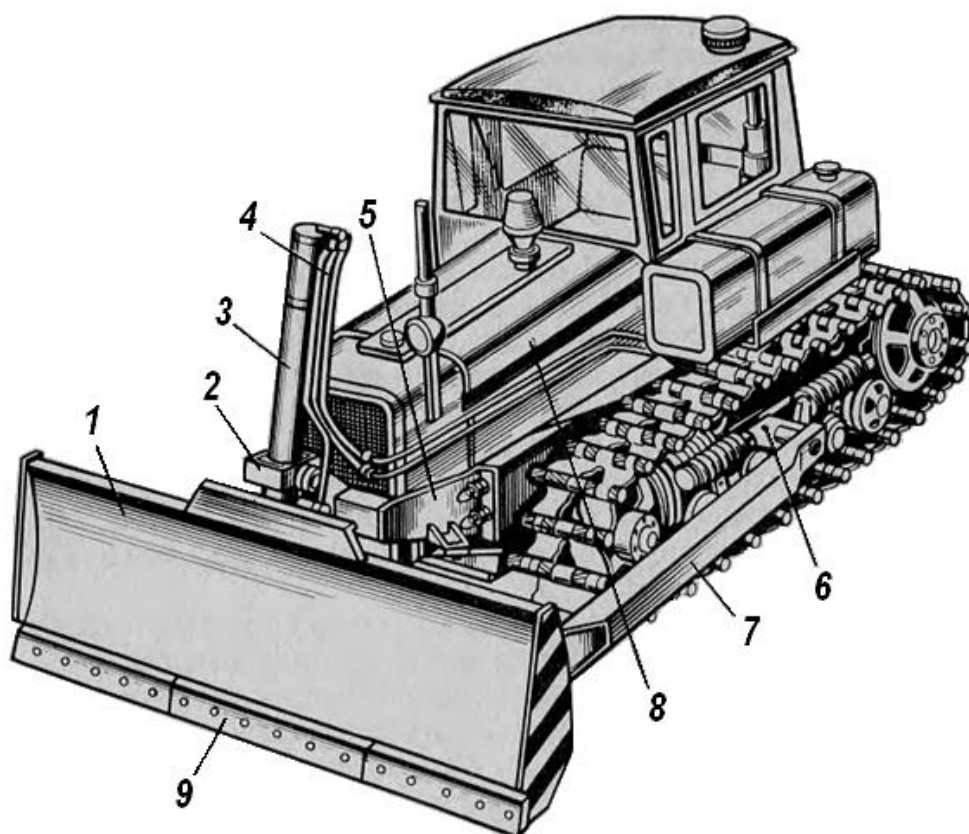


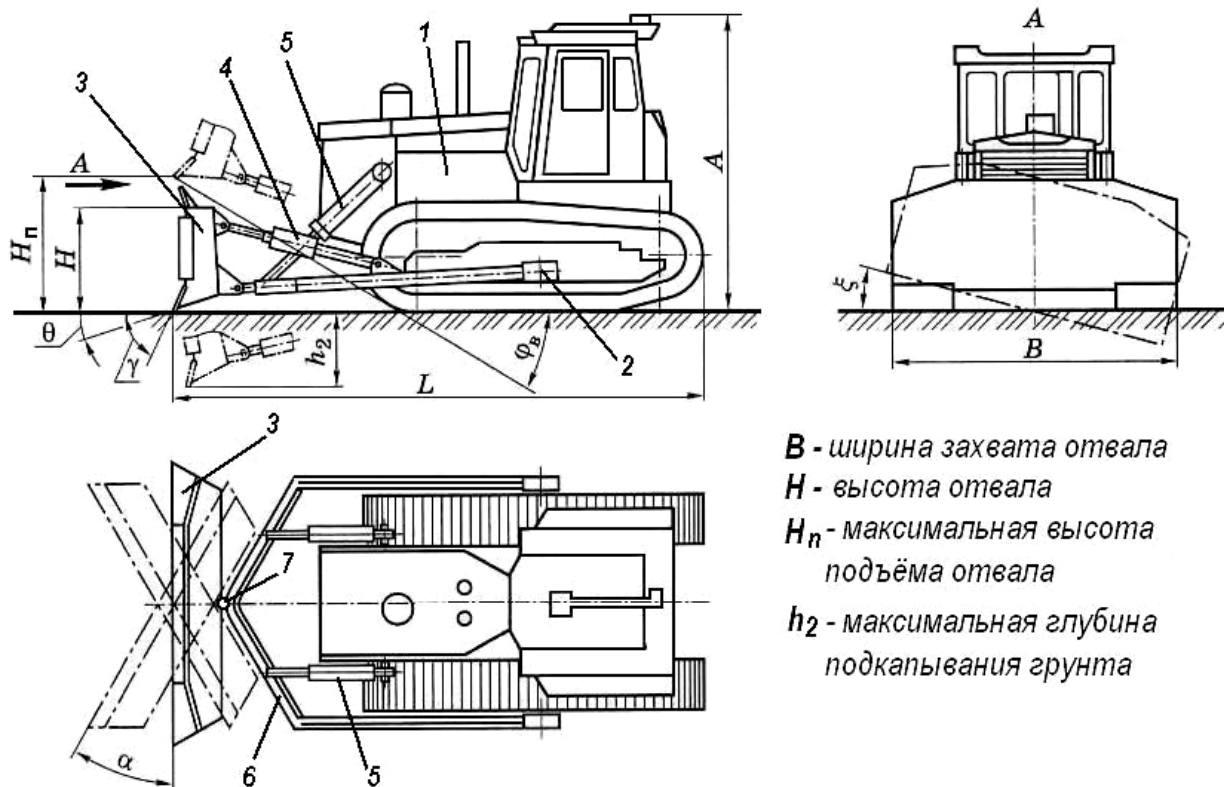
Рисунок 2 – Бульдозер с неповоротным отвалом:

1-отвал; 2-рамка несущая; 3-гидроцилиндр подъёма-опускания отвала; 4-рукава высокого давления; 5-подрамник; 6-балка поперечная; 7-брус толкающий; 8-трактор; 9-нож

Брусья шарнирно установлены на поперечной балке 6, болтами прикрепленной к раме трактора. Спереди к ней также прикреплен подрамник 5, к которому шарнирно через несущую рамку 2 подвешен один гидроцилиндр 3 двустороннего действия. К гидроцилиндру подведены два рукава высокого давления 4, которые соединяют его с гидросистемой трактора. Она состоит: из масляного насоса шестеренного типа; золотникового гидрораспределителя; масляного бака и гидролинии, связывающей все элементы системы между собой. С помощью золотника гидрораспределителя, управляемого машинистом из кабины трактора, направляют рабочую жидкость (масло) под давлением, развиваемое масляным насосом, в одну из полостей корпуса гидроцилиндра. В результате осуществляется подъём бульдозерного отвала, когда гидроцилиндр работает на втягивание (масло поступает в штоковую полость цилиндра). В случае подачи масла в бесштоковую полость, гидроцилиндр работает на толкание и происходит опускание отвала. Отвал в зоне резания грунта оборудован съемными ножами 9.

В бульдозерах с поворотным отвалом его можно поворачивать на определенный угол в обе стороны от основного положения.

Схема бульдозера с поворотным отвалом и его основные параметры представлены на (рис.3). Важнейшими элементами бульдозерного оборудования являются рама 6 и отвал 3. Рама 6 с помощью опорных шарниров 2 и опор 9 соединена



B - ширина захвата отвала
H - высота отвала
H_n - максимальная высота подъёма отвала
h₂ - максимальная глубина подкапывания грунта

Рисунок 3 – Устройство и основные параметры бульдозера с поворотным отвалом:

1-трактор базовый; 2-шарниры опорные; 3-отвал с козырьком и ножами; 4-толкатели; 5- гидроцилиндры подъёма-опускания отвала; 6-рама бульдозера; 7-гнездо шаровое; *H* - высота отвала без козырька; *B* - ширина отвала; α - угол установки отвала в плане; γ - угол резания; ξ - угол поперечного перекоса; θ - угол задний отвала; φ_B - угол въезда

с рамами гусеничных тележек базового трактора 1, а через кронштейны в ее передней части — с головками штоков гидроцилиндров 5. Отвал 3 с козырьком и ножами соединен с рамой 6 посредством толкателей 4 и шарового гнезда 7.

Рама 6 представляет собой сварную подковообразную конструкцию из двух согнутых брусьев коробчатого сечения, сваренных из швеллеров и листов или уголков.

Поворотный отвал 3 от неповоротного отличается наличием шарового гнезда 7 вваренного в середине отвала в специальную коробку и снабжено пластиной для соединения с шаровой головкой рамы 6.

Толкатели 4 служат для крепления отвала к раме и изменения его положения для работы. Они выполнены в виде брусьев коробчатого или трубчатого сечения и винтовых раскосов. Раскосы связаны друг с другом шарнирными соединениями, обеспечивающими возможность изменения расстояний между местами крепления к раме и отвалу.

Изменяют угол резания γ и перекос отвала ξ в ту или иную сторону путем одинакового или различного изменения длины раскосов толкателей, а изменение угла в плане α — путем перестановки шкворней толкателей в различные кронштейны на раме.

Универсальные бульдозеры (рис.4) оборудованы шарнирно-сочлененным отвалом (рис.5) из двух одинаковых частей, которые могут быть установлены перпендикулярно продольной оси машины, под углом в одну сторону или под углом в

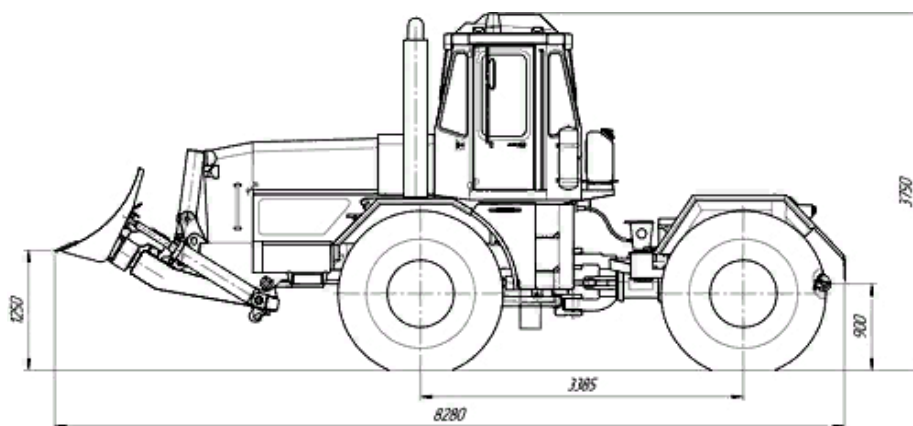


Рисунок 4 -Трактор-тягач К-703МА-12-04-Т с универсальным отвалом

Бульдозерный отвал ВЕПС с изменяемой геометрией

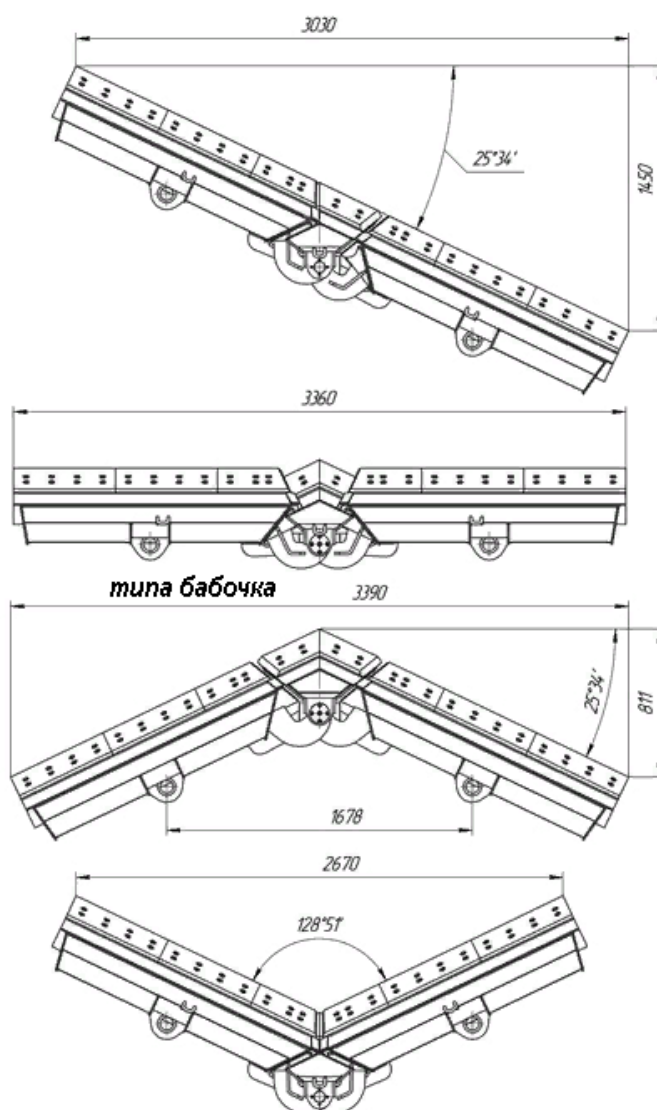


Рисунок 5 – Схемы установки шарнирно-сочленённого отвала
разные стороны.

Специальная машина трактор тягач бульдозер К-703МА-12-04-Т (см. рис.4) на

базе тракторов К-703 предназначена для перемещения грунта на дорожном строительстве, прокладывания колонных путей по снежной целине, расчистке дорог и др. работ.

Бульдозеры-погрузчики (рис.6) характеризуются тем, что на подъемной стреле шарнирно установлен отвал 4; вместо него можно навешивать грузовой ковш 7 или другие виды сменного рабочего оборудования (например, крюк).

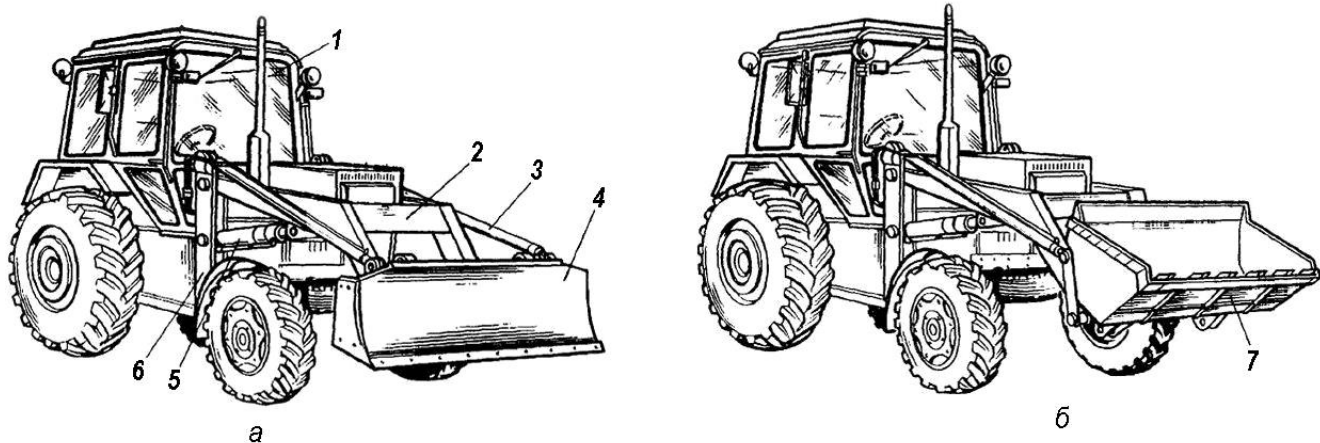


Рисунок 6 – Бульдозер-погрузчик на базе колесного трактора МТЗ-82:

а - с бульдозерным отвалом; б - с погрузочным ковшом; 1-трактор базовый; 2- стрела; 3- гидроцилиндры поворота отвала; 4-отвал; 5-гидроцилиндры подъема-опускания отвала; 6-рама монтируемого оборудования; 7-ковш погрузочный

Основным рабочим органом любого бульдозера является отвал. Одним из самых распространённых в практике является прямой отвал (см. рис.7, а), который установлен перпендикулярно продольной оси машины и не может поворачиваться в плане. Данный отвал чаще всего используют в процессе разработки немерзлых грунтов, включая лёгкие скальные породы. Прямой отвал имеет более высокие показатели по тяге и мощности на режущей кромке ножей, поэтому лобовой лист такого отвала быстро углубляется в материал и хорошо наполняется. У прямого отвала имеются небольшие изогнутые боковые щитки 4 и боковые ножи 5 для уменьшения износа щитков. Ножи отвала обычно состоят из двух разновидностей: средних 3 и выступающих вперед сменных угловых ножей 2. Такими отвалами разрабатывают крепкие грунты.

Поворотные отвалы (см. рис.7, б) применяют при поперечном перемещении материалов. Их часто используют при работе с котлованами и траншеями, создании насыпных сооружений, уборке мусора и снежных масс, а также корчевании растительности.

Сферические трёхсекционные отвалы (см. рис.7, в) изготавливаются в виде цилиндра. Они идеально подходят для перемещения лёгких грузов большого объёма на значительные расстояния. Центральная секция занимает порядка 40% всей рабочей поверхности. Угол между короткими боковыми секциями и центральной в горизонтальной плоскости составляет 25° . Такая конструкция отвала позволяет удерживать сыпучие материалы, что снижает их потери при транспортировании. Однако длинная режущая кромка затрудняет заглубление отвала и снижает производительность работы бульдозера на плотных грунтах.

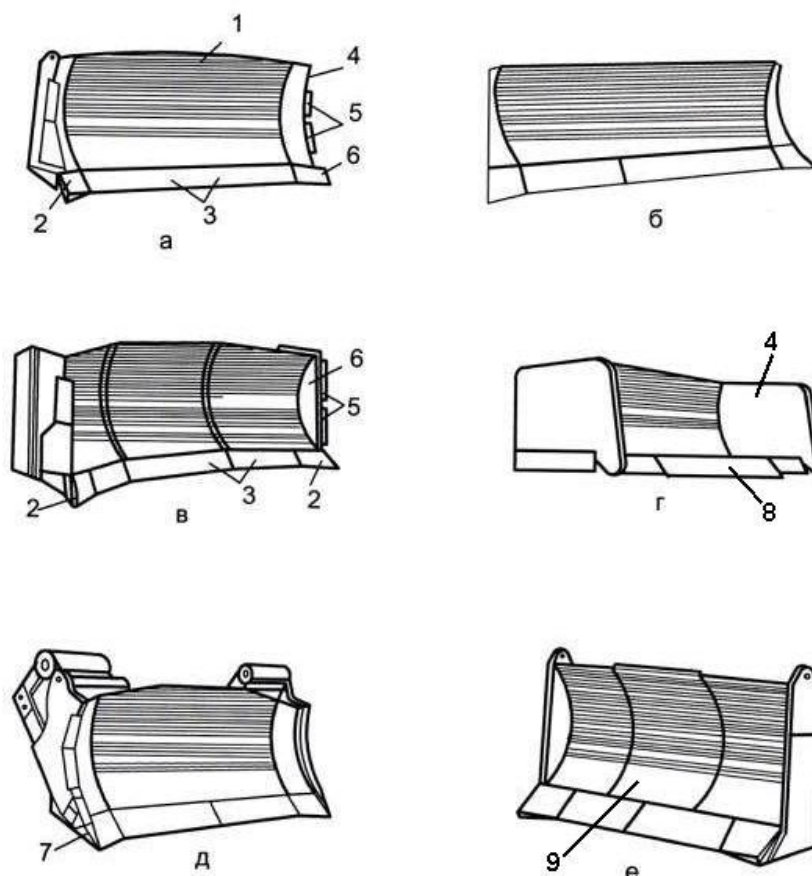


Рисунок 7 - Виды отвалов:

а – прямой; б – универсальный (поворотный); в – сферический; г – совковообразный; д – полусферический с боковыми рыхлящими зубьями; е – короткий толкающий; 1 – лист лобовой; 2 – ножи угловые; 3 – ножи средние; 4 – щитки боковые; 5 – ножи боковые; 6 – открылки; 7 – зубья выдвижные; 8-нож средний; 9-пластина центральная

Неповоротные совковообразные отвалы (см. рис.7, г) имеют боковые щитки 4, снижающие потери грунта при перемещении и выступающую вперед часть ножа 8 для лучшего врезания в грунт. Применяют его для разработки малосвязных грунтов в случае перемещении их на большие расстояния.

Неповоротные полусферические отвалы (см. рис.7, д) активно применяются для землеройных работ на разных типах грунта. Они врезаются в материал с такой же эффективностью, что и прямые отвалы и способны перемещать такие же его объёмы, как и сферические. За счёт боковых открылков 6 можно увеличить объём перемещаемого материала.

Короткие толкающие усиленные отвалы (см. рис.7, е), в основном применяются при толкании скреперов при внедрении их в породу. Их ещё называют буферными. Внешне они напоминают сокращённую версию прямого отвала с центральной стальной пластиной 9. Для компенсации ударов при контакте со скрепером и динамических нагрузок, возникающих при совместном движении скрепера и бульдозера, у таких отвалов имеются резиновые амортизаторы. Кроме того, толкающие отвалы могут применяться и для общих работ.

Существуют также отвалы других типов, используемые для специфических работ, но они распространены значительно меньше. Например, известны отвалы с челюстным

гидроуправляемым захватом для перемещения сыпучих материалов на большие расстояния.

1.1 Основы технологии бульдозерных работ

Технология производства земляных работ бульдозерами зависит от конкретных условий: вида и состояния грунта, рельефа местности, дальности перемещений грунта, высоты отсыпаемых насыпей и глубины разрабатываемых выемок.

Рабочий цикл бульдозера. У бульдозера рабочий цикл состоит из следующих операций (рис. 8):

а - отвал бульдозера 2 опускают ниже опорной поверхности, заглубляя на 50...200мм в зависимости от типоразмера машины. При движении вперед машины со скоростью V_p , заглубленный отвал режет стружку определенной толщины h ;

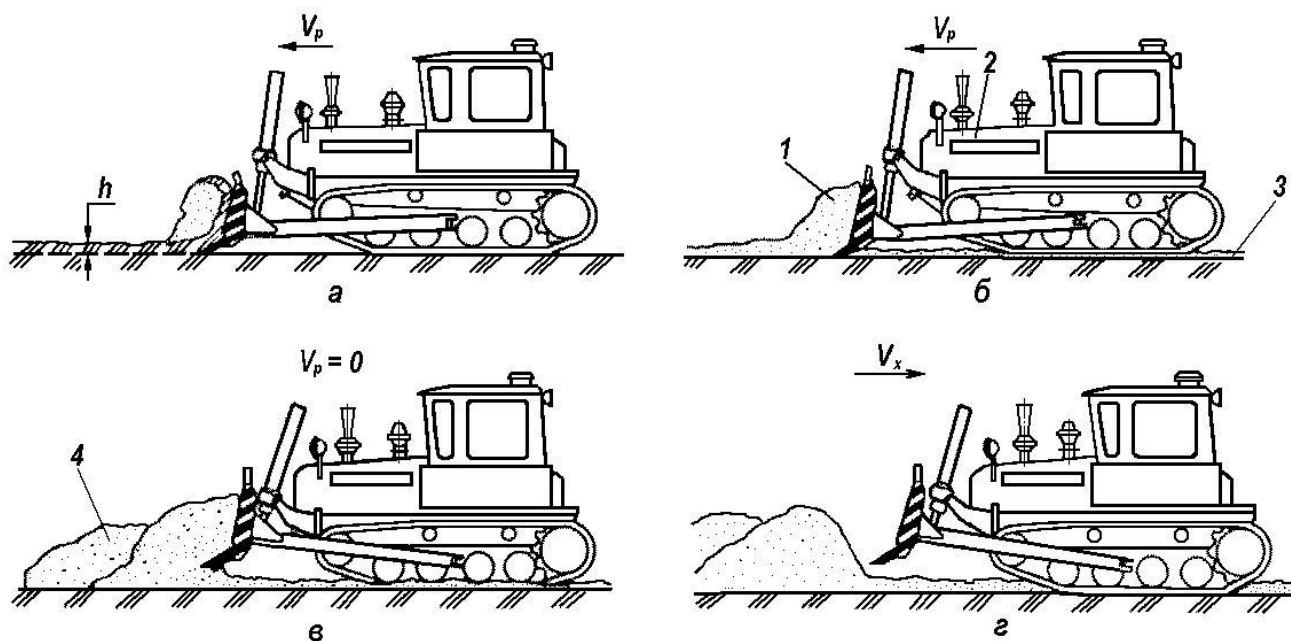


Рисунок 8 - Рабочий цикл бульдозера при разработке:

а - резание грунта, б - транспортирование с подрезанием грунта, в — отсыпка грунта, г- холостой ход, 1 - призма грунта, 2 - бульдозер, 3 - валик боковой, 4 - штабель

б - после образования перед отвалом призмы 1 грунта его транспортируют при переднем ходе на расстояние и одновременно подрезают материал. Подрезанием компенсируют потери грунта, высыпающегося из призмы в боковые валики 3.

в - во время подхода к месту отсыпки грунта отвал поднимают при одновременном движении машины. При максимальном подъёме отвала трактор останавливают, т.е. $V_p = 0$. Призма грунта ссыпается, образуя штабель 4;

г - после этого бульдозер с поднятым отвалом задним ходом перемещается в исходное положение со скоростью их для повторения резания.

Процесс резания грунта, транспортирование материала с подрезанием и отсыпкой грунта называют *рабочими ходами*, движение машины назад - *холостым ходом*.

Для повышения производительности скорость отката или холостого хода V_x принимают большей скорости резания грунта V_p .

С целью осуществления операций по засыпке ям, траншей, котлованов для возвращения бульдозера на исходную позицию при небольшом расстоянии перемещения (до 50м) характерна следующая схема его маневрирования, представленная на (рис.9). Бульдозер движется в обратном направлении задним ходом по диагонали на максимальной скорости.

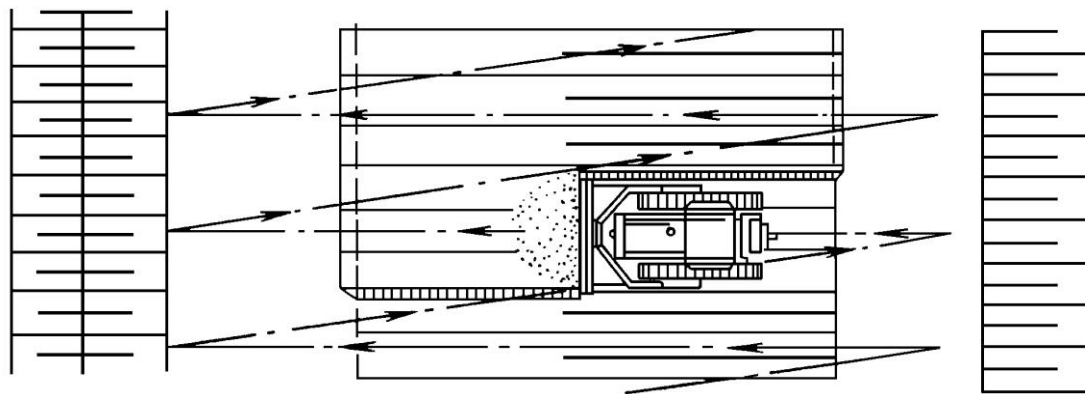


Рисунок 9 – Схема перемещения бульдозера при послойной обработке грунта

При работе бульдозеров наиболее ответственная операция – резание грунта и образование призмы волочения. Для лучшего формирования призмы и получения большей рабочей скорости при этом могут рекомендоваться различные схемы работы (рис.10).

Для более полного и равномерного использования тягового усилия трактора на легких и средних грунтах рекомендуется работать стружкой переменной толщины (рис.10, а). Начинать резание материала следует при максимальном заглублении отвала h , уменьшая это заглубление по мере образования перед отвалом достаточного количества грунта. Стружка резания при этом получает форму клина.

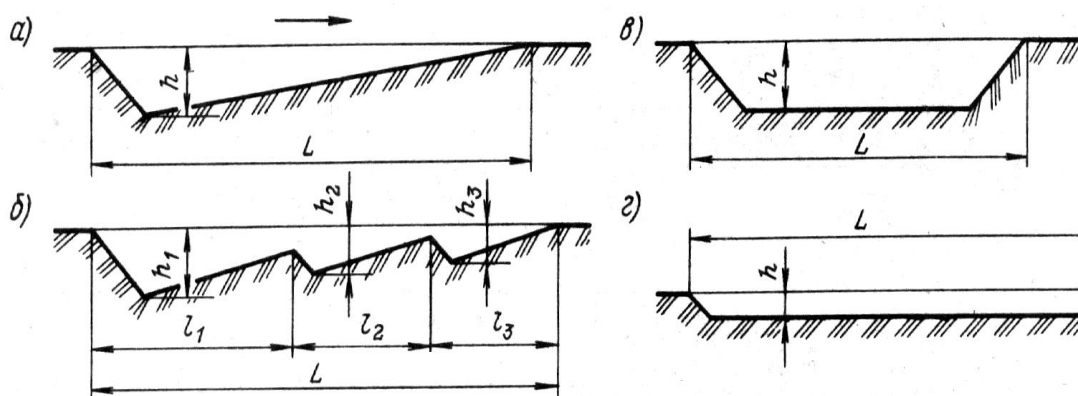


Рисунок 10 - Формы стружек грунта, срезаемых бульдозером при работе в различных условиях (стрелкой показано направление движения бульдозера):

L - длина участка резания; h – величина заглубления отвала

При разработке тяжелого грунта сопротивление резанию может быть настолько велико, что потребуются выглубление отвала даже при недостаточном наборе грунта перед ним. Это необходимо из-за значительного снижения частоты вращения

коленчатого вала двигателя базового трактора. При достижении устойчивой работы двигателя заглабление отвала следует повторить. Такой прием может быть использован несколько раз до полного формирования призмы волочения. Стружка грунта при такой работе будет иметь гребенчатую форму (рис.10, б).

При гребенчатом резании трехкратного заглабления для средних грунтов и средних классов (3,0...4,0) по тяговому усилию базовых тракторов рекомендуются следующие размеры стружек:

$$h_1 = 25 \dots 20 \text{ см} \dots \dots \dots l_1 = 3,0 \dots 3,5 \text{ м}$$

$$h_2 = 20 \dots 12 \text{ см} \dots \dots \dots l_2 = 2,0 \dots 2,5 \text{ м}$$

$$h_3 = 12 \dots 10 \text{ см} \dots \dots \dots l_3 = 1,5 \dots 2,0 \text{ м}$$

Для бульдозеров с базовыми тракторами других классов по тяговым усилиям (меньших или больших) размеры снимаемых стружек грунта соответственно будут меньшими или большими.

На грунтах I, II групп (супесь, песок, суглинок, гравий), когда тяговые усилия трактора, как правило, недоиспользуются, рекомендуется применять прямослойное резание грунта (рис.10, в) при постоянной максимальной толщине стружки h . Стружка резания при этом получается ленточной, а длина участка резания L и время набора грунта перед отвалом будут минимальными.

Прямослойное резание применяют также, когда по условиям производства работ требуется относительно небольшое заглабление отвала, например, при снятии растительного слоя толщиной 10...15 см (рис.10, г). Для разработки грунта такой способ резания не рекомендуется.

Виды бульдозерных работ

Бульдозеры применяют во всех отраслях гражданского, дорожного, промышленного, мелиоративного строительства, в сельскохозяйственном производстве, в городском хозяйстве и т. д.

Наиболее характерными видами бульдозерных работ являются:

- разработка траншей котлованов, каналов с отсыпкой грунта в кавальеры, насыпи;
- срезка косогоров и засыпка выемок;
- снятие плодородного слоя или пустой породы;
- планировка и разравнивание поверхности при переднем и заднем ходе;
- засыпка траншей;
- толкание скрепера;
- валка деревьев, корчевка пней и срезка кустарника;
- снегоочистка.

На (рис.11) представлены схемы основных видов земляных работ, проводимых бульдозерами, как самостоятельно, так и с использованием других машин и технологического оборудования.

Бульдозеры отрывают котлованы под фундаменты зданий, сооружают насыпи железнодорожных и автомобильных дорог, срезают косогоры и засыпают выемки, производят планировку при переднем и заднем ходе, разравнивают материалы, толкают скреперы в тяжелых грунтовых условиях, погружают грунт или материал в автотранспортные средства и на конвейеры с помощью эстакады или лотка, разравнивают площадку и засыпают траншеи при строительстве нефтегазопроводов,

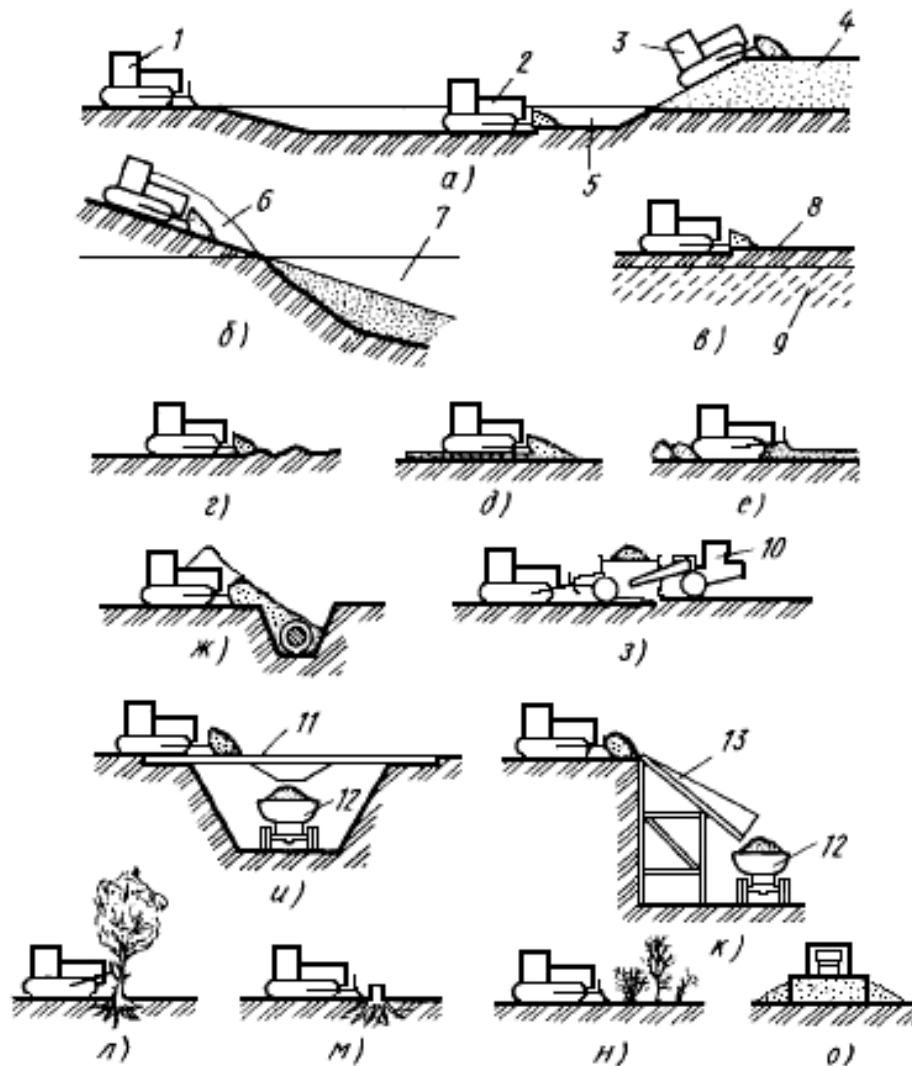


Рисунок 11 - Основные виды работ, выполняемых бульдозерами:

а - разработка траншей, котлованов, каналов с отсыпкой грунта в кавальеры, насыпи; б - срезка косогоров и засыпка выемок, в- снятие плодородного слоя или пустой породы, г-планировка передним ходом, д- разравнивание при переднем ходе машины, е - планировка при заднем ходе машины, ж - засыпка траншей, з - толкание скрепера при наполнении ковша грунтом, и - погрузка грунта в автотранспорт с эстакады, к - погрузка материалов в автотранспорт с лотка, л - валка деревьев, м - корчевка пней, н - срезка кустарников и мелколесья, о - работы снегоочистительные; 1 - исходное положение бульдозера, 2 - резка и транспортирование грунта, 3 - бульдозер на насыпи, 4 - насыпь или кавальер, 5 - траншея, 6 -косогор, 7 - выемка, 8 - плодородный слой или пустая порода, 9 - полезные ископаемые или строительные материалы, 10- скрепер, 11 - эстакада, 12 - автотранспорт, 13 - лоток погрузочный

возводят плотины, дамбы и роют каналы в мелиоративном и гидротехническом строительстве. Бульдозеры могут осуществлять валку деревьев, корчевку пней, срезку мелколесья и кустарников в дорожном строительстве и лесном хозяйстве. Широко применяют бульдозеры при добыче полезных ископаемых открытым способом в горном деле как для уборки растительного слоя земли и пустой породы, так и для разработки и транспортирования угля, золотоносных песков, железных руд. Зимой бульдозеры используют для снегоочистки дорог и площадей и снегозадержания в сельском хозяйстве.

2 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Изучение устройства, назначения и принципа действия бульдозера, типажа промышленных тракторов и тракторов общего назначения. Выявление применимости конкретных марок бульдозеров для проведения работ в заданных условиях эксплуатации, в том числе грунтовых, путем проведения тягового расчета. Определение технической производительности бульдозеров при разработке и перемещении грунта.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ для выполнения работы

Варианты индивидуальных заданий по расчету бульдозеров приведены в табл. 1, 2, 3.

Таблица 1 - Варианты индивидуальных заданий

Номер задания	Марка бульдозера	Группа или Тип грунта	Длина пути перемещения, L, м	Уклон местности, i	Условия работы
1	2	3	4	5	6
1	D3G XL	III – суглинок легкий	20	0,05	на подъём
2	D4G XL	I – суглинок легкий	25	0,07	под уклон
3	ДЗ-42Г	I – песок	30	0,10	под уклон
4	D5G XL	II – суглинок легкий	35	0	-
5	D5N XL	III – суглинок плотный	35	0,06	на подъём
6	ДЗ-101А	IV – глина ломовая	40	0,08	под уклон
7	D6N LGP	IV – глина ломовая	60	0,09	на подъём
8	Четра Т9	III – суглинок плотный	50	0	-
9	ДЗ-109Б	IV – глина ломовая	40	0,10	под уклон
10	ДЗ-110	II – суглинок легкий	45	0,14	на подъём
11	D6R	III – суглинок плотный	60	0,13	под уклон
12	ДЗ-171.1	I – песок	20	0,02	на подъём
13	Четра Т11М	II – суглинок легкий	60	0,01	под уклон
14	Четра Т11С	III – суглинок плотный	80	0	-
15	Б14	II – суглинок легкий	55	0,1	под уклон
16	D7R XR	III – суглинок плотный	20	0,2	на подъём
17	814F	I – песок	50	0,03	под уклон
18	D8R	IV – глина ломовая	40	0,14	на подъём
19	ДЭТ-400	I – песок	60	0,15	под уклон
20	824 GсерII	III – суглинок плотный	80	0,06	на подъём
21	D9R	II – суглинок легкий	100	0,07	под уклон
22	Четра Т35	IV – глина ломовая	10	0,08	на подъём
23	Четра Т35Л	III – суглинок плотный	90	0,09	на подъём
24	D10R	IV – глина ломовая	40	0,1	на подъём
25	Четра Т40	I – песок	60	0,15	на подъём
26	834 G	IV – глина ломовая	40	0,1	на подъём
27	844	I – песок	60	0,15	на подъём

3 МЕТОДИКА И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1 Выбор варианта задания

Из таблиц 1, 2 и 3 выписать данные своего варианта в соответствии с номером в журнале посещаемости группы. Из литературных источников найти схему бульдозера,

соответствующую марке, указанной в задании, начертить схему, охарактеризовать конструкцию, устройство и изложить принцип работы бульдозера.

3.2 Проведение тягового расчета бульдозера

3.2.1 Определение тягового усилия бульдозера по мощности базового трактора

Тяговое усилие T_N по мощности базового трактора (тягача) (кН) определяется по формуле:

$$T_N = \frac{N_e \cdot K_{заг} \cdot \eta}{V(1 - \delta)}, \quad (1)$$

где N_e – номинальная мощность двигателя трактора, кВт (данные из табл. 2);

$K_{заг}$ – коэффициент загрузки двигателя трактора:

$K_{заг} = 0,7$ - для тракторов с механической трансмиссией; $K_{заг} = 0,8$ - для тракторов с гидромеханической трансмиссией);

V – скорость движения трактора без загрузки (данные из табл.2: принимать наименьшее значение), м/с;

η – среднее значение коэффициента буксования при рабочем ходе бульдозера ($\eta = 0,18...0,22$) для бульдозера на базе гусеничного трактора; $\eta = 0,35...0,40$ - для бульдозера на базе пневмоколесного тягача);

δ – коэффициент полезного действия трансмиссии и движителя ($\delta = 0,7...0,95$) – меньшие значения соответствуют гидромеханической трансмиссии и колесному движителю).

3.2.2 Определение тягового усилия бульдозера по сцеплению

Тяговое усилие бульдозера T_φ (кН) по сцеплению определяется по формуле:

$$T_\varphi = m \cdot g \cdot \varphi, \quad (2)$$

где m – суммарная масса трактора и бульдозерного оборудования, т (данные из табл. 2);

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

φ – коэффициент использования сцепного веса; $\varphi = 0,7...0,9$ – для гусеничных промышленных тракторов; $0,4...0,45$ – для пневмоколесных тягачей с колесной формулой 4Кх4; $\varphi = 0,37...0,39$ – для пневмоколесных тягачей с колесной формулой 4Кх2).

Для дальнейшего расчета выбираем меньшее из двух полученных значений тяговых усилий T_N или T_φ и обозначаем его T .

3.2.3 Составление уравнения тягового баланса для бульдозера

Уравнение тягового баланса для бульдозера имеет вид (кН):

$$T \geq W_f \cdot W_p \cdot W_{np} \cdot W_{mp}, \quad (3)$$

где W_f – сопротивление перемещению бульдозера, кН;

W_p – сопротивление грунта резанию, кН;

W_{np} – сопротивление перемещению призмы волочения, кН;

$W_{тр}$ – сопротивление от трения грунта перед отвалом, кН.

Определить составляющие уравнения тягового баланса по следующим формулам:

- сопротивление перемещению бульдозера W_f рассчитывается по формуле (кН):

$$W_f = m \cdot g \cdot (f \pm i), \quad (4)$$

где f – коэффициент сопротивления перемещению бульдозера (для гусеничных бульдозеров при движении по свежесрезанному грунту $f = 0,06...0,1$; для бульдозеров на базе пневмоколесных тягачей $f = 0,08...0,15$);

i – уклон местности (при работе под уклон, (см. табл. 1), принимается со знаком минус, при работе на подъем – со знаком плюс);

- сопротивление грунта резанию W_p рассчитывается по формуле (кН):

$$W_p = B \cdot h_{cp} \cdot R, \quad (5)$$

где B – ширина отвала, м (данные из табл. 2);

R – удельное сопротивление резанию, кН/м² (табл. 3).

Глубина резания может изменяться от h_{min} до h_{max} (см. рис. 12), h_{min} принимается равным 0,1м, h_{max} берется из табл. 2.

Средняя глубина резания h_{cp} определяется из выражения:

$$h_{cp} = \frac{h_{min} + h_{max}}{2}, \quad (6)$$

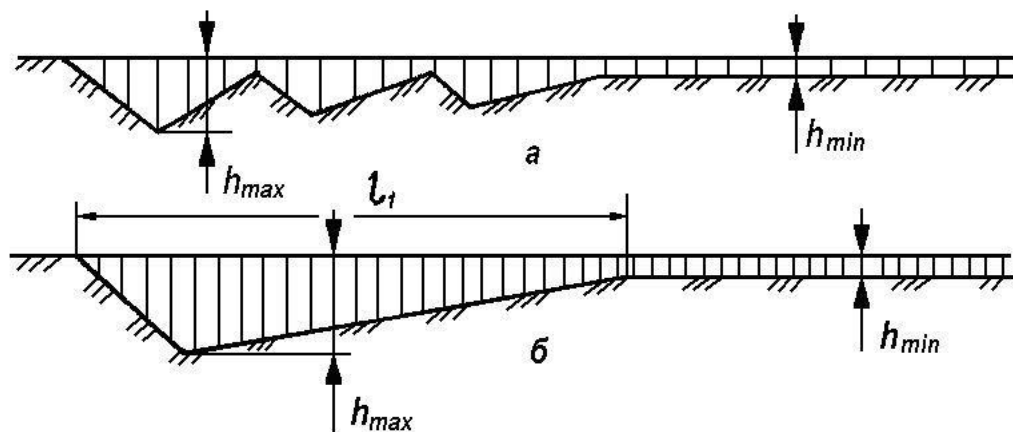


Рисунок 12 - Схема копания грунта бульдозером:
а – действительная; б – расчетная

Сопротивление перемещению призмы волочения $W_{пр}$ (кН) определяется из выражения:

$$W_{пр} = \frac{V_{пр} \cdot K_{пр}}{K_{рх}} \cdot g \cdot \gamma (\mu \pm i), \quad (7)$$

где $V_{пр}$ – объем призмы волочения, м³.

Величина объема призмы волочения может быть рассчитана по формуле:

Таблица 2 - Технические характеристики бульдозеров

№ п.п.	Марка бульдозера	Тип трансмиссии/шасси	Номинальная мощность двигателя трактора, кВт	Скорости движения на различных передачах без нагрузки, м/с			Ширина отвала, м	Высота отвала, м	Эксплуатационная масса трактора, т	Масса бульдозерного оборудования, т	Максимальная глубина опускания отвала, м	Тип отвала
				I	II	Обратный ход						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	D3G XL	гидромеханич./гус.	52	2	3,2	2,4	2,46	0,94	6,34	1,01	0,55	Прямой
2	D4G XL	гидромеханич./гус.	60	2,2	3,6	2,6	2,67	1,03	6,74	1,11	0,57	Прямой
3	ДЗ-42Г	механич./гусенич.	66	1,4	1,47	1,6	2,56	0,80	5,84	1,07	0,20	Прямой
4	D5G XL	гидромеханич./гус.	67,1	2,6	4,1	2,9	2,69	1,10	7,67	1,25	0,63	Прямой
5	D5N XL	механич./гусенич.	86	3,1	5,4	3,8	3,08	1,11	10,89	1,93	0,43	Поворотный
6	ДЗ-101А	механич./гусенич.	95,5	0,97	1,14	0,9...1,0	2,80	0,99	8,45	1,70	0,35	Прямой
7	D6N LGP	механич./гусенич.	104	3,3	5,8	4,0	4,08	1,03	14,11	2,82	0,43	Прямой
8	Четра Т9	гидромеханич./гус.	110	3,8	6,9	5,0	3,16	1,27	15,23	2,12	0,50	Полусферич.
9	ДЗ-109Б	механич./гусенич.	118	0,89	1,06	1,78	4,12	1,00	14,03	2,25	0,54	Поворотный
10	ДЗ-110	механич./гусенич.	118	0,89	1,06	1,66	3,22	1,15	13,80	2,50	0,50	Прямой
11	D6R	механич./гусенич.	123	3,8	6,6	4,9	4,16	1,03	15,33	2,73	0,51	Поворотный
12	ДЗ-171.1	механич./гусенич.	128,7	1,03	1,01	1,5	3,20	1,30	16,00	2,02	0,40	Прямой
13	Четра Т11М	гидромеханич./гус.	136	3,7	6,7	4,9	4,19	1,16	22,98	2,53	0,55	Прямой
14	Четра Т11С	гидромеханич./гус.	138	3,6	6,7	4,9	4,31	1,15	18,70	3,08	0,47	Поворотный
15	Б14	гидромеханич./гус.	158	0...3,42	0...6,07	0...4,25	3,86	1,22	22,07	2,83	0,52	Прямой
16	D7R XR	механич./гусенич.	179	3,7	6,4	4,8	4,5	1,11	21,78	3,53	0,67	Поворотный
17	814F	механич./колесн.	179	5,8	10,2	6,6	3,6	1,1	17,97	3,74	0,53	Прямой
18	D8R	механич./гусенич.	228	3,5	6,2	4,7	4,99	1,17	21,30	5,46	0,63	Поворотный
19	ДЭТ-400	электр.мех/гус	275	0...5,7	-	0...15,7	4,25	1,23	40,32	5,03	0,50	Полусферич.
20	824 GсерII	механич./колесн.	235	6,1	10,5	6,9	4,51	1,23	23,59	5,14	0,43	Прямой
21	D9R	механич./гусенич.	306	3,9	6,8	4,8	4,65	1,93	42,01	7,13	0,61	Полуниверсал.
22	Четра Т35	гидромеханич./гус.	360	4,4	7,9	5,4	5,06	2,10	51,08	9,70	0,71	Сферический
23	Четра Т35Л	гидромеханич./гус.	382	4,4	7,9	5,4	4,67	2,21	53,94	7,02	0,72	Прямой.
24	D10R	механич./гусенич.	433	4,0	7,1	5	4,86	2,12	55,17	10,23	0,67	Полуниверсал.
25	Четра Т40	гидромеханич./гус.	435	4,2	7,7	5,2	4,73	2,65	54,83	10,31	0,75	Полусферич.
26	834 G	механич./колесн.	358	6,7	11,8	7,0	5,07	1,47	40,23	6,88	0,46	Прямой
27	844	механич./колесн.	463	7,0	12,2	7,7	5,15	1,44	54,69	15,67	0,47	Универсальн.

$$V_{np} = \frac{B \cdot H^2}{2 \operatorname{tg} \varphi_1}, \quad (8)$$

где H – высота отвала бульдозера (табл. 2 и рис.13), м;

φ_1 – угол естественного откоса грунта в движении ($\varphi_1 = 20...50^\circ$ – меньшее число для сыпучих грунтов, большее – для связных);

$K_{рх}$ – коэффициент разрыхления грунта (табл. 3);

K_{np} – поправочный коэффициент к объему призмы волочения, зависящий от соотношения высоты и ширины отвала, а также физико-механических характеристик разрабатываемого грунта (см. табл. 4);

γ – объемная масса грунта, т/м³ (табл. 3);

μ – коэффициент трения грунта по грунту ($\mu = 0,4...0,8$ возрастает с уменьшением связности).

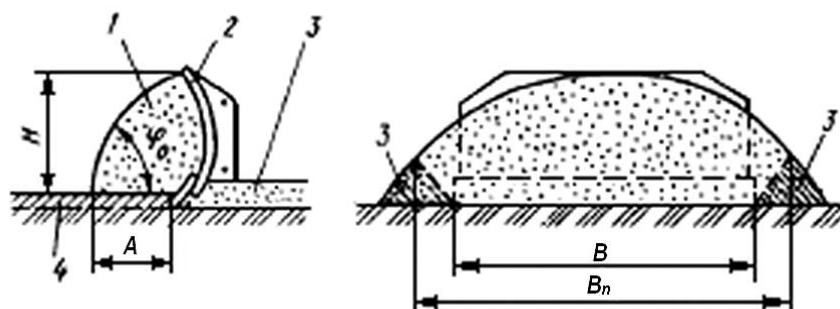


Рисунок 13 – Призма волочения грунта:

1-призма; 2-отвал; 3-валики боковые; 4-стружка

Таблица 3 - Параметры грунтов

Группа и тип грунта	Объемная масса грунта, т/м ³	Коэффициент разрыхления, $K_{рх}$	Удельное сопротивление резанию, R , кН/м ²	Коэффициент трения грунта по металлу, μ_1
I – песок	1,4...1,8	1,1...1,2	19,6...100,2	0,35
II – суглинок легкий	1,5...1,8	1,16...1,25	93,1...176,4	0,4
III – суглинок плотный	1,6...1,9	1,2...1,3	166,3...284,2	0,5
IV – глина ломовая	1,9...2,0	1,25...1,35	313,6...480,2	0,8

Таблица 4 - Поправочные коэффициенты к объему призмы волочения

Типы грунтов	Отношение H/B	0,15	0,30	0,35	0,40	0,45
связные	K_{np}	1,43	1,25	1,18	1,10	1,06
несвязные		0,87	0,83	0,80	0,77	0,67

Если значение соотношения высоты и ширины отвала H/B для конкретного бульдозера находится в промежутке между значениями, указанными в табл. 4, то необходимо построить на миллиметровой бумаге или с использованием графического редактора «Компас» график функции $K_{np} = f(H/B)$ согласно с (рис.14) и графически определить поправочный коэффициент K_{np} для расчетного значения H/B .

В качестве примера выбран бульдозер марки D3G XL, у которого соотношение $H/B = 0,38$. Для построения графика рекомендуется выбрать масштаб, при котором значение H/B на оси абсцисс 0,15 соответствует отрезку длиной равному 45мм, а для

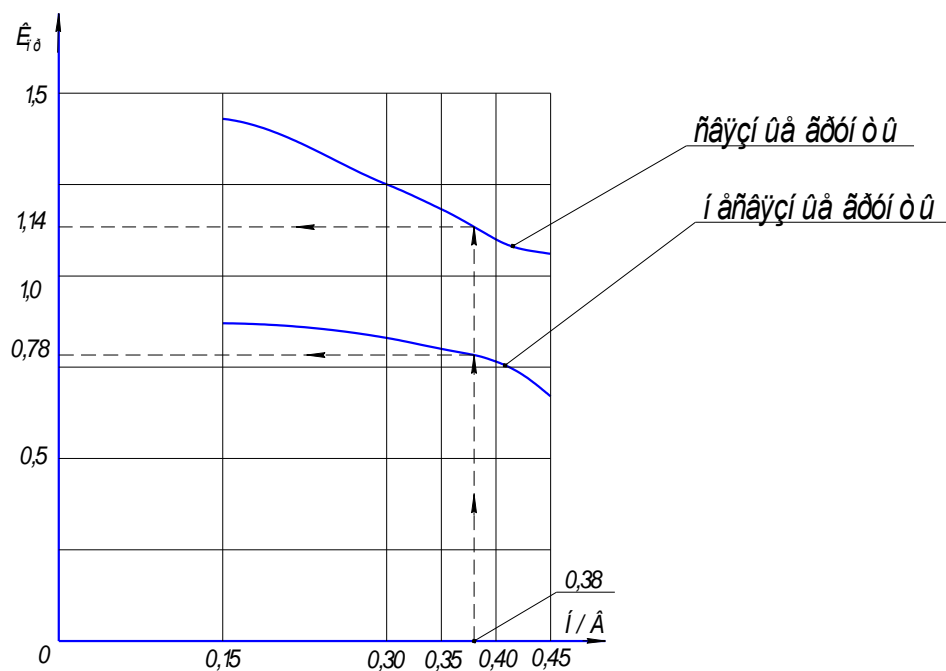


Рисунок 14 – График для определения поправочного коэффициента K_{np}

значений поправочного коэффициента K_{np} масштаб на оси ординат следует выбрать равным $\mu_K = 0,01/\text{мм}$.

В зависимости от группы и типа грунта, который разрабатывает бульдозер строится только один график функции $K_{np} = f(H/B)$. Для песка и лёгкого суглинка (I и II группы) характерен нижний график – «несвязные грунты», а для плотного суглинка и ломовой глины (III и IV группы) характерен верхний график – «связные грунты».

Каждый из графиков строится по точкам, значения которых приведены в табл. 4 с учётом выбранного масштаба. Полученные точки соединяются плавной кривой по лекалу или кривой Безье.

Отложив на оси абсцисс соотношение $H/B = 0,38$, проводят перпендикуляр до пересечения с соответствующей кривой. Из полученных точек проводят горизонтальные линии до пересечения с осью ординат, на которой графически определяются величины поправочного коэффициента K_{np} . На несвязных грунтах он соответствует $K_{np} = 0,78$, а на связных - $K_{np} = 1,14$.

Полученные результаты используются для расчёта по формуле (7) величины сопротивления перемещению призмы волочения W_{np} .

Сопротивление от трения грунта перед отвалом $W_{тр}$ (кН) определяется по формуле:

$$W_{тр} = \frac{V_{np} \cdot K_{np}}{K_{рх}} \cdot g \cdot \gamma \cdot \mu_1 \cdot \cos \alpha, \quad (9)$$

где μ_1 – коэффициент трения грунта по металлу (см. табл. 3);
 α – угол резания (для поворотных и универсальных отвалов регулируется винтовыми или гидравлическими раскосами-толкателями 4 (см. рис.3) и выбирается в пределах $\alpha = 45...60^\circ$). Для прямых отвалов $\alpha = 0^\circ$

3.2.4 Определение необходимого тягового усилия при резании грунта

Тяговое усилие при резании грунта $T_{рез}$ (кН) вычисляется по формуле:

$$T_{рез} = T - (W_f + W_{np} + W_{mp}), \quad (10)$$

В результате проведенного расчета может быть получены три варианта значений тягового усилия при резании грунта:

а) если $T_{рез} < 0$ или $T < (W_f + W_{np} + W_{mp})$, то бульдозер не может разрабатывать данный грунт и необходимо выбрать бульдозер со следующим по порядку большим тяговым классом базового трактора и повторить расчет по зависимостям (1...10);

б) если $T_{рез} \geq 0$ и $T \geq (W_f + W_{np} + W_{mp})$, а $T_{рез} < W_p$, то бульдозер может работать в данных грунтовых условиях, но с толщиной стружки меньше принятой. Рекомендуется выполнить действия, предусмотренные в п. 3.2.5. Если толщина стружки, рассчитанная по формуле (13), значительно меньше величины, полученной, в п. 3.2.3 по формуле (6), что отрицательно отразится на производительности бульдозера, то следует воспользоваться рекомендациями, указанными в варианте а;

в) если $T_{рез} \geq 0$ и $T \geq (W_f + W_{np} + W_{mp})$, а $T_{рез} > W_p$, то бульдозер может работать в данных грунтовых условиях с толщиной стружки, равной или больше принятой, но расчетная толщина стружки не должна быть больше максимальной глубины опускания отвала (см. табл. 2), что не позволяют сделать конструктивные особенности подвески отвала (длина штоков гидроцилиндров). Поэтому необходимо определить допустимую толщину срезаемого слоя.

3.2.5 Определение допустимой средней толщины стружки срезаемого грунта

Практически набор грунта в призму волочения производится по ступенчатой схеме (см. рис.3, а). Для теоретического расчета допустимой средней толщины стружки h'_{cp} срезаемого слоя воспользуемся схемой на (рис.3, б).

Для этого необходимо воспользоваться формулой (6), при этом, учитывая, что максимальная толщина стружки в начале процесса копания h'_{max} (м) может быть рассчитана по формуле:

$$h'_{max} = \frac{T - W_f}{B \cdot R}, \quad (11)$$

Толщина стружки грунта в конце процесса резания h'_{min} (м) определяется по формуле:

$$h'_{min} = \frac{T - (W_f + W_{np} + W_{mp})}{B \cdot R}, \quad (12)$$

Средняя толщина стружки в процессе резания h'_{cp} (м) составит:

$$h'_{cp} = \frac{h'_{min} + h'_{max}}{2}, \quad (13)$$

По результатам расчетов в случаях пп. 3.2.4б и 3.2.4в следует провести необходимые сопоставления соответствующих толщин стружки и сделать заключение о правильности выбора бульдозера.

3.3 Определение технико-эксплуатационных показателей работы бульдозера

3.3.1 Определение технической производительности бульдозера

Техническая производительность бульдозера ($m^3/ч$) определяется по формуле:

$$P_m = \frac{3600 \cdot V_{np} \cdot K_{np}}{T_{\text{ц}} \cdot K_{\text{рх}}} \cdot K_k \cdot K_y \cdot K_c \cdot K_{\text{фо}}, \quad (14)$$

где K_k – коэффициент учета квалификации машиниста (при управлении гусеничным бульдозером машинистом высокой квалификации $K_k = 1$, средней квалификации $K_k = 0,85$, низшей квалификации $K_k = 0,65$; при управлении колесным бульдозером K_k соответственно равен $1; 0,7; 0,55$);

K_y – коэффициент учета влияния уклона местности:

- принимают при работе **на подъем** при уклоне: $0 \dots 0,05$, $K_y = 1 \dots 0,67$;
при уклоне: $0,05 \dots 0,1$, $K_y = 0,67 \dots 0,5$;
при уклоне: $0,1 \dots 0,15$, $K_y = 0,5 \dots 0,9$;
- принимают при работе **под уклон** при уклоне: $0 \dots 0,05$, $K_y = 1,0 \dots 1,33$;
при уклоне: $0,05 \dots 0,1$, $K_y = 1,33 \dots 1,94$;
при уклоне: $0,1 \dots 0,15$, $K_y = 1,94 \dots 2,25$.

Если значение уклона местности находится внутри интервала, то конкретные величины K_y определяются путем составления пропорции;

K_c – коэффициент сохранения грунта при транспортировании ($K_c = 1 - 0,005L$, где L – длина пути перемещения грунта, м);

$K_{\text{фо}}$ – коэффициент влияния на производительность формы отвала: для прямого отвала (неповоротного и поворотного) $K_{\text{фо}} = 1$; для полу- и сферического отвала $K_{\text{фо}} = 1,2$);

$T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла работы бульдозера, с.

Продолжительность цикла рабочего процесса бульдозера (с) определяется выражением:

$$T_{\text{ц}} = t_1 \cdot t_2 \cdot t_3 \cdot t_4, \quad (15)$$

где t_1, t_2, t_3 – соответственно время, затрачиваемое на набор грунта, его перемещение и холостой (обратный), ход, с;

t_4 – время вспомогательных операций, $t_4 = 20 \dots 30$ с.

3.3.2 Определение длины участка резания грунта

Длина участка резания l_1 (см. рис.12) может быть определена из выражения, м:

$$l_1 = \frac{V_{np}}{F \cdot K_{\text{рх}}} = \frac{V_{np}}{B \cdot h_{\text{ср}} \cdot K_{\text{рх}}}, \quad (16)$$

где F – средняя площадь поперечного сечения срезаемого слоя, м²;

$h_{\text{ср}}$ – средняя глубина копания рассчитанная по формуле (6).

3.3.3 Определение составляющих продолжительности цикла работы бульдозера

Время, затрачиваемое, на набор грунта t_1 определяется выражением:

$$t_1 = \frac{l_1}{V_p}, \quad (17)$$

где V_p – скорость резания грунта (резание или набор грунта производится на I-ой передаче или на низшей скорости для бульдозера с гидромеханической трансмиссией (см. табл. 2), м/с.

Скорость резания грунта V_p рассчитывают из выражения:

$$V_p = V_1 \cdot (1 - \delta), \quad (18)$$

где V_1 - скорость движения бульдозера без нагрузки на низшей передаче (скорости), (см. табл. 2), м/с.

δ – коэффициент полезного действия трансмиссии и двигателя, (см. ф-лу 1).

Время, затрачиваемое, на перемещение грунта t_2 вычисляется по формуле:

$$t_2 = \frac{L - l_l}{V_{пер}}, \quad (19)$$

где $V_{пер}$ – скорость перемещения грунта (перемещение грунта происходит на 2-ой передаче (см. табл. 2), для бульдозеров с гидромеханической трансмиссией низшая скорость умножается на 1,25), м/с.

Скорость перемещения грунта $V_{пер}$ можно определить из выражения:

$$V_{пер} = V_{II} \cdot (1 - \delta_{II}), \quad (20)$$

где δ_{II} – коэффициент буксования на 2-й передаче, ($\delta_{II} = 0,07...0,1$).

V_{II} – скорость перемещения грунта на 2-й передаче, м/с. (см. табл. 2).

Время холостого (обратного) хода t_3 рассчитывается по формуле:

$$t_3 = \frac{L}{V_{ох}}, \quad (21)$$

где $V_{ох}$ – скорость обратного хода бульдозера (см. табл. 2), м/с.

Полученные результаты подставляем в формулу (15) и определяем продолжительность цикла рабочего процесса бульдозера $T_{ц}$. После этого по формуле (14) находим техническую производительность бульдозера.

4 ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ГРУНТА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУЛЬДОЗЕРА

Основным объектом разработки в строительстве являются песчаные, глинистые, крупнообломочные и полускальные грунты. Землеройные машины рассчитаны на разработку главным образом этих грунтов.

На процесс взаимодействия рабочего органа землеройной машины с грунтом существенное влияние оказывают физико-механические свойства грунта. В связи с этим при выборе типа машины для земляных работ надо учитывать характерные свойства и состояние разрабатываемых грунтов. Наиболее важные с этой точки зрения свойства грунтов — сопротивление разработке и устойчивость их как основания, на котором установлена машина, определяются в основном гранулометрическим составом и физико-механическими свойствами грунта.

К физическим свойствам грунтов относятся объемная масса, влажность, пористость, плотность, пластичность, угол внутреннего трения, разрыхляемость, водопроницаемость и др. К механическим свойствам - прочность (несущая способность), сопротивление сдвигу (сцепление) и др.

При выполнении одинакового вида работ производительность бульдозеров меняется в зависимости от группы и состояния разрабатываемого грунта. Так, при разработке песчаных грунтов сопротивление их перемещению увеличивается и на преодоление этого сопротивления затрачивается значительная мощность двигателя. Сопротивление грунта внешнему трению рабочих органов машин относится к числу наиболее существенных факторов рабочего процесса машин для земляных работ.

Во время транспортировки песчаного грунта большая часть его теряется по пути, ссыпаясь по сторонам отвала. При разработке тяжелых глинистых и переувлажненных пылеватых грунтов производительность бульдозера снижается вследствие значительного сопротивления этих грунтов резанию и большой плотности. Наиболее продуктивно бульдозеры работают в супесчаных и суглинистых грунтах, имеющих нормальную влажность (10... 15%). Объем одновременно перемещаемого супесчаного или суглинистого грунта нормальной влажности примерно в 1,5 раза превышает объем глинистого или сухого песчаного грунта при прочих равных условиях.

Производительность бульдозеров резко снижается при разработке плотных грунтов, так как в этих условиях затрачивается много времени на рыхление грунта ножами. В отдельных случаях, особенно если разрабатывается грунт, предварительно уплотненный транспортом или другими способами (разработка грунта на дорогах, разработка слежавшихся насыпей и т. п.), врезание ножа отвала в грунт оказывается практически невозможным.

5 ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУЛЬДОЗЕРОВ

Наиболее высокая эксплуатационная производительность бульдозеров может быть достигнута при условии, если работа этих машин на каждом объекте выполняется по предварительно разработанной схеме организации и технологии ведения работ.

Анализ приведенных формул и их составляющих элементов позволяет наметить рациональные способы работы с целью повышения производительности машины. Они направлены на сокращение рабочего цикла и увеличение объема призмы волочения, повышение производительности и сменной выработки бульдозера. Для уменьшения рабочего цикла важно повышать скорость выполнения рабочих операций.

Для увеличения объема призмы волочения используют следующие рациональные способы (рис. 15).

Движение бульдозера по одному и тому же следу (*I*) позволяет образовать после двух-трех проходов боковые валики достаточной высоты. Благодаря этому уменьшаются боковые утечки грунта и объем призмы волочения возрастает.

Траншейный способ разработки грунта (*II*) увеличивает объем призмы волочения, так как боковые стенки траншеи удерживают материал перед отвалом. Этот способ в основном используют для земляных работ бульдозерами.

Спаренная работа двух-трех бульдозеров (*III*) способствует увеличению массы перемещаемого грунта, так как ограничивается высыпание грунта в боковые валики между машинами. Спаренная работа требует внимательности и взаимопонимания машинистов.

Работа бульдозера под уклон увеличивает скорость движения и объем призмы волочения (*IV*). Этот способ следует чаще использовать при уклоне рабочей местности и

на ровной площадке во время отрывки котлованов.

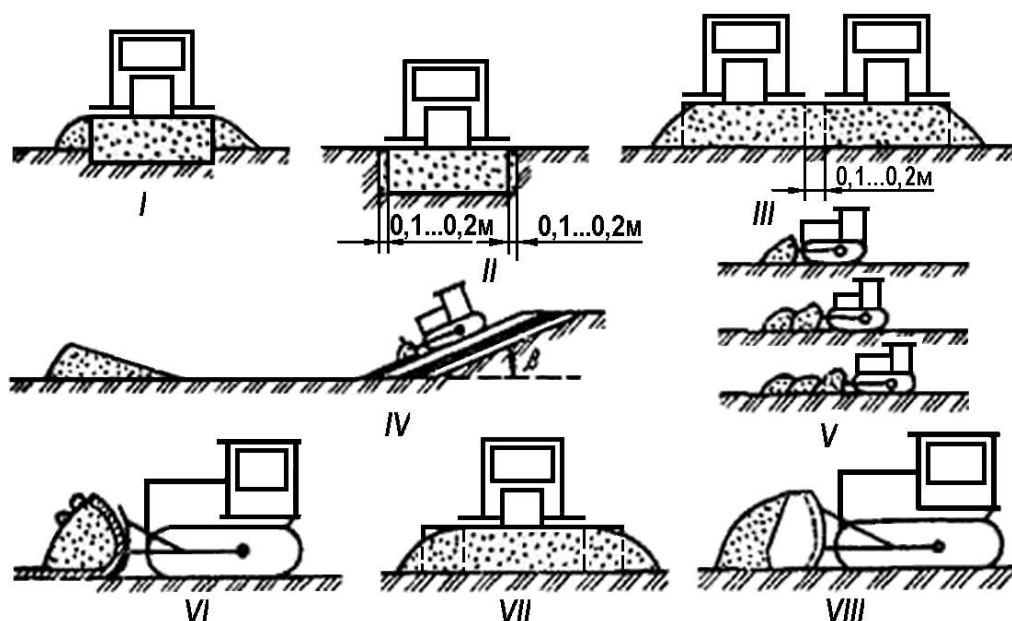


Рисунок 15 – Схемы способов повышения производительности бульдозеров

Перемещение двойной и тройной призмы волочения (V) способствует повышению производительности. Призму волочения, набранную при первом проходе, оставляют по середине пути рабочего хода. К этому же месту доставляют вторую призму, перемещая удвоенный объем грунта на некоторое расстояние дальше. К этому месту доставляют третью призму и массу разрыхленного материала перемещают к месту укладки.

Выбор оптимального угла резания γ (VI) в зависимости от плотности и влажности грунта имеет большое значение. При работе на влажных грунтах он должен составлять $45...50^\circ$. Стружка грунта будет подниматься выше отвала, опускаясь в верхней зоне от козырька, и способствовать образованию призмы волочения большего объема. Во время работы на насыпных грунтах для роста призмы увеличивают угол резания до $60...65^\circ$.

Увеличению массы перемещаемого материала способствует использование уширителей и удлинителей (VII) за счет увеличения ширины отвала. Дополнительное оборудование рационально применять и на планировочных работах.

Открылки, установленные на боковинах отвала, повышают объем призмы волочения и, следовательно, производительность машины (VII).

Дополнительное оборудование повышает эффективность машины только на разработке легких грунтов и насыпных штабелированных материалов. В противном случае перегружаются двигатель, трансмиссия и ходовая часть и снижается надежность работы машины.

Важными факторами повышения производительности машин являются повышение коэффициента использования машины по времени, снижение потерь времени по организационным причинам (определение фронта работ, перемещение с объекта на объект), уменьшение простоев машин из-за поломок и неисправностей путем своевременного проведения профилактических мероприятий и технического обслуживания машин.

Значительного повышения производительности бульдозеров можно добиться при правильном использовании рельефа местности. Перемещая грунт под уклон 10...120, бульдозер может на 30...40% повысить выработку по сравнению с работой на горизонтальном участке, и, наоборот, при перемещении грунта на подъем 10° производительность бульдозера снижается почти вдвое.

Для повышения производительности бульдозеров в условиях разработки плотных грунтов применяют предварительное рыхление грунтов специальными прицепными и навесными рыхлителями или установленными на отвал бульдозера рыхлительными зубьями.

Современные тенденции увеличения производительности бульдозеров — увеличение единичной их мощности, что не только повышает производительность этих машин, включая выработку на единицу установленной мощности базовой машины (трактора), но и несколько снижает себестоимость бульдозерных работ. С этим связано также и увеличение мощности и давления гидропривода управления рабочим органом бульдозера. Повышенная мощность и давление гидропривода обеспечивают значительное заглубление отвала в грунт, что дает возможность вести разработку более толстыми пластами, тем самым повышать и производительность бульдозеров.

К мероприятиям, повышающим эффективность использования бульдозеров, относится также применение ножей отвала из износостойких сплавов. Так, если в среднем ножи бульдозера при разработке грунтов II и III групп должны меняться через 720...960ч, а при разработке грунтов IV группы через 480...720ч, то ножи, изготовленные из износостойких сплавов (с наплавкой твердосплавных материалов), могут меняться через 1500...2000ч, т. е. срок службы последних в 2 раза выше, чем первых.

На производительность бульдозеров значительное влияние оказывают выбранная форма отвала и принятые угловые его значения. Так, при недостаточной высоте отвала грунт в процессе копания и перемещения пересыпается за его верхнюю кромку, поэтому для устранения потерь грунта, а соответственно и уменьшения производительности бульдозеров отвалы их снабжаются козырьками. При малых значениях углов резания требуется меньше усилий на отделение грунта от основного массива, но затрудняется внедрение ножа отвала в грунт. Угол наклона положения отвала оказывает влияние как на затраты усилий при копании так и на набор грунта перед отвалом. При меньших значениях этого угла требуется меньше усилий, но при малых углах наклона наблюдается пересыпание грунта через отвал. Кривизна отвальной поверхности также влияет на затраты усилий при копании и наборе грунта перед отвалом; при значительной крутизне отвала требуется больше усилий.

6 УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА ПО РАБОТЕ

Для оформления отчета необходимо выполнить следующие действия:

а – описать методику тягового расчёта бульдозера и его производительности с представлением всех расчётных формул и параметров, вычисленных с их помощью. Для этого в формулы подставляются соответствующие цифровые значения вместо буквенных выражений. Результаты расчетов необходимо представить в виде таблицы (табл. 5);

б – по заданию преподавателя ответить письменно на 5 вопросов из списка вопросов для самоконтроля (см. раздел 7).

Таблица 5 Результаты расчетов параметров функционирования бульдозера

$T_N,$ (кН)	$T_\phi,$ (кН)	$T,$ (кН)	$W_f,$ (кН)	$W_p,$ (кН)	$W_{np},$ (кН)	$W_{mp},$ (кН)	$T_{рез},$ (кН)	$h_{cp(6)},$ м	$h_{cp(13)},$ м	$T_{ц},$ с	$ПТ,$ м ³ /ч

в - выполнить чертеж (схему) бульдозера согласно варианту задания по аналогии с (рис. 1 и 2, см. Приложения 1 и 2) с указанием основных элементов конструкции.

Пример оформления титульного листа РПЗ представлен в Приложении 1

7 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1.Опишите устройство и принцип действия бульдозера.
- 2.Из каких элементов состоит рабочий цикл бульдозера?
- 3.Какие операции входят в состав вспомогательных операций рабочего цикла бульдозера?
- 4.Как меняется производительность бульдозера при изменении дальности транспортирования грунта?
- 5.Какие типы бульдозерных отвалов Вы знаете?
- 6.За счет каких конструктивных изменений можно увеличить производительность бульдозера?
- 7.За счет каких технологических и организационных мероприятий можно повысить производительность бульдозера?
- 8.Какие операции позволяет выполнить гидравлический (или механический) раскос?
- 9.Какие функции выполняет толкающий брус бульдозера?
- 10.За счет какого элемента гидросистемы бульдозера можно обеспечить заглубление отвала на глубину резания?
- 11.Что должно иметь большую ширину: отвал или трактор по габариту гусениц? И почему?
12. Как осуществляется поворот бульдозера?
13. Как учитывается уклон местности в тяговом расчете бульдозера?
- 14.При одинаковых мощности ДВС и массе трактора у каких бульдозеров гусеничных или колесных будет большее тяговое усилие?
- 15.Как повлияет на производительность бульдозера установка отвала с большими габаритными размерами?
- 16.Каким элементом гидросистемы можно обеспечить установку отвала бульдозера в режим перекоса для рыхления грунта?
- 17.Какие типы отвалов позволяют менять угол поворота отвала в плане?
- 18.На какие расстояния бульдозер осуществляет перемещение грунта?
- 19.По каким признакам классифицируются бульдозеры?
- 20.У каких бульдозеров, гусеничных или колесных больше удельное давление на грунт? Почему?
- 21.Какие элементы входят в состав уравнения тягового баланса бульдозера?
- 22.Объясните физический смысл составляющих в уравнении тягового баланса бульдозера.

23. Сравните два типа ходового оборудования. Укажите преимущества и недостатки гусеничного и колесного ходового оборудования.
24. У каких тракторов рабочие и транспортные скорости выше, с гусеничным или колесным ходовым оборудованием?
25. Какие типы управления бульдозерным оборудованием Вам известны?
26. Как влияет ширина отвала бульдозера на производительность?
27. Какими элементами конструкции бульдозера регулируется угол резания бульдозера?
28. Каким техническим параметром бульдозера ограничивается глубина резания?
29. Как влияет изменение продолжительности рабочего цикла бульдозера на его производительность?
30. Как влияет номинальная мощность на величину тягового усилия по мощности бульдозера?
31. Как влияет масса бульдозера на величину тягового усилия по сцеплению?
32. Как влияют параметры грунтов на работу бульдозера, на примере составляющих уравнения тягового баланса?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Раннев, А.В. Устройство и эксплуатация дорожно-строительных машин: учебник для нач. проф. образования / А.В. Раннев, М.Д. Полосин. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 488с.: ил.
2. Полосин, М.Д. Машинист бульдозера: учеб. пособие / М.Д. Полосин, Э.Г. Ронинсон. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 64с.: ил.
3. Гончаров, Н.В. Строительные машины: учеб. пособие / Н.В. Гончаров. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2012. – 72с.: ил.
4. Белецкий, Б.Ф. Строительные машины и оборудование: учеб. пособие / Б.Ф. Белецкий, И.Г. Булгакова. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2012. – 606с.: ил.
5. Машины для земляных и строительно-монтажных работ: учеб. пособие / Р.А. Янсон, А.Б. Агапов, А.А. Демин, Е.В. Кошкарев. – М.: Изд-во АСВ, 2012. – 358с.: ил.
6. Шестопалов, К.К. Машины для земляных работ: учеб. пособие / К.К. Шестопалов; МАДИ – М., 2011. – 145с.: ил.
7. Коншин, В.М. Изучение конструкции и выбор бульдозеров для конкретных условий эксплуатации: методические указания к лабораторным и практическим работам / В.М. Коншин, Е.С. Локшин, С.Е. Сабуренков. – М.: МАДИ, 2015. – 24 с.: ил.
8. Техничко-эксплуатационные характеристики машин компании CATERPILLAR: справочник. – Пеория, Иллинойс, США: Caterpillar inc, 2003. – 620 с.: ил.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БУЛЬДОЗЕРАХ	5
1.1 Основы технологии бульдозерных работ.....	
2 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ	8
3 МЕТОДИКА И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	9
3.1 Выбор варианта задания	9
3.2 Проведение тягового расчета бульдозера	10
3.2.1 Определение тягового усилия бульдозера по мощности базового трактора...	10
3.2.2 Определение тягового усилия бульдозера по сцеплению	10
3.2.3 Составление уравнения тягового баланса для бульдозера.....	11
3.2.4 Определение необходимого тягового усилия при резании грунта	16
3.2.5 Определение допустимой средней толщины стружки срезаемого грунта.....	17
3.3 Определение технико-эксплуатационных показателей работы бульдозера.....	17
3.3.1 Определение технической производительности бульдозера	17
3.3.2 Определение длины участка резания грунта.....	18
3.3.3 Определение составляющих продолжительности цикла работы бульдозера	18
4 ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ГРУНТА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУЛЬДОЗЕРА.....	
5 ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУЛЬДОЗЕРОВ.....	
6 УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА ПО РАБОТЕ.....	19
7 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ	20
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	22
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	

ПРИЛОЖЕНИЯ

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ОБЛАСТНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ИВАНОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

Допустить к защите

Руководитель: (Иванов И.И.)

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К КУРСОВОЙ РАБОТЕ НА ТЕМУ:

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ
БУЛЬДОЗЕРА

Выполнил: студент ... курса ...-й группы
Петров Н.И.

Работа защищена на оценку

Росписи членов комиссии:

...../...../
...../...../
...../...../

ИВАНОВО, 2024

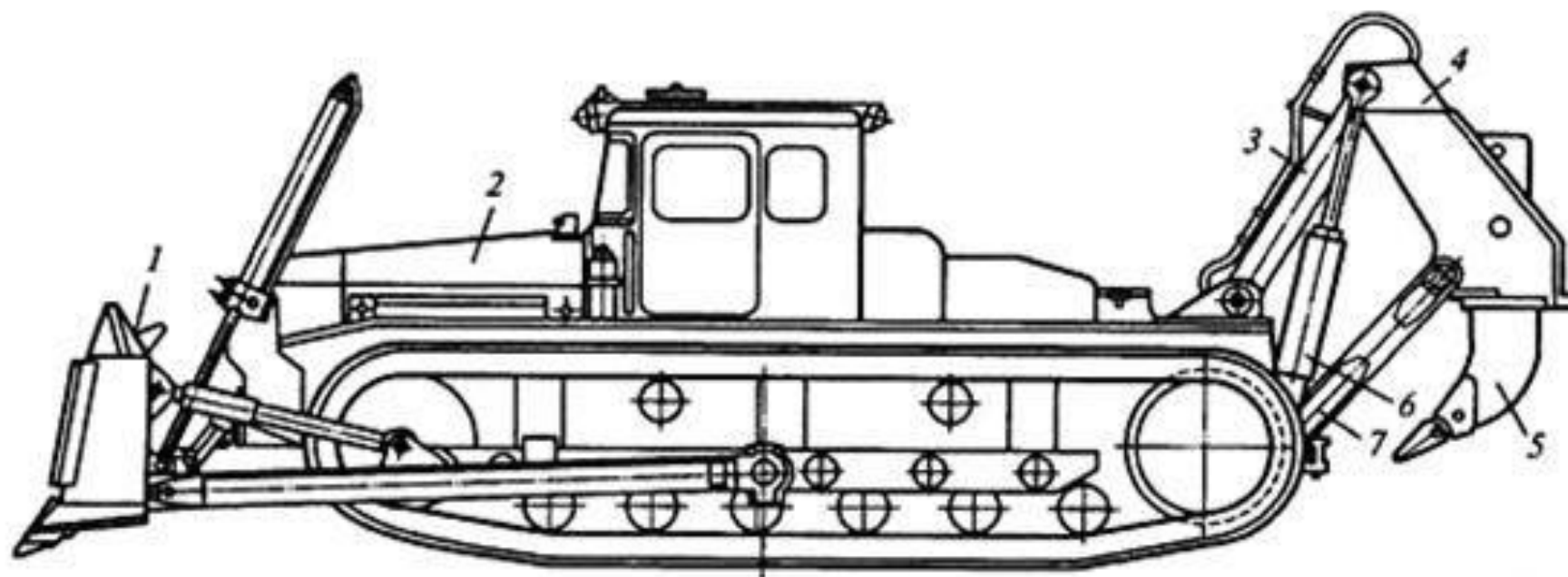


Рисунок 1 – Общее устройство бульдозера ДЭТ-250М2Б1Р1:

1 – оборудование бульдозерное; 2 – база трактора; 3 - тяга верхняя; 4 – балка рабочая; 5 – зуб; 6 – гидроцилиндры управления рыхлителем. 7 - тяга нижняя

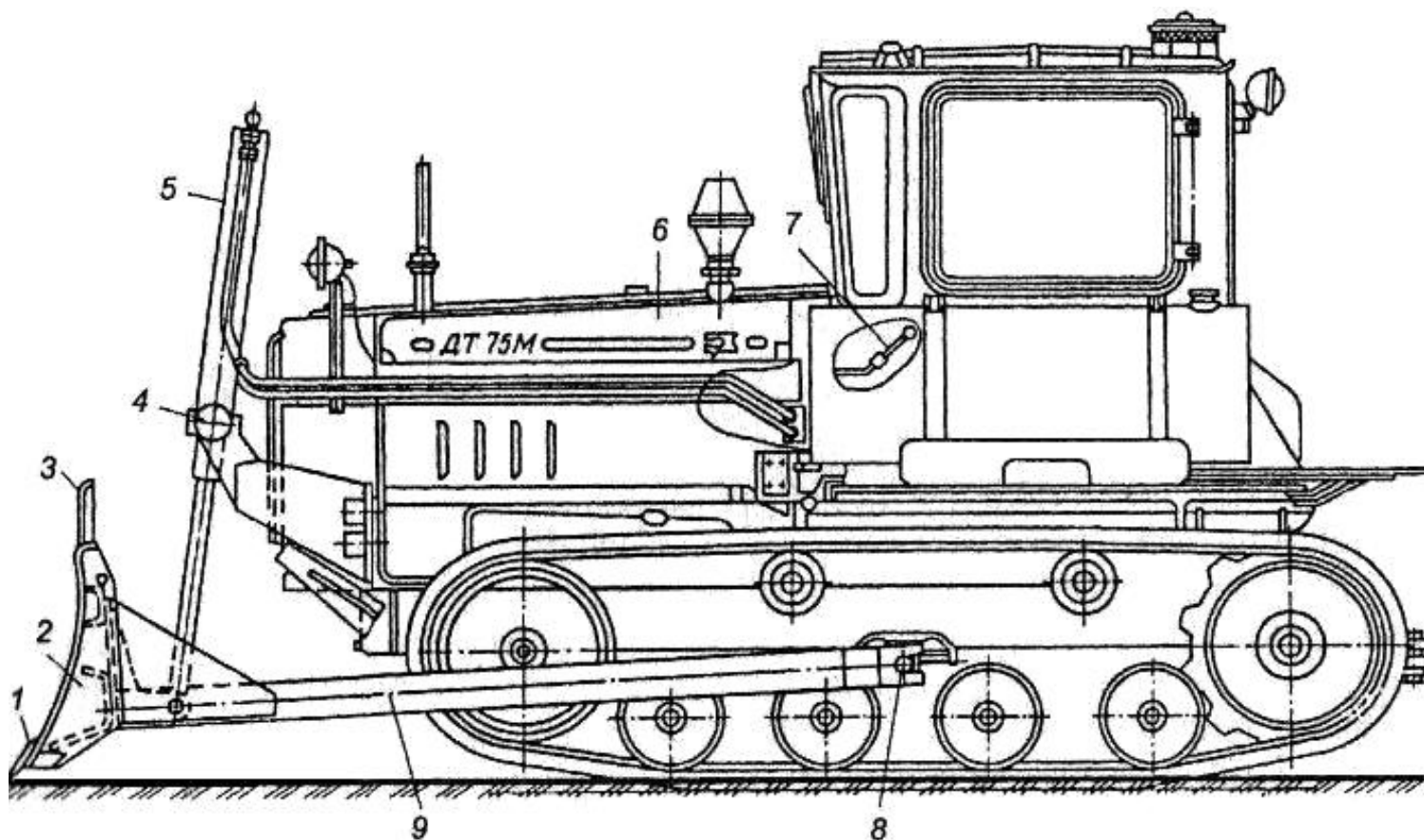


Рисунок 2 – Бульдозер ДЗ-42Г:

1-нож; 2 – отвал; 3 – козырёк; 4 – кронштейн; 5 – гидроцилиндр подъёма-опускания отвала; 6 – трактор ДТ- 75М; 7 – рычаг управления секцией гидрораспределителя; 8 – балка поперечная с цапфами; 9 – брус толкающий