

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Российский государственный политехнический университет
(НПИ) имени М.И. Платова

Г.М. Симилейский

ПРАКТИКУМ по дисциплине МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ



Новочеркасск
ЮРГПУ (НПИ)
2017

УДК 621.87+625.7
ББК 38.623-5-02я73
С71

Рецензенты:

д-р техн. наук **М.Н. Хальфин** (ЮРГПУ(НПИ))
д-р. техн. наук **В.П. Максимов** (ЮРГПУ(НПИ))

Г.М. Симилайский

Практикум по дисциплине «Машины для земляных работ»:/ Г.М. Симилайский; Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. - Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2017. - 111 с.

Практикум по дисциплине "Машины для земляных работ" составлен в соответствии с направлением подготовки 23.03.02 (академический бакалавр) "Наземные транспортно-технологические комплексы" направленности "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование", включает методические указания для практических занятий, лабораторных работ, расчетно-графического задания.

Предназначен для использования студентами дневной формы обучения на практических занятиях, лабораторных работах при изучении конструкций машин для земляных работ, при выполнении расчетно-графического задания, курсовых проектов и выпускной квалификационной работы.

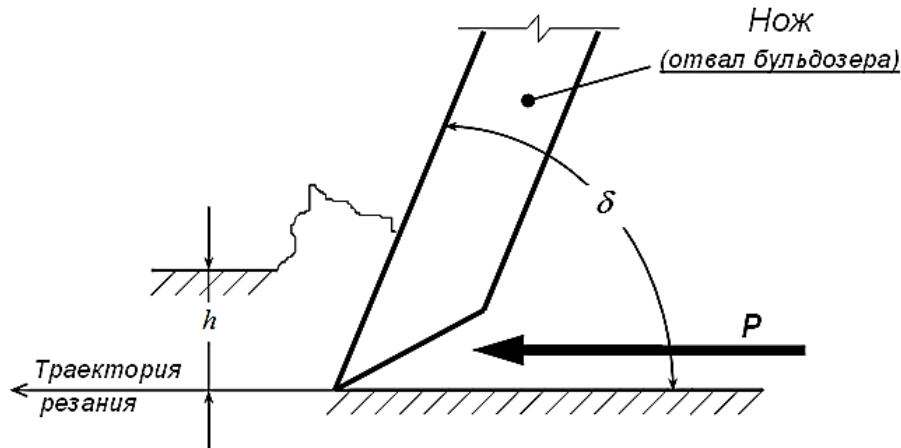
УДК 621.87+625.7
ББК 38.623-5-02я73

© Южно-Российский государственный
политехнический университет
(НПИ) имени М.И.Платова, 2017

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Практическое занятие № 1

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ГРУНТА БУЛЬДОЗЕРОМ



Задание

Рассчитать максимальную силу резания грунта P ножом бульдозера при отделении грунтовой стружки заданной толщины

1. Порядок выполнения:

- ☐ Изучить и усвоить сведения о способах расчета силы резания грунта.
- ☐ Вычертить расчетные схемы (рис. 2,3).
- ☐ Написать общую расчетную формулу с объяснением составляющих ее величин.
- ☐ Определить числовые значения величин, входящих в расчетную формулу.
- ☐ Вычислить максимальную силу резания P .
- ☐ Если полученное усилие резания P больше тягового усилия бульдозера T_1 на 1-й передаче ($P > T_1$), определить возможную толщину среза грунта h , принимая тяговое усилие на 1-й передаче за максимальную силу резания ($T_1 = P$).

2. Методика выполнения:

- ☐ При изучении сведений о способах расчета сил резания обращаем внимание на пространственный характер взаимодействия ножа с грунтом и на большое влияние затупления и износа ножей на сопротивление грунта резанию. Необходимо усвоить смысл и обозначения величин, входящих в расчетные формулы.

□ Для расчета необходимо **вычертить схемы** положения отвала с обозначением размеров среза (рис.2); приложения максимальных сил резания (рис. 3). На схемах указать размеры и величины по заданию (табл.1).

□ Выбирая формулу для расчета, следует иметь в виду, что режущая часть отвала бульдозера — простой нож, отделяющий стружку.

Поэтому расчет можно вести по формуле

$$P = P_{св} + 2 \cdot P_{бок} + 2 \cdot P_{бок.ср}$$

$$\text{или } P = \varphi \cdot m_{св} \cdot L \cdot h + 2 \cdot m_{бок} \cdot h^2 + 2 \cdot m_{бок.ср} \cdot h$$

Однако в связи с тем, что по заданию известен только один параметр крепости грунта $m_{св}$, для расчета следует использовать формулу ориентировочного определения силы резания, которая для *простого* ножа с *затупленной* режущей кромкой приобретает вид:

$$P = P_{св} + 2 \cdot P_{бок} + 2 \cdot P_{бок.ср} + P_{зат}$$

$$\text{или } P = m_{св} \cdot (\varphi \cdot F_{св} + \eta_{бок} \cdot F_{бок} + \eta_{бок.ср} \cdot L_{бок.ср} + \eta_{зат} \cdot L_{зат} \cdot h)$$

где $F_{св} = L \cdot h$ — площадь центральной части среза;

$F_{бок} = k_{бок}^2 \cdot h^2 \cdot ctg \gamma$ — площадь боковых расширений среза;

$L_{бок.ср} = 2 \cdot h \cdot (1 - k_{бок})$ — длина среза боковыми ребрами ножа;

$L_{зат} = L$ — длина затупленной режущей кромки (т.е. длина отвала)

□ Коэффициент влияния угла резания φ принимаем по табл.4 в соответствии с величиной угла резания δ (табл.2).

Числовые значения коэффициентов $\eta_{бок}$ и $\eta_{бок.ср}$ принимаем:

- ◆ для грунтов 1-й и 2-й категории – 0,36 и 13,7;
- ◆ для грунтов 3-й и 4-й категории – 0,52 и 76,0 соответственно.

Значение коэффициента $\eta_{зат}$ определяем по табл.5 в соответствии с радиусом затупления ножа R по заданию (табл.1).

В случае отсутствия в табл.5 нужной толщины среза h , величину $\eta_{зат}/R$ определяем, применив *линейную* интерполяцию (рис.1).

3. Пример расчета силы резания грунта

В качестве примера вычислим максимальную силу резания P ножом бульдозера ДЗ-27С при отделении стружки толщиной $h=12$ см на глине (грунт 3-й категории), крепость которой составляет $m_{св}=1,1$ даН/см².

Режущая кромка ножа затуплена с радиусом $R=2$ мм.

Согласно технической характеристике бульдозера ДЗ-27С (табл.2) ширина среза (длина отвала) $L=3200$ мм, а угол резания принимаем $\delta = 55^0$.

Значение коэффициента влияния угла резания φ при угле резания $\delta = 55^\circ$ равно 1,7 (табл.4).

Для грунта 3-й категории (глина) коэффициент $\eta_{бок}$ принимаем равным 0,52; а коэффициент $\eta_{бок,ср} = 76,0$

Значение коэффициента $\eta_{зам}$ (влияние затупления режущей кромки) определяем по табл.5. Для $R = 2$ мм и $h = 12$ см табличная величина отношения $\eta_{зам}/R$ не определена, поэтому используем линейную интерполяцию.

Из табл. 5 известны величины $\eta_{зам}/R$ для «соседних» (по сравнению с заданной) $h = 10$ см и $h = 15$ см — 0,072 и 0,061 соответственно (см. график на рис.1).

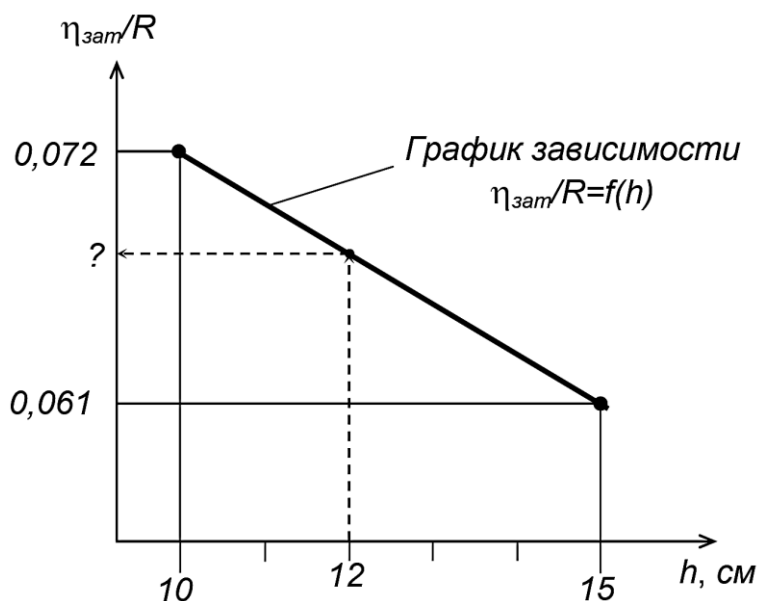


Рис.1. К определению $\eta_{зам}$ для заданной толщины среза

При достаточно точных построениях можно определить $\eta_{зам}/R$ графически, но точный результат дает аналитический способ.

При изменении толщины среза h на 1 см соответствующее изменение отношения $\eta_{зам}/R$ будет равно:

$$\Delta_{1см} = \frac{0,072 - 0,061}{5} = 0,0022$$

Теперь для того, чтобы определить $\eta_{зам}/R$ для $h = 12$ см, запишем:

- ◆ $0,072 - 2 \cdot \Delta_{1см} = 0,072 - 2 \cdot 0,0022 = 0,0676$ (интерполяция слева, т.е. от значения $\eta_{зам}/R$, соответствующего толщине среза 10 см), или
- ◆ $0,061 + 3 \cdot \Delta_{1см} = 0,061 + 3 \cdot 0,0022 = 0,0676$ (интерполяция справа).

Результат, как и следовало ожидать, одинаков, т.е. $\eta_{зам}/R = 0,0676$.

Теперь определяем коэффициент $\eta_{зам} = 0,0676 \cdot R = 0,0676 \cdot 2 = 0,1352$

Коэффициент $k_{бок}$ по табл.3 принимаем равным 0,85, а угол $\gamma = 36^\circ$.

Подсчитаем значения составляющих для расчетной формулы:

$$\begin{aligned}
F_{св} &= 12 \cdot 320 = 3840 \text{ см}^2 \\
F_{бок} &= 0,85^2 \cdot 12^2 \text{ ctg } 36^0 = 143,20 \text{ см}^2 \\
L_{бок.ср} &= 2 \cdot 12 \cdot (1 - 0,85) = 3,6 \text{ см} \\
L_{зат} &= 320 \text{ см}.
\end{aligned}$$

Подставив значения всех параметров в расчетную формулу, получим (с округлением до целых):

$$P = 1,1 \cdot (1,7 \cdot 3840 + 0,52 \cdot 143,2 + 76 \cdot 3,6 + 0,1352 \cdot 320 \cdot 12) = 8135 \text{ даН}$$

При этом составляющие будут равны:

$$\begin{aligned}
P_{св} &= 1,1 \cdot 1,7 \cdot 3840 = 7181 \text{ даН}; \\
P_{бок} &= 1,1 \cdot 0,52 \cdot 143,2 = 82 \text{ даН}; \\
P_{бок.ср} &= 1,1 \cdot 76 \cdot 3,6 = 301 \text{ даН}; \\
P_{зат} &= 1,1 \cdot 0,1352 \cdot 320 \cdot 12 = 571 \text{ даН}
\end{aligned}$$

Из расчета следует, что при заданных размерах среза, соответствующих бульдозеру ДЗ-27С, основная часть сопротивления приходится на **лобовое сопротивление** $P_{св}$ и **сопротивление от затупления ножа** $P_{зат}$, а резание грунта может быть выполнено только на **1-й передаче** базового трактора.

ПРИМЕЧАНИЕ. Возможен вариант, когда в результате расчета **усилие резания** P получается **больше тягового усилия** бульдозера T_1 на 1-й передаче. Обычно это происходит, когда толщина среза завышена для применяемого бульдозера, или разрабатывается слишком тяжелый грунт.

Нормальная работа бульдозера с заданной толщиной среза h в этом случае невозможна, и приходится решать **обратную задачу**, т.е. определять **возможную толщину среза** грунта h , принимая **тяговое усилие на 1-й передаче** за максимальную силу резания ($P = T_1$).

3.1. Пример определения возможной толщины среза

Бульдозер ДЗ-29 режет грунт стружкой толщиной $h=12 \text{ см}$ на глине (грунт 3-й категории), крепость которой составляет $m_{св}=1,1 \text{ даН/см}^2$. Режущая кромка ножа затуплена с радиусом $R=2 \text{ мм}$.

Расчетные величины аналогичны определенным в первом примере, за исключением длины отвала (2520 мм вместо 3200 мм):

коэффициенты: $\varphi = 1,7$ при $\delta = 55^0$;

$$\eta_{бок} = 0,52;$$

$$\eta_{бок.ср} = 76,0;$$

$$\eta_{зат} = 0,1352;$$

$$k_{бок} = 0,85;$$

угол $\gamma = 36^0$, а $\text{ctg } 36^0 = 1,3764$;

площади и длины: $F_{св} = 12 \cdot 252 = 3024 \text{ см}^2$

$$F_{бок} = 0,85^2 \cdot 12^2 \text{ ctg } 36^0 = 143,20 \text{ см}^2$$

$$L_{бок.ср} = 2 \cdot 12 \cdot (1 - 0,85) = 3,6 \text{ см}$$

$$L_{зат} = 252 \text{ см.}$$

$$\text{составляющие: } P_{св} = 1,1 \cdot 1,7 \cdot 3024 = 5655 \text{ даН};$$

$$P_{бок} = 1,1 \cdot 0,52 \cdot 143,2 = 82 \text{ даН};$$

$$P_{бок.ср} = 1,1 \cdot 76 \cdot 3,6 = 301 \text{ даН};$$

$$P_{зат} = 1,1 \cdot 0,1352 \cdot 252 \cdot 12 = 450 \text{ даН}$$

Расчетное **усилие резания** грунта при $h=12 \text{ см}$:

$P = 1,1 \cdot (1,7 \cdot 3024 + 0,52 \cdot 143,2 + 76 \cdot 3,6 + 0,1352 \cdot 252 \cdot 12) = 6488 \text{ даН}$, что превышает **тяговое усилие** бульдозера на 1-й передаче ($T_1 = 3350 \text{ даН}$).

Для определения возможной толщины среза h подставляем в расчетную формулу все значения всех величин, кроме h .

$$T_1 = m_{св} (\varphi L h + \eta_{бок} k_{бок}^2 h^2 \cdot \text{ctg} \gamma + \eta_{бок.ср} 2h(1 - k_{бок}) + \eta_{зат} L_{зат} h)$$

$$T_1 = 1,1 \cdot (1,7 \cdot 252 \cdot h + 0,52 \cdot 0,85^2 \cdot h^2 \cdot \text{ctg} 36^\circ + 76 \cdot 2 \cdot h \cdot (1 - 0,85) + 0,1352 \cdot 252 \cdot h)$$

$$T_1 = 0,5688 \cdot h^2 + 528,11 \cdot h, \text{ после подстановки } T_1 \text{ получим}$$

$$0,5688 \cdot h^2 + 528,11 \cdot h - 3350 = 0$$

Полученное квадратное уравнение решаем относительно h :

$$h_1 = 922,076 \text{ см, а } h_2 = 6,387 \text{ см.}$$

Анализ показывает, что смысл имеет только второй корень, т.е. возможная толщина среза h при заданных условиях может составить примерно $6,4 \text{ см}$.

5. Отчетность по работе:

Законченная работа с приложением необходимых схем сдается преподавателю.

Приложение 1. Условные обозначения

- $F_{св}$ — площадь лобовой (средней части) прорези (расчет);
- $F_{бок}$ — площадь боковых частей (расширения) прорези (расчет);
- h — толщина среза грунта (прил.2, исходные данные);
- H — высота отвала бульдозера (табл.2, характеристики бульдозеров);
- $k_{бок}$ — коэффициент глубины расширения прорези (табл.3);
- k_γ — коэффициент энергоемкости резания грунта (табл.3);
- L — ширина среза (длина отвала) (табл.2, характеристики бульдозеров);
- $L_{бок.ср}$ — суммарная длина линий бокового среза (расчет);
- $L_{зат}$ — длина затупления на режущей кромке ножа (равна длине отвала L);
- $m_{св}$ — удельная сила резания в лобовой части прорези при $\delta=45^\circ$
- $m_{бок}$ — коэффициент, характеризующий силу разрушения грунта в боковых расширениях прорези;
- $m_{бок.ср}$ — коэффициент, характеризующий удельную силу среза грунта боковым ребром ножа;
- P — среднемаксимальная сила резания простым ножом (расчет);

- $P_{св}$ — сила преодоления лобовых сопротивлений (расчет);
 $P_{бок}$ — сила разрушения грунта в боковых расширениях прорези (расчет);
 $P_{бок.ср}$ — сила бокового среза (боковыми ребрами ножа) (расчет);
 $P_{зат}$ — сила преодоления сопротивлений от затупления ножа (расчет);
 R — радиус затупления режущей кромки ножа(прил.2, табл. 1);
 δ — угол резания у ножей отвала (табл.2);
 φ — коэффициент влияния угла резания (табл.4);
 γ — угол развала боковых расширений прорези (табл.3);
 $\eta_{бок}$ — коэффициент, характеризующий зависимость удельной силы разрушения грунта в боковых расширениях от вида грунта (см. п.2);
 $\eta_{бок.ср}$ — коэффициент, характеризующий зависимость удельной силы резания грунта боковыми ребрами ножа от вида грунта (см. п.2);
 $\eta_{зат}$ - коэффициент, характеризующий влияние затупления режущей кромки (табл.5).

Приложение 2. Исходные данные

Таблица 1

Исходные данные

Вариант	Марка бульдозера	Толщина среза, h , см	$m_{св}$, $\partial aH/см^2$	Радиус затупления R , мм	Грунт	Категория грунта
1	ДЗ-37	9	1.5	3	Тяжелый суглинок	2
2	ДЗ-37	10	1.2	5	Глина	3
3	ДЗ-37	11	1	4	Суглинок	2
4	ДЗ-37	12	0.7	3	Лессовидный суглинок	2
5	ДЗ-37	13	0.5	2	Песок мелкозернистый белый	1
6	ДЗ-29	10	1.2	5	Тяжелый суглинок нарушенного строения	2
7	ДЗ-29	12	1.1	4	Глина	3
8	ДЗ-29	13	1	4	Суглинок	2
9	ДЗ-29	14	0.7	3	Лессовидный суглинок	2
10	ДЗ-29	15	0.5	2	Песок среднезернистый	1
11	ДЗ-54С	10	1.6	4	Аргиллит	3
12	ДЗ-54С	12	1.4	5	Глина	3
13	ДЗ-54С	14	1.2	4	Глина яблочно-зеленая комковая	3
14	ДЗ-54С	16	1	3	Суглинок	2
15	ДЗ-54С	18	0.8	2	Лессовидный суглинок	2
16	ДЗ-27С	9	1.5	5	Серо-зеленая мергельная глина	3
17	ДЗ-27С	11	1.3	4	Глина	3
18	ДЗ-27С	13	1.1	3	Тяжелый суглинок	2
19	ДЗ-27С	15	0.9	3	Суглинок	2
20	ДЗ-27С	17	0.7	2	Лессовидный суглинок	2
21	ДЗ-9Б	10	1.6	5	Серо-зеленая мергельная глина	3
22	ДЗ-9Б	12	1.4	4	Тяжелый суглинок	2
23	ДЗ-9Б	14	1.2	4	Глина яблочно-зеленая комковая	3
24	ДЗ-9Б	16	1	3	Суглинок	2
25	ДЗ-9Б	18	0.8	2	Лессовидный суглинок	2

Приложение 3. Технические характеристики бульдозеров

Таблица 2

Технические характеристики бульдозеров

Показатели	ДЗ-37	ДЗ-29	ДЗ-54С	ДЗ-27С	ДЗ-9Б
Длина отвала, L , мм	2000	2520	3200	3200	3350
Высота отвала, H , мм	650	800	1200	1300	1380
Угол резания, δ , град	55	55	50-60	50-60	50-60
Тип отвала	Н е п о в о р о т н ы й				
Управление	Г и д р а в л и ч е с к о е				Канатн
Тип тягача	Колесный	Г у с е н и ч н ы й			
Марка тягача	МТЗ-52	Т-74	Т-100М	Т-130	Т-180
Мощность, $N_{дв.л.с.}$	55	75	108	140	180
Скорость на передачах, V, км/ч:					
1-й	1.56	4.51	2.36	3.17	2.86
2-й	2.65	5.32	3.78	3.77	4.62
3-й	5.60	6.53	4.51	4.39	6.37
4-й	6.85	8.01	6.45	5.22	8.66
5-й	8.15	9.46	10.13	6.37	11.96
Тяговое усилие на передачах, T, даН					
1-й	1800	3350	10000	10000	14000
2-й	1600	2760	6000	7700	7900
3-й	1400	2160	5000	6500	5700
4-й	1300	1820	3200	5300	4000
5-й	1150	1410	2000	4200	2600
Масса оборудования бульдозера, кг	450	850	1780	1910	2855
Масса всего бульдозера, кг	3300	6370	13780	15710	17855

Приложение 4. Характеристика зоны разрушения грунта

Таблица 3

Характеристика зоны разрушения грунта

Грунт	Категория грунта	Коэффициент $k_{бок}$	Угол γ , град	Коэффициент энергоемкости, k_z
Песок мелкозернистый белый	1	0.73	46	0.92
Песок среднезернистый	1	0.70	40	0.80
Суглинок	2	0.78	30	0.87
Тяжелый суглинок	2	0.85	40	0.89
Лессовидный суглинок	2	0.73	45	0.88
Тяжелый суглинок нарушенного строения	2	0.70	45	0.85
Серо-зеленая мергельная глина	3	0.83	35	0.82
Глина	3	0.85	36	0.90
Глина яблочно-зеленая комковая	3	0.80	35	0.94
Аргиллит	3	0.90	30	0.95

Приложение 5. Коэффициент влияния угла резания

Таблица 4

Коэффициент влияния угла резания	
Угол резания α , град	Коэффициент K_α
37,5	0,78
40	0,85
42,5	0,93
45	1,00
47,5	1,13
50	1,35
52,5	1,53
55	1,70
57,5	1,88
60	2,05

Приложение 6. К определению коэффициента, характеризующего влияние затупления режущей кромки

Таблица 5

К определению коэффициента, характеризующего влияние затупления режущей кромки

Глубина резания h , см	Отношение $\eta_{зам}/R$
1	0,240
2	0,158
3	0,127
4	0,109
5	0,096
10	0,072
15	0,061
20	0,054
25	0,049
30	0,045
35	0,042
40	0,040

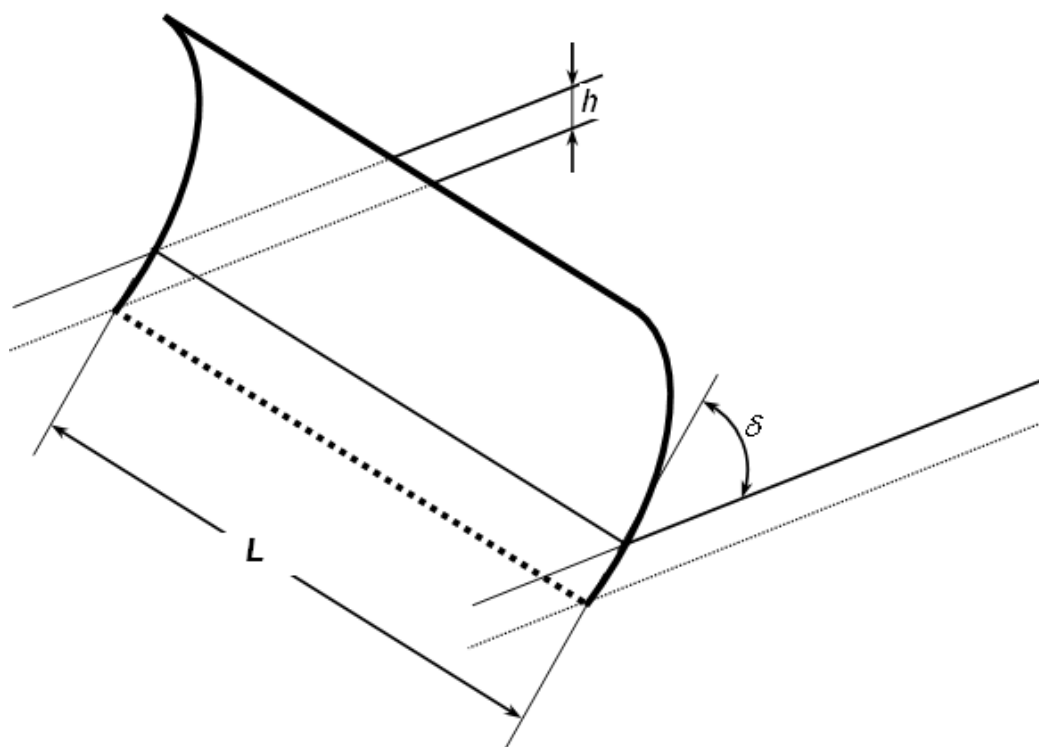


Рис.2. Схема положения отвала и размеры среза

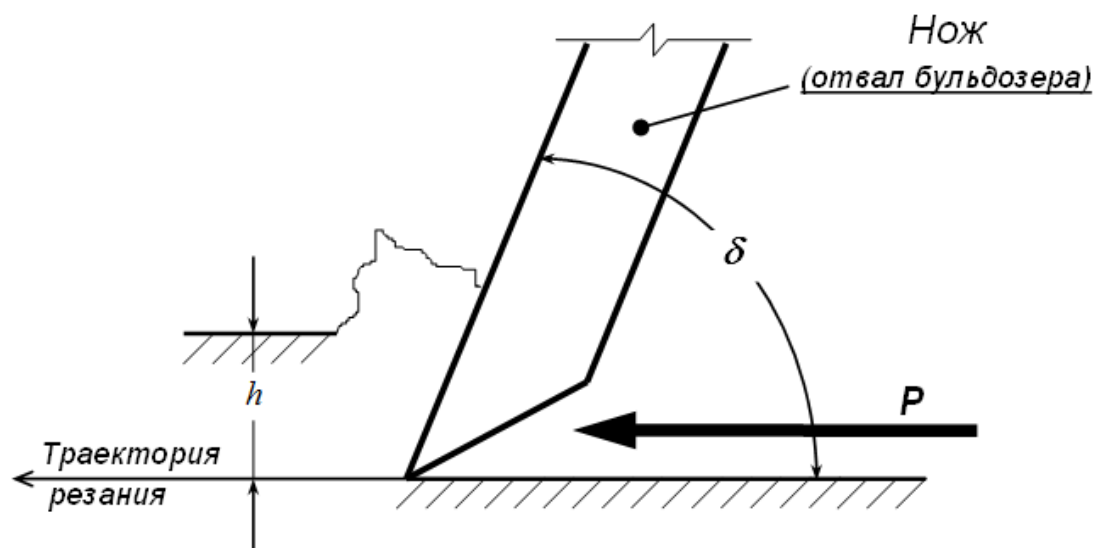
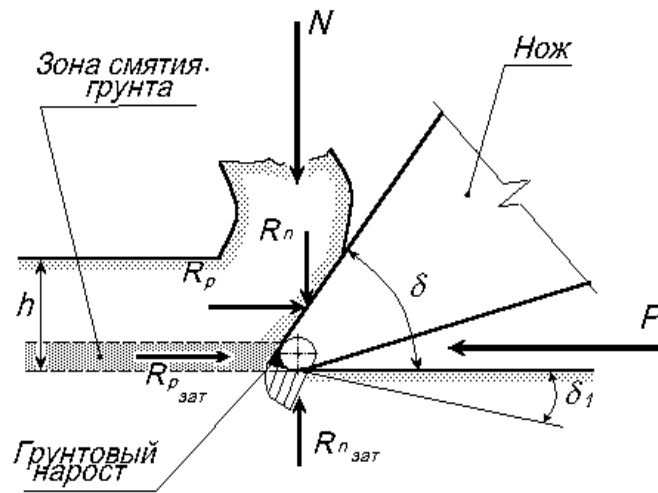


Рис.3. Схема приложения силы резания

Практическое занятие № 2

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАЛЬНОЙ СИЛЫ РЕЗАНИЯ И МОЩНОСТИ РЕЗАНИЯ ГРУНТА БУЛЬДОЗЕРОМ



2

Задание

Рассчитать:

- ◆ **среднюю силу резания** грунта (касательную к траектории резания),
- ◆ **мощность резания** при различных скоростях бульдозера,
- ◆ **нормальную силу резания** при отделении стружки заданной толщины.

1. Порядок выполнения

- ☐ Изучить и усвоить сведения о **способах расчета сил резания** грунта (среднемаксимальной касательной P , средней $P_{ср}$, максимальной нормальной N) и **мощности** резания грунта $N_{рез}$.
- ☐ Вычертить **расчетные схемы** (рис.1 и 2) с объяснением величин.
- ☐ Вычислить максимальную **силу резания** P способом, рекомендованным для занятия № 1, а также **нормальную** силу резания N .
- ☐ Определить **среднюю силу** $P_{ср}$ и **мощность** $N_{рез}$ резания грунта при возможной скорости движения бульдозера.
- ☐ Вычислить **мощность резания** $N_{рез}$ для заданных условий.

2. Дополнительные сведения о способах расчета сил резания грунтов

Максимальная сила резания P соответствует моментам отделения грунтовой стружки от массива и служит основанием для расчета рабочих органов землеройных машин на прочность.

Однако расчет **мощности** $N_{рез}$, требуемой для резания грунта, основывается на **средней** за все время процесса величине силы резания $P_{ср}$. Она

меньше максимальной вследствие колебательного характера силы резания (рис.1).

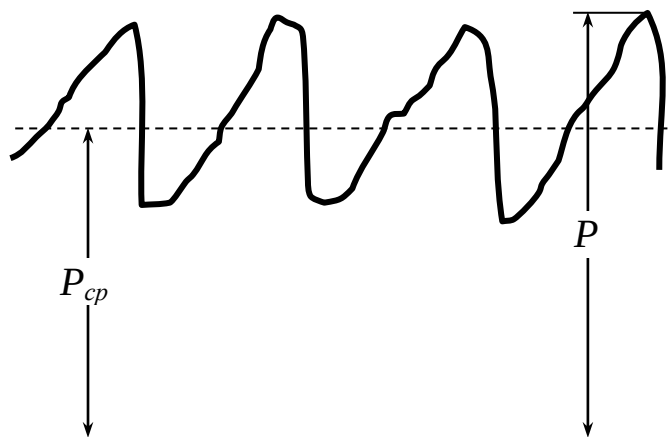


Рис.1. Колебания силы резания грунта при отделении стружки

Исследования показывают, что колебания силы резания обусловлены изменениями тех ее составляющих, которые определяются первыми тремя членами расчетной формулы (см. *занятие №1*), и поэтому **среднюю** за все время процесса **силу резания** $P_{ср}$ определяем по формуле

$$P_{ср} = K_э \cdot (P_{св} + P_{бок} + P_{бок.ср}) + P_{зат} \text{ (даН)}$$

где $K_э$ — коэффициент энергоемкости (*прилож.4, табл.3*).

При известной величине средней силы резания $P_{ср}$ мощность резания грунта вычисляем по формуле

$$N_{рез} = P_{ср} \cdot V, \text{ (даН} \cdot \text{м/с)}$$

где V — скорость резания грунта, м/с

Обычно мощность резания выражают в лошадиных силах (л.с.) или в киловаттах (кВт). Соотношение между различными размерностями примерно следующее: $1 \text{ л.с.} = 75 \text{ даН} \cdot \text{м/с} = 736 \text{ Вт}$.

Максимальная сила резания — это только **касательная составляющая полной** силы резания.

Нормальную составляющую полной силы резания (нормальная сила резания N) для простого ножа определяем по ее касательной составляющей P , углу резания δ , углу наклона нижней поверхности грунтового нароста на затуплении ножа δ_1 (рис.2) и углу трения грунта о нож μ :

$$N = (P_{св} + P_{бок} + P_{бок.ср}) \cdot \text{ctg}(\delta + \mu) - P_{зат} \cdot \text{ctg}(\delta_1 + \mu)$$

Из формулы следует, что для **затупленного** ножа результирующая нормальная сила N может иметь *разные величину и направление*. Неодинаковым может быть и отношение нормальной силы к силе резания грунта. Возможно *уравновешивание нормальных сил*, возникающих от сопротив-

ления грунта передней грани ножа и затуплению, что делает нож "плавающим".

Для *сложных* ножей результирующую нормальную силу резания определяем как сумму проекций частных нормальных сил (действующих на каждый составляющий нож) на спрямляющую плоскость траектории рабочего органа машины для земляных работ.

3. Методика выполнения

1. При повторении сведений о способах расчета сил резания обращаем внимание на отличие средней силы резания P_{cp} от максимальной P , а также на то, что нормальная сила резания N определяется как результат сложения двух составляющих, направленных противоположно друг другу.

2. Для расчета необходимо **вычертить схему** взаимодействия ножа с грунтом (рис.2), обозначив векторы касательной P и нормальной N сил резания, угол резания отвала δ , угол наклона нижней грани грунтового нароста на затуплении ножа δ_1 , толщину среза h , радиус затупления R , грунтовой нарост.

3. Используя исходные данные к заданию №1, вычисляем максимальную силу резания P .

Если условия расчета не были изменены, можно использовать результат задания №1.

Если же в задании №1 пришлось решать *обратную задачу*, т.е. определять возможную для заданного бульдозера толщину среза грунта h , то для расчетов в задании №2 надо использовать именно новую расчетную толщину среза грунта h .

Затем вычисляем *нормальную силу резания* грунта по формуле

$$N = (P_{св} + P_{бок} + P_{бок.ср}) \cdot \operatorname{ctg}(\delta + \mu) - P_{зат} \cdot \operatorname{ctg}(\delta_1 + \mu)$$

где $P_{св}$, $P_{бок}$, $P_{бок.ср}$, $P_{зат}$ — составляющие среднemaxимальной силы резания, взятые из задания №1, или рассчитанные заново для новой толщины среза h ;

δ — угол резания отвала;

μ — угол трения грунта о нож;

δ_1 — угол наклона нижней грани грунтового нароста на затуплении ножа.

4. Затем определяем *среднюю силу резания* P_{cp} грунта отвалом бульдозера (по которой определяется мощность резания):

$$P_{cp} = K_{\varepsilon} \cdot (P_{св} + P_{бок} + P_{бок.ср}) + P_{зат}$$

Далее подсчитываем требуемую *мощность* резания $N_{рез}$ при возможных ступенях скорости движения бульдозера, т.е. на различных пере-

дачах. При этом *требуемая мощность может быть больше мощности двигателя бульдозера.*

5. По технической характеристике бульдозера устанавливаем скорость V , с которой он может преодолевать расчетное сопротивление резанию.

Эта скорость соответствует *тяговому усилию* бульдозера, *ближайшему большему по сравнению со средней силой резания $P_{ср}$.*

По найденной скорости находим соответствующую **мощность резания** грунта $N_{рез}$ отвалом бульдозера:

$$N_{рез} = P_{ср} \cdot V \text{ даН} \cdot \text{м/с}.$$

Соотношение между размерностями мощности:

$$75 \text{ даН} \cdot \text{м/с} = 1 \text{ л.с.} = 0,736 \text{ кВт}$$

4. Пример расчета нормальной силы и мощности резания

Продолжение расчетов по заданию № 1

Согласно расчетам к заданию № 1, максимальная сила резания (касательная к траектории) $P=8135 \text{ даН}$.

Для вычисления *средней силы резания $P_{ср}$* определяем *коэффициент энергоемкости* для глины $K_3=0,90$.

Подставив значения всех параметров в расчетную формулу, получим (с округлением до целых):

$$P_{ср} = 0,90 \cdot (7181 + 82 + 301) + 571 = 7379 \text{ даН}.$$

По технической характеристике бульдозера ДЗ-27С (прилож.3, табл.2) ближайшему большему тяговому усилию (7700 даН) соответствует скорость перемещения бульдозера на 2-й передаче, равная $3,77 \text{ км/ч}$, или $1,05 \text{ м/с}$.

Мощность резания грунта

$$N_{рез} = 7379 \cdot 1,05 = 7748 \text{ даН} \cdot \text{м/с} = 103,3 \text{ л.с.} = 76 \text{ кВт}$$

Нормальная сила резания N при $\mu = 20^\circ$ и $\delta_1 = 30^\circ$:

$$N = (7181 + 82 + 301) \cdot \text{ctg}(55^\circ + 20^\circ) - 571 \cdot \text{ctg}(30^\circ + 20^\circ) = 1547 \text{ даН}$$

Из расчета следует, что отвал бульдозера будет затягиваться в грунтовой массив. Для сохранения заданной толщины среза его надо удерживать подъемным механизмом.

5. Отчетность по работе

Законченная работа с приложением необходимых схем сдается преподавателю.

Приложение 1. Условные обозначения

$F_{св}$	— площадь лобовой (средней части) прорези;
$F_{бок}$	— площадь боковых частей (расширения) прорези;
h	— толщина среза грунта;
H	— высота отвала бульдозера;
$k_{бок}$	— коэффициент глубины расширения прорези;
$k_э$	— коэффициент энергоемкости резания грунта;
L	— ширина среза (длина отвала бульдозера);
$L_{бок.ср}$	— суммарная длина линий бокового среза;
$L_{зат}$	— длина затупления на режущей кромке ножа;
$m_{св}$	— удельная сила резания в лобовой части прорези при угле резания $\delta=45^\circ$;
$m_{бок}$	— коэффициент, характеризующий силу разрушения грунта в боковых расширениях прорези;
$m_{бок.ср}$	— коэффициент, характеризующий удельную силу среза грунта боковым ребром ножа;
P	— максимальная сила резания простым ножом;
$P_{св}$	— сила преодоления лобовых сопротивлений;
$P_{бок}$	— сила разрушения грунта в боковых расширениях прорези;
$P_{бок.ср}$	— сила бокового среза (боковыми ребрами ножа);
$P_{зат}$	— сила преодоления сопротивлений от затупления ножа;
R	— радиус затупления режущей кромки ножа;
δ	— угол резания у ножей отвала;
φ	— коэффициент влияния угла резания;
γ	— угол развала боковых расширений прорези;
$k_{бок}$	— коэффициент, характеризующий зависимость удельной силы разрушения грунта в боковых расширениях от вида грунта;
$k_{бок.ср}$	— коэффициент, характеризующий зависимость удельной силы резания грунта боковыми ребрами ножа от вида грунта;
$\eta_{зат}$	— коэффициент, характеризующий влияние затупления режущей кромки ножа;
μ	— угол трения грунта по отвалу;
δ_1	— угол наклона нижней поверхности грунтового нароста на затуплении ножа отвала.

Приложение 2. Исходные данные

Таблица 1

Исходные данные

Вариант	Марка бульдозера	Толщина среза, h , см	$m_{св}$, даН/см ²	Радиус затупл. R , мм	Грунт	Категория грунта	Параметры зоны резания	
							μ	δ_1
1	ДЗ-37	9	1.5	3	Тяжелый суглинок	2	34	30
2	ДЗ-37	10	1.2	5	Глина	3	32	26
3	ДЗ-37	11	1	4	Суглинок	2	29	27
4	ДЗ-37	12	0.7	3	Лессовидный суглинок	2	25	24
5	ДЗ-37	13	0.5	2	Песок мелкозернистый	1	23	20
6	ДЗ-29	10	1.2	5	Тяжелый суглинок нарушенного строения	2	30	29
7	ДЗ-29	12	1.1	4	Глина	3	32	28
8	ДЗ-29	13	1	4	Суглинок	2	29	27
9	ДЗ-29	14	0.7	3	Лессовидный суглинок	2	25	24
10	ДЗ-29	15	0.5	2	Песок среднезернистый	1	20	22
11	ДЗ-54С	10	1.6	4	Аргиллит	3	33	26
12	ДЗ-54С	12	1.4	5	Глина	3	32	28
13	ДЗ-54С	14	1.2	4	Глина ябл-зелен.комковая	3	35	32
14	ДЗ-54С	16	1	3	Суглинок	2	29	27
15	ДЗ-54С	18	0.8	2	Лессовидный суглинок	2	25	24
16	ДЗ-27С	9	1.5	5	Серо-зеленая мергельная глина	3	33	29
17	ДЗ-27С	11	1.3	4	Глина	3	32	28
18	ДЗ-27С	13	1.1	3	Тяжелый суглинок	2	34	30
19	ДЗ-27С	15	0.9	3	Суглинок	2	29	27
20	ДЗ-27С	17	0.7	2	Лессовидный суглинок	2	25	24
21	ДЗ-9Б	10	1.6	5	Серо-зеленая мергельная глина	3	33	29
22	ДЗ-9Б	12	1.4	4	Тяжелый суглинок	2	34	30
23	ДЗ-9Б	14	1.2	4	Глина ябл-зеленая комковая	3	35	32
24	ДЗ-9Б	16	1	3	Суглинок	2	29	27
25	ДЗ-9Б	18	0.8	2	Лессовидный суглинок	2	25	24
26	ДЗ-27С	9	1.5	5	Серо-зеленая мергельная глина	3	33	29
27	ДЗ-27С	11	1.3	4	Глина	3	32	28
28	ДЗ-27С	13	1.1	3	Тяжелый суглинок	2	34	30
29	ДЗ-27С	15	0.9	3	Суглинок	2	29	27
30	ДЗ-27С	17	0.7	2	Лессовидный суглинок	2	25	24

Приложение 3. Технические характеристики бульдозеров

Таблица 2

Технические характеристики бульдозеров

Показатели	ДЗ-37	ДЗ-29	ДЗ-54С	ДЗ-27С	ДЗ-9Б
Длина отвала, L , мм	2000	2520	3200	3200	3350
Высота отвала, H , мм	650	800	1200	1300	1380
Угол резания, δ , град	55	55	50-60	50-60	50-60
Тип отвала	Н е п о в о р о т н ы й				
Управление	Г и д р а в л и ч е с к о е				Канатн
Тип тягача	Колесный	Г у с е н и ч н ы й			
Марка тягача	МТЗ-52	Т-74	Т-100М	Т-130	Т-180
Мощность, $N_{дв}$, л.с.	55	75	108	140	180
Скорость на передачах, V , км/ч:					
1-й	1.56	4.51	2.36	3.17	2.86
2-й	2.65	5.32	3.78	3.77	4.62
3-й	5.60	6.53	4.51	4.39	6.37
4-й	6.85	8.01	6.45	5.22	8.66
5-й	8.15	9.46	10.13	6.37	11.96
Тяговое усилие на передачах, T , даН					
1-й	1800	3350	10000	10000	14000
2-й	1600	2760	6000	7700	7900
3-й	1400	2160	5000	6500	5700
4-й	1300	1820	3200	5300	4000
5-й	1150	1410	2000	4200	2600
Масса оборудования бульдозера, кг	450	850	1780	1910	2855
Масса всего бульдозера, кг	3300	6370	13780	15710	17855

Приложение 4. Характеристика зоны разрушения грунта

Таблица 3

Характеристика зоны разрушения грунта

Грунт	Категория грунта	Коэффициент $k_{бок}$	Угол γ , град	Коэффициент энергоемкости, $k_э$
Песок мелкозернистый белый	1	0.73	46	0.92
Песок среднезернистый	1	0.70	40	0.80
Суглинок	2	0.78	30	0.87
Тяжелый суглинок	2	0.85	40	0.89
Лессовидный суглинок	2	0.73	45	0.88
Тяжелый суглинок нарушенного строения	2	0.70	45	0.85
Серо-зеленая мергельная глина	3	0.83	35	0.82
Глина	3	0.85	36	0.90
Глина яблочно-зеленая комковая	3	0.80	35	0.94
Аргиллит	3	0.90	30	0.95

Приложение 5. Коэффициент влияния угла резания

Таблица 4

Коэффициент влияния угла резания	
Угол резания δ , град	Коэффициент φ
37,5	0,78
40	0,85
42,5	0,93
45	1,00
47,5	1,13
50	1,35
52,5	1,53
55	1,70
57,5	1,88
60	2,05

Приложение 6. К определению коэффициента, характеризующего влияние затупления режущей кромки

Таблица 5

К определению коэффициента, характеризующего влияние затупления режущей кромки	
Глубина резания h , см	Отношение $\eta_{\text{зат}}/R$
1	0,240
2	0,158
3	0,127
4	0,109
5	0,096
10	0,072
15	0,061
20	0,054
25	0,049
30	0,045
35	0,042
40	0,040

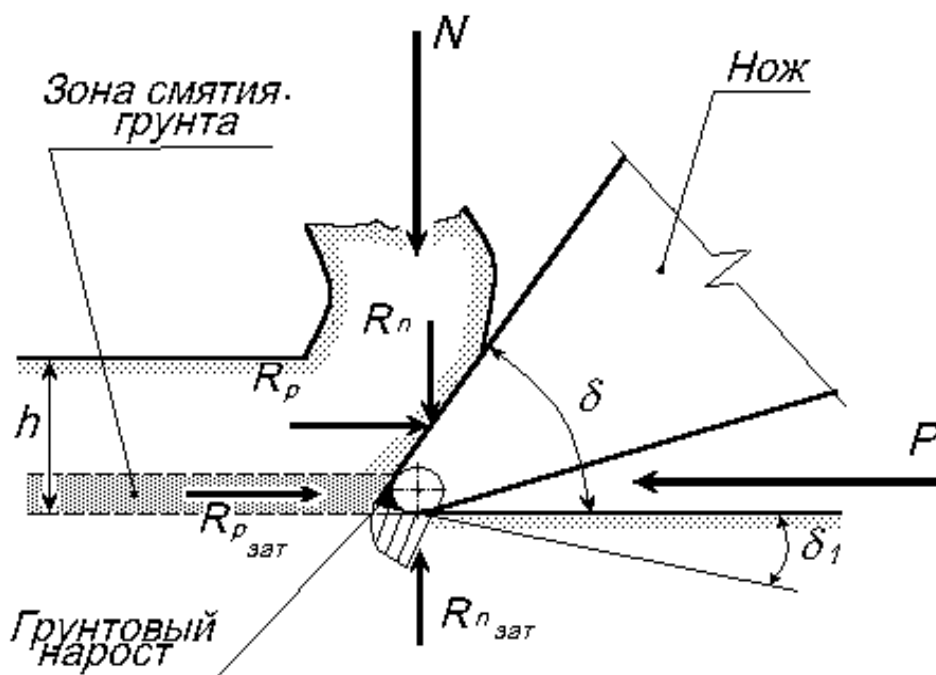
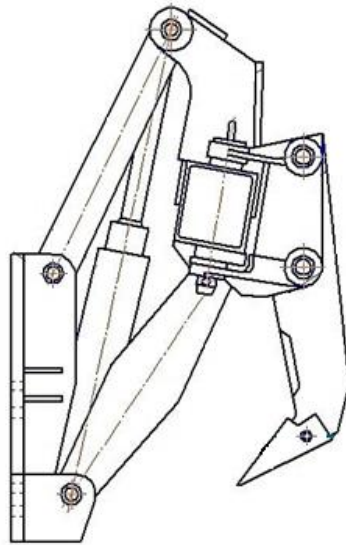


Рис.2 Профиль затупленного ножа, отделяющего стружку, и силы, действующие на него:

- h — толщина среза грунта;
- P — максимальная (касательная) сила резания простым ножом;
- N — нормальная сила резания простым ножом;
- R_p — сила сопротивления грунта резанию (касательная);
- $R_{p\text{ зат}}$ — дополнительная сила сопротивления грунта резанию (касательная);
- R_n — сила сопротивления грунта резанию (нормальная);
- $R_{n\text{ зат}}$ — дополнительная сила сопротивления грунта резанию (нормальная);
- R — радиус затупления режущей кромки ножа;
- δ — угол резания у ножей отвала;
- δ_1 — угол наклона нижней поверхности грунтового нароста на затуплении ножа отвала.

Практическое занятие № 3

3. РАСЧЕТ СИЛ И МОЩНОСТИ РЕЗАНИЯ РЫХЛИТЕЛЕМ



3

Задание

Вычислить силу и мощность резания грунта *трехзубым* рыхлителем. Исходные данные см. табл.3, прилож.2.

1. Порядок выполнения

1. Начертить расчетные схемы.
2. Повторить сведения о способах расчета сил и мощности резания (см. методические указания к занятиям №1 и №2).
3. Выписать расчетные формулы с объяснением их элементов и произвести необходимые вычисления.

2. Методика расчета

1. Чертим схемы рабочей части рыхлителя с обозначением размеров возможных срезов (рис. 2).
2. При повторении сведений о процессе резания грунтов следует руководствоваться методическими указаниями №1 и №2.
3. Режущая часть рыхлителя — сложный *трехзубый* нож.
4. В результате взаимодействия зубьев образуется зона разрушения сложного очертания (рис.1). Поэтому силу резания надо рассчитывать по общей формуле, причем в нашем случае, когда задан только один параметр крепости грунта $m_{св}$, использовать следует формулу:

$$P = m_{св} \left[\sum_{i=1}^n \varphi_i F_{св\ i} + \eta_{бок} \sum_{i=1}^n F_{бок\ i} + \eta_{бок.ср} \sum_{i=1}^n L_{бок.ср\ i} + \sum_{i=1}^n \eta_{пл.изн\ i} h_i L_{пл.изн\ i} \right]$$

здесь n - количество зубьев рыхлителя.

5. Среднюю величину силы резания вычисляем по формуле, в которой используется коэффициент энергоемкости $k_э$.

$$P_{cp} = k_э \left(\sum_{i=1}^n p_{сви} F_{сви} + p_{бок} \sum_{i=1}^n F_{боки} + p_{бок.ср} \sum_{i=1}^n L_{бок.срi} \right) + \sum_{i=1}^n p_{пл.изн} L_{пл.изни}$$

где $k_э$ – коэффициент энергоемкости, величины которого для ряда грунтов приведены в табл.3 (прил.3).

6. Нормальную силу резания вычислим по формуле:

$$N = (P_{св} + P_{бок} + P_{бок.ср}) \operatorname{ctg}(\delta + \mu) - P_{пл.изн} \operatorname{ctg}(\delta_1 + \mu)$$

Из формулы следует, что для изношенного ножа (зуб рыхлителя) результирующая нормальная сила N может иметь разные величину и направление.

Неодинаковым может быть и отношение нормальной силы N к силе резания P (касательной).

Возможно уравнивание нормальных сил, возникающих от сопротивления грунта передней грани ножа и площадке износа, что делает нож «плавающим».

7. *Мощность резания* грунта (при известной величине средней силы резания) определяем по формуле:

$$N_{рез} = P_{ср} \cdot V,$$

где V – скорость резания.

8. Требуемые для расчетов величины

$$\varphi, \eta_{бок}, \eta_{бок.ср}, \eta_{пл.изн}, k_{бок}, \gamma, \delta_1, \mu$$

принимаем по табл. 3 (прил.2), табл. 5 (прил.4), табл.6, 7 (прил. 5).

Значения коэффициента $\eta_{пл.изн}$ принимаем по табл. 7 (прил.5) с учетом глубины рыхления h и ширины площадки износа a . Если в таблице нет значений, совпадающих с исходными данными, то отношение $\frac{\eta_{пл.изн}}{a}$ рассчитываем с помощью интерполяции (линейной).

Тяговое усилие базового трактора, с которым используем рыхлитель, принимаем по табл. 4 (прил.3).

Угол резания у зубьев рыхлителя принимаем равным $\delta = 45^\circ$ (для всех вариантов).

3. Пример выполнения расчета

Рыхлитель *трехзубый* ($n=3$), ширина каждого зуба $b=90$ мм, шаг зубьев $s=550$ мм, угол резания $\delta=45^\circ$ и площадка износа a наклонена под углом к траектории $\delta_1=-7^\circ$.

Заглубление зубьев $h=30$ см.

Грунт — мергель, крепость которого $m_{св}=3$ даН/см²

Найти силу и мощность резания при работе *трехзубого* рыхлителя (рис.1).

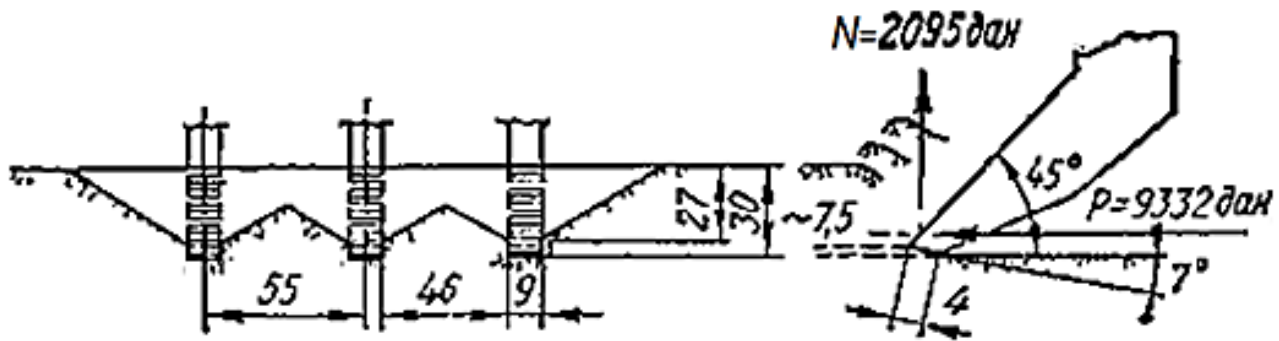


Рис.1 Схема приложения и величины сил – касательной P и нормальной N

Величины $k_{бок}$, γ и k_γ принимаем по табл. 5 (прил.4):

$$k_{бок} = 0,92; \quad \gamma = 29^\circ; \quad k_\gamma = 0,81$$

Угол трения грунта по стали берем для мергеля (16°).

Коэффициенты $\eta_{бок}$ и $\eta_{бок.ср}$ принимаем по табл.5 прил.4:

$$\eta_{бок} = 0,52; \quad \eta_{бок.ср} = 76$$

Коэффициент $\eta_{пл.изн}$ определяем по табл.7 (прил.5).

При ширине площадки износа $a = 40$ мм = 4 см и глубине резания $h=30$ см:

$$\eta_{пл.изн} = 116 \cdot 4 = 0,464 \approx 0,46$$

Для определения максимальной касательной силы резания надо вычислить частные площади и длины сечения среза (табл.1):

Таблица 1

Расчет параметров среза для примера к заданию

$\sum_{i=1}^n F_{св\ i} \text{ см}^2$	$\sum_{i=1}^n F_{бок\ i} \text{ см}^2$	$\sum_{i=1}^n L_{бок.ср\ i} \text{ см}$	$\sum_{i=1}^n L_{пл.изн\ i} \text{ см}$
810	3537	14,4	27

Так как все зубья имеют одинаковые размеры, можно суммировать соответствующие площадки и длины сечения среза, используя формулу:

$$P = m_{св} (\varphi \sum_{i=1}^n F_{св\ i} + \eta_{бок} \sum_{i=1}^n F_{бок\ i} + \eta_{бок.ср} \sum_{i=1}^n L_{бок.ср\ i} + \eta_{пл.изн} h \sum_{i=1}^n L_{пл.изн\ i})$$

Подставив в эту формулу значения величин из табл.1, получаем результат:

$$P = 3 \cdot (1 \cdot 810 + 0,52 \cdot 3537 + 76 \cdot 14,4 + 0,46 \cdot 30 \cdot 27 = 9332 \text{ даН}$$

Как следует из расчетов, для преодоления сопротивлений площадке износа на зубьях требуется усилие

$$P_{пл.изн} = 3 \cdot 0,46 \cdot 30 \cdot 27 = 1117,8 \text{ даН}$$

По найденным величинам максимальной касательной силы резания P и суммарной площади поперечного сечения среза можно получить величины удельной среднемаксимальной силы резания p и энергоемкости e (табл. 2):

Таблица 2

Результаты расчетов для примера к заданию

$P \text{ даН}$	$N \text{ даН}$	$N_{рез} \text{ л.с.}$	$p \text{ даН/см}^2$	$F_{ср} \text{ см}^2$	$e \text{ даН см/см}^2$
9332	2095	132	2,15	4347	1,80

Как видно из табл.1, наибольшую величину имеет зона боковых расширений прорезей, разрушение грунта в которых отличается малой энергоемкостью e . Этим объясняется то, что удельная сила резания p меньше, чем $m_{св}$ (табл.2).

Нормальную силу резания N вычисляем по формуле:

$$N = (P_{св} + P_{бок} + P_{бок.ср}) \operatorname{ctg}(\delta + \mu) - P_{пл.изн} \operatorname{ctg}(\delta_1 + \mu)$$

Подставляя в формулу числовые значения ее элементов, получаем величину N , приведенную в табл. 2.

Нормальная сила N имеет положительное значение, то есть должна быть направлена в сторону поверхности массива, т.е. вверх.

Для перемещения рыхлителя во время работы используется гусеничный трактор Т-180.

Из технической характеристики трактора (табл.4, прил.3) следует, что он может рыхлить грунт на первой передаче, при которой наибольшая сила тяги равна 14 400 даН, а скорость передвижения — 2,86 км/ч.

Принимая во внимание коэффициент энергоемкости резания $k_э$, вычисляем мощность резания $N_{рез}$:

$$N_{рез} = [(P - P_{пл.изн})k_э + P_{пл.изн}] \frac{V \cdot 1000}{3600 \cdot 75}, \text{ л.с.}$$

$$N_{рез} = [(9332 - 1117,8) \cdot 0,81 + 1117,8] \frac{2,86 \cdot 1000}{3600 \cdot 75} = 82,3 \text{ л.с.}$$

Схемы приложения сил P и N , а также их величины показаны на рис. 1.

Отчетность по работе

Законченная работа с приложением необходимых схем (схемы сечения зоны разрушения грунта и максимальных сил резания) сдается преподавателю.

Приложение 1. Условные обозначения

$F_{св}$	— площадь лобовой (средней части) прорези (расчет);
$F_{бок}$	— площадь боковых частей (расширения) прорези (расчет);
h	— глубина рыхления (толщина среза) грунта (исх. данные, табл.3);
b	— ширина зуба рыхлителя (стойки) (исх. данные, табл.3);
c	— шаг зубьев рыхлителя (исх. данные, табл.3);
a	— ширина площадки износа зуба рыхлителя (исх. данные, табл.3);
δ_1	— угол наклона площадки износа к траектории резания (исх. данные, табл.3);
$k_{бок}$	— коэффициент глубины расширения прорези;
$k_э$	— коэффициент энергоемкости резания грунта;
n	— количество зубьев рыхлителя, ($n=3$ для всех вариантов);
μ	— угол трения грунта по отвалу (табл.5, прил.4);
$L_{бок.ср}$	— суммарная длина линий бокового среза (расчет);
$L_{пл.изн}$	— длина площадки износа на режущей кромке ножа (расчет);
$m_{св}$	— коэффициент крепости грунта при угле резания $\square\square\square\square 45^\square$ (исх. данные, табл.3);
$m_{бок}$	— коэффициент силы разрушения грунта в боковых расширениях прорези;
$m_{бок.ср}$	— коэффициент удельной силы среза грунта боковым ребром ножа;
P	—максимальная сила резания (касательная) простым ножом (расчет);
N	—нормальная сила резания простым ножом (расчет);
$P_{ср}$	—средняя сила резания простым ножом (расчет);
$P_{св}$	— сила преодоления лобовых сопротивлений (расчет);
$P_{бок}$	— сила разрушения грунта в боковых расширениях прорези (расчет);
$P_{бок.ср}$	— сила бокового среза (боковыми ребрами ножа) (расчет);
$P_{пл.изн}$	— сила преодоления сопротивлений от износа режущей кромки ножа;
$p_{св}$	— удельная сила преодоления лобовых сопротивлений;
$p_{бок}$	— удельная сила разрушения грунта в боковых расширениях прорези;
$p_{бок.ср}$	— удельная сила бокового среза (боковыми ребрами ножа);
$p_{пл.изн}$	— удельная сила преодоления сопротивлений от износа режущей кромки ;
δ	— угол резания грунта ($\delta=45^\circ$ для всех вариантов);
φ	— коэффициент влияния угла резания, ($\varphi=1$ для угла резания $\delta=45^\circ$);
γ	— угол развала боковых расширений прорези;
$\eta_{бок}$	— коэффициент, характеризующий зависимость удельной силы разрушения грунта в боковых расширениях от вида грунта (табл.5);

- $\eta_{бок.ср}$ — коэффициент, характеризующий зависимость удельной силы резания грунта боковыми ребрами ножа от вида грунта (табл.5);
- $\eta_{пл.изн}$ — коэффициент, характеризующий влияние износа режущей кромки ножа;
- $N_{рез}$ — мощность резания грунта рыхлителем (расчет);
- V — скорость резания грунта рыхлителем (расчет);

Приложение 2. Исходные данные

Таблица 3

Исходные данные

Вариант	Базовый трактор	Грунт	Глубина рыхления грунта, h , см	Кэф. крепости грунта, $m_{св}$, даН/см ²	Ширина зубьев, b , мм	Шаг зубьев, c , мм	Ширина площадки износа, a , мм	Угол наклона площадки износа δ_1 , град
1	ДЭТ-250	Мергель	50	3	100	600	50	-7
2	ДЭТ-250	Фосфориты	52	3	100		45	-6
3	ДЭТ-250	Глина замерзшая	45	2,7	100		40	-5
4	ДЭТ-250	Слабый песчаник	48	3	100		42	-6
5	ДЭТ-250	Аргиллит	50	3,2	100		40	-7
6	Т-330	Мел	45	2,75	90	550	50	-6
7	Т-330	Темно-серая глина	52	2,3	90		45	-7
8	Т-330	Тяжелый суглинок	54	2,1	90		40	-7
9	Т-330	Серо-зеленая глина	55	2,4	90		42	-6
10	Т-330	Слабый песчаник	40	2,6	90		40	-6
11	Т-220	Глина замерзшая	33	2,50	80	550	50	-7
12	Т-220	Слабый песчаник	30	2,7	80		45	-7
13	Т-220	Фосфориты	35	3,2	80		40	-8
14	Т-220	Глина	38	2,5	80		42	-6
15	Т-220	Тяжелый суглинок	40	2,2	80		40	-7
16	Т-180	Глина замерзшая	30	2,25	90	550	50	-8
17	Т-180	Тяжелый суглинок	32	2,2	90		45	-7
18	Т-180	Серо-зеленая глина	34	2,3	90		40	-6
19	Т-180	Глина	36	2,4	90		42	-7
20	Т-180	Суглинок	35	2,1	90		40	-6
21	Т-130	Глина яблочно-зелен	25	2	80	500	50	-6
22	Т-130	Лессовидный суглинок	35	2	80		45	-6
23	Т-130	Тяжелый суглинок	27	2,1	80		40	-7
24	Т-130	Глина	29	2,2	80		42	-5
25	Т-130	Суглинок	30	2	80		40	-7
26	Т-25.01	Слабый песчаник	42	2,75	100	600	50	-7
27	Т-25.01	Мел	50	2,8	100		45	-6
28	Т-25.01	Мергель	55	3,2	100		40	-8
29	Т-25.01	Фосфориты	50	3,3	100		42	-8
30	Т-25.01	Аргиллит	48	3,2	100		40	-7

Приложение 3. Характеристика базовых тракторов

Таблица 4

Технические характеристики гусеничных тракторов

Марка тягача (трактора)	Параметры	Передачи				
		1	2	3	4	5
Т-130	Скорость, км/ч	3,17	3,77	4,58	5,22	6,37
тяг. класс 10	Тяговое усилие, даН	9340	8750	8140	7300	6150
Т-180	Скорость, км/ч	2,86	4,62	6,37	8,66	11,96
тяг. класс 15	Тяговое усилие, даН	14400	7400	5400	3600	2350
Т-220	Скорость, км/ч	бесступенчато от 0 до 17,6				
тяг. класс 15	Тяговое усилие, даН	15000 даН при 1,0 км/ч				
ДЭТ-250	Скорость, км/ч	бесступенчато от 2,3 до 15				
тяг. класс 25	Тяговое усилие, даН	14800 даН при 2,3 км/ч				
Т-330	Скорость, км/ч	бесступенчато от 0 до 16,4				
тяг. класс 25	Тяговое усилие, даН	25000 даН при 1,2 км/ч				
Т-25.01	Скорость, км/ч	бесступенчато от 3,5 до 12,0				
тяг. класс 25	Тяговое усилие, даН	24500 даН при 3,5 км/ч				

Приложение 4. Размерная характеристика зоны разрушения грунта

Таблица 5

Размерная характеристика зоны разрушения грунта при блокированном резании

Грунт	$k_{бок} = \frac{h_1}{h}$	$\gamma, град$	Категория грунта	Коэффициент энергосъемности, $k_э$	$\eta_{бок}$	$\eta_{бок.ср}$	Угол тре- ния грунта по отвалу $\mu, град$
Суглинок	0,78	30	2	0,87	0,36	13,7	15
Тяжелый суглинок	0,85	40	3	0,83			14
Лессовидный суглинок	0,73	45	3	0,88			14
Серо-зеленая глина	0,83	35	3	0,82			15
Темно-серая глина	0,72	30	3	0,84			15
Глина	0,85	36	3	0,90			16
Глина яблочно-зеленая	0,80	35	3	0,94			15
Слабый песчаник	0,90	30	4	0,72	0,52	76	15
Мергель	0,92	29	4	0,81			16
Мел	0,90	30	4	0,74			17
Аргиллит	0,90	30	5	0,65			17
Фосфориты	0,70	30	5	0,60			18
Глина замерзшая	0,96	30	6	0,56			15

Приложение 5. Значения коэффициентов к расчетным формулам

Таблица 6

Коэффициент φ по экспериментальным данным

Угол резания δ , град	Значение φ	Угол резания δ , град	Значение φ
25	0,59	45	1,00
30	0,66	47,5	1,13
32,5	0,70	50	1,35
35	0,74	52,5	1,53
37,5	0,78	55	1,70
40	0,85	57,5	1,88
42,5	0,93	60	2,05

Таблица 7

$\eta_{пл.изн}$

Величина a при угле резания $\delta=45^\circ$

Глубина рыхления, h , см	$\frac{\eta_{пл.изн}}{a}$	Глубина рыхления, h , см	$\frac{\eta_{пл.изн}}{a}$
1	1,210	25	0,129
2	0,700	30	0,116
3	0,525	35	0,107
4	0,420	40	0,100
5	0,360	45	0,095
10	0,224	50	0,091
15	0,175	55	0,081
20	0,137	60	0,070

Примечание. При расчете коэффициента $\eta_{пл.изн}$ ширину площадки износа a принимают в см.

Приложение 6. Схема сечения зоны разрушения грунта

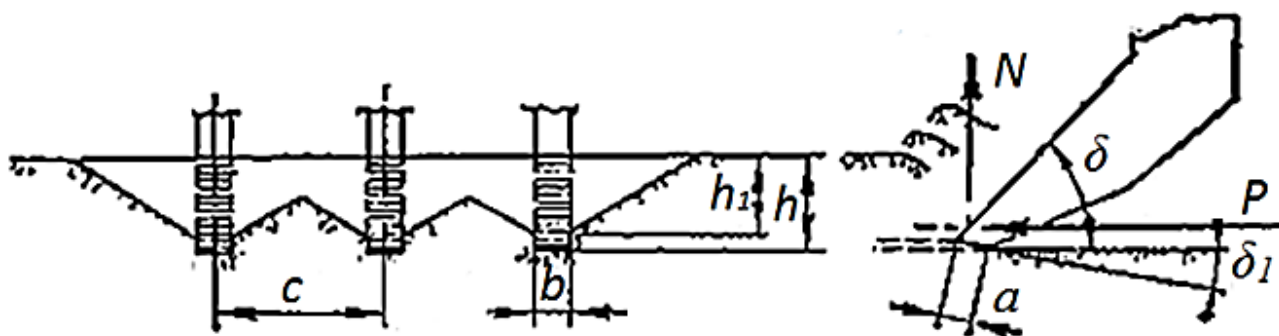
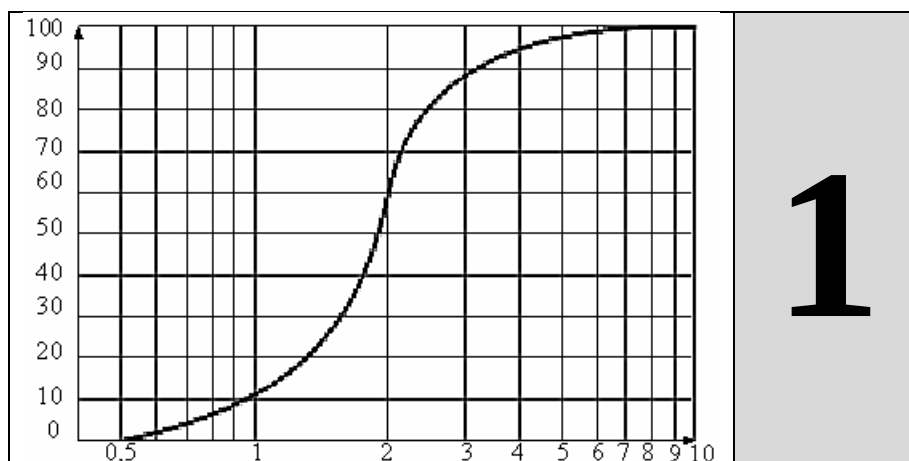


Рис.2 Схема сечения зоны разрушения грунта и максимальных сил резания

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторная работа № 1

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТА



В процессе работы землеройных машин наибольшая часть энергии затрачивается на резание грунта и заполнение им рабочего органа, или перемещение грунта по поверхности рабочего органа.

Машины для земляных работ эксплуатируют на грунтах, обладающих различными физико-механическими свойствами, которые влияют на производительность и эффективность этих машин. Взаимодействие рабочих органов землеройных машин с грунтом зависит от многих факторов, основным из которых является характеристика грунта, которая должна учитываться при определении их параметров и конструкции.

Физико-механические характеристики грунтов влияют на трудность их разработки и проходимость землеройных машин, предназначенных для работы в заданных грунтовых условиях, и должны учитываться при выборе типа и мощности машин, рабочего и ходового их оборудования.

Трудность разработки грунтов оценивают с учетом ряда их основных физико-механических характеристик: гранулометрического состава, плотности, влажности, липкости, разрыхляемости, прочности.

1. Цели и задачи работы.

Цель лабораторной работы – закрепить теоретические сведения по определению гранулометрического состава различных грунтов и классификации грунтов по трудности их разработки.

Задача работы – определить гранулометрический состав грунтов, построить для него суммарную кривую гранулометрического состава и определить коэффициент неоднородности.

2. Общие сведения о грунтах.

2.1. Гранулометрический состав грунтов

*Гранулометрическим*¹ называется состав грунтов по размерам частиц (зерен) в миллиметрах и количеству в процентах к массе абсолютно сухого грунта.

Гранулометрический состав является одной из важнейших характеристик грунтов, дает возможность оценить его физико-механические свойства и решить вопрос об использовании его в строительстве.

Зерна (частицы) грунта, близкие по размерам и свойствам, объединяют в группы, называемые *гранулометрическими фракциями*.

В состав любого грунта входят четыре основных гранулометрических фракции:

- ❖ *гравийная* с размером частиц крупнее 2-х мм;
- ❖ *песчаная* 2-0,05 мм;
- ❖ *пылеватая* 0,05-0,005 мм;
- ❖ *глинистая* – мельче 0,005 мм.

Каждая гранулометрическая фракция состоит из отдельных зерен (частиц), называемых гранулометрическими элементами, например 1; 0,1; 0,05 мм и т.д.

Гранулометрический (зерновой) состав грунта (ГОСТ 12536-79) определяют по суммарному содержанию в нем частиц различной крупности, выраженных в процентах по отношению к массе сухой пробы грунта, взятой для анализа.

Определение гранулометрического состава грунта заключается в его разделении на фракции и установлении их процентного содержания.

Существуют два способа определения гранулометрического состава:

□ *прямой* – ситовой метод определения гранулометрического состава песчаных грунтов

□ *косвенные* – *ареометрический* метод, основанный на учете разных скоростей падения частиц различного диаметра в жидкой среде (закон Стокса) и *полевой* метод определения зернового состава глинистых грунтов (метод Рутковского).

¹ *Гранулум (лат.)* – зернышко, частичка.

3. Определение гранулометрического состава песчаных грунтов ситовым методом

Для песчаных грунтов в настоящее время основным методом является **ситовой**. Этот метод позволяет определять содержание в грунте фракций размером (диаметром) более 0,1 мм, не требует применения сложной аппаратуры, прост для использования и дает достаточно точные результаты.

Ситовой метод может быть использован для анализа чистых песков, песков с примесью гравия и гальки (гравелистых песков), а также гравийно-песчаных грунтов.

Гранулометрический состав песчаных грунтов следует определять методами, предусмотренными табл. 1.

Таблица 1

**Методы определения гранулометрического состава песчаных грунтов
(извлечение из ГОСТ 12536-79)**

Разновидность грунтов		Состав грунта	Метод определения
Песчаные, при выделении зерен песка крупностью:	от 10 до 0,5 мм	Гранулометрический (зерновой)	Ситовой без промывки водой
	от 10 до 0,1 мм		Ситовой с промывкой водой

По гранулометрическому составу крупнообломочные грунты и пески подразделяют согласно табл. 2.

Таблица 2

**Классификация несвязных грунтов
(извлечение из ГОСТ 25100-95, табл. Б.10)**

Разновидность песков	Размер зерен, d , мм	Содержание зерен, % по массе
Гравелистый	>2	>25
Крупный	$>0,50$	>50
Средней крупности	$>0,25$	>50
Мелкий	$>0,10$	$\square 75$
Пылеватый	$>0,10$	<75

Примечание. При наличии в крупнообломочных грунтах песчаного заполнителя более 40 % или глинистого заполнителя более 30 % от общей массы воздушно-сухого грунта в наименовании крупнообломочного грунта добавляется наименование вида заполнителя и указывается характеристика его состояния.

Вид заполнителя устанавливается после удаления из крупнообломочного грунта частиц крупнее 2 мм.

Степень неоднородности гранулометрического состава C_u характеризуется показателем неоднородности гранулометрического состава и определяется по формуле

$$C_u = d_{60} / d_{10},$$

где d_{60} и d_{10} – диаметры частиц (мм), меньше которых в грунте содержится соответственно 60 и 10 % (по массе) частиц.

По степени неоднородности гранулометрического состава C_u крупнообломочные грунты и пески подразделяют на:

- ❖ однородный грунт ($C_u \leq 3$)
- ❖ и неоднородный грунт ($C_u > 3$).

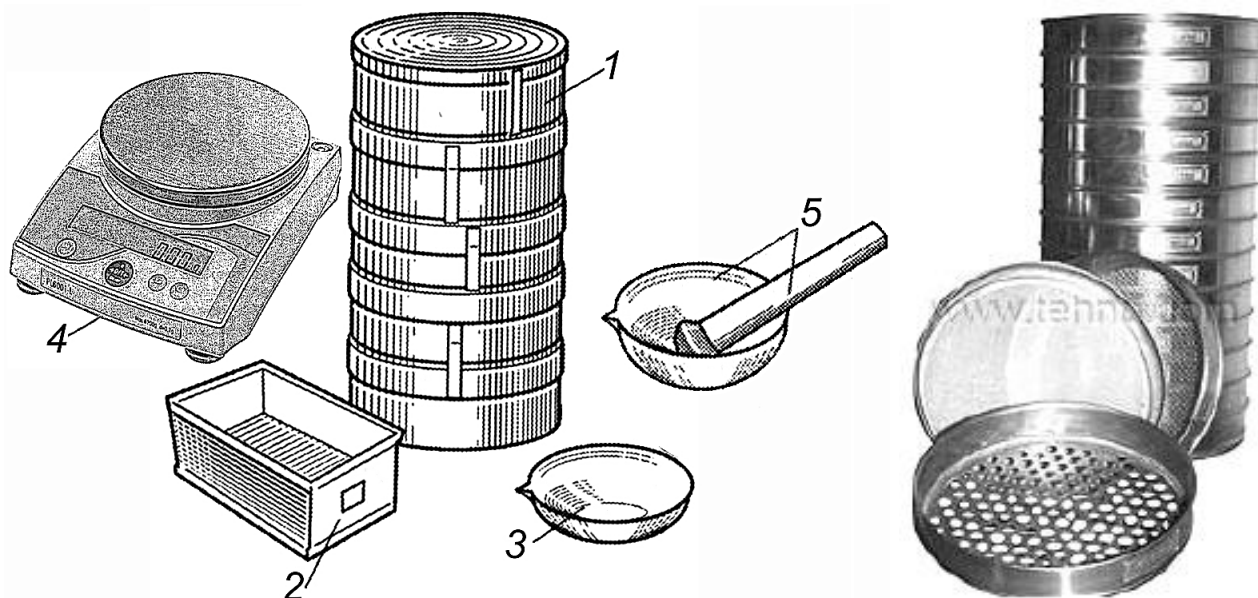


Рис. 1. Оборудование, необходимое для определения гранулометрического состава ситовым методом:

1- Набор стандартных сит (размеры отверстий 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1, мм) с поддоном и крышкой; 2- лоток для анализируемого грунта; 3 - чашка фарфоровая для взвешивания фракций; 4 - лабораторные весы с точностью взвешивания до 0,01 г; 5 - фарфоровая ступка и пестик с резиновым наконечником; кисточка для сметания частиц с сит; шпатель (грунтовый нож с прямым лезвием); лист белой плотной бумаги размером 25х25 см.

4. Выполнение работы

- ☐ Перед началом выполнения работы образец грунта доводят до воздушно-сухого состояния. Комки грунта растирают резиновым пестиком в фарфоровой ступке.
- ☐ Среднюю пробу для анализа отбирают методом квартования.

Необходимую для анализа среднюю пробу воздушносухих грунтов берут методом *квартования (квадратов)* (рис.2).

Для этого насыпают грунт тонким слоем на лист фанеры (картона или плотной бумаги), проводят шпателем или ножом борозды в продольном и поперечном направлении, разделяя грунт на четыре квадрата.

Два любых накрест лежащих квадрата отбрасывают, а оставшиеся два – перемешивают и повторяют процесс деления.

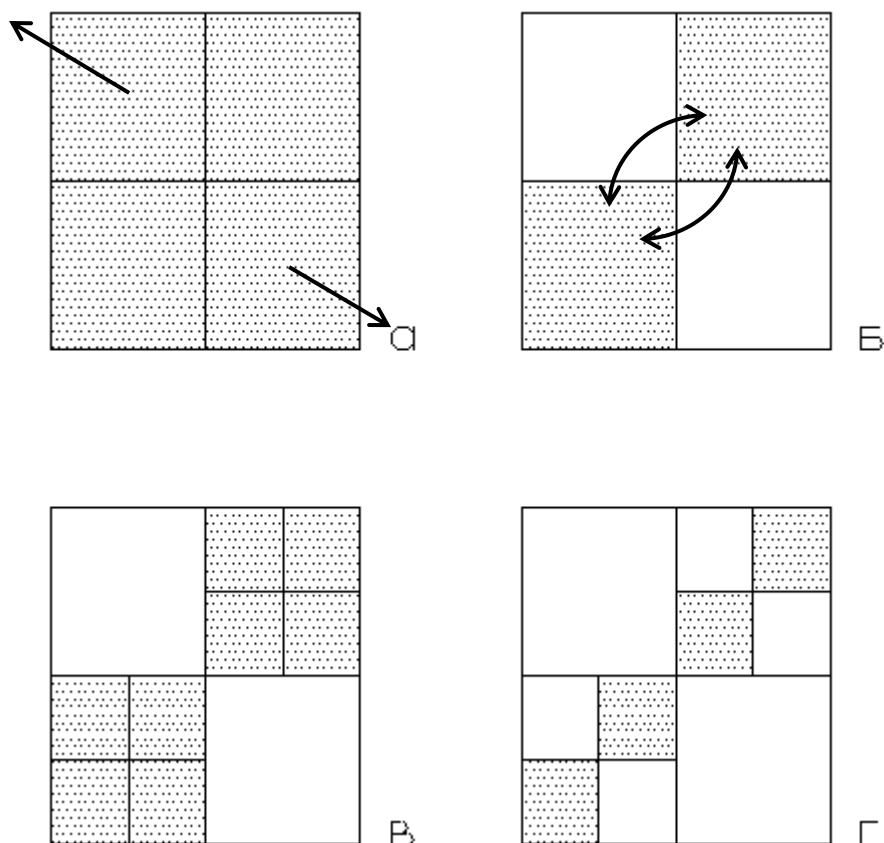


Рис.2 Отбор средней пробы грунта методом квартования

Масса средней пробы должна составлять:

- для грунтов, не содержащих частиц размером более 2 мм, – 100 г;
- для грунтов, содержащих до 10 % (по массе) частиц размером более 2 мм, – не менее 500 г;
- для грунтов, содержащих от 10 до 30% частиц размером более 2 мм, – 1000 г;
- для грунтов, содержащих свыше 30% частиц размером более 2 мм, – не менее 2000 г.

- ☐ Отобранная проба взвешивается на весах с точностью до 0,01 г.
- ☐ Сита монтируются в колонку от поддона в порядке увеличения отверстий. На верхнее сито надевается крышка.
- ☐ Взвешенную пробу грунта следует просеять сквозь набор сит с поддоном ручным способом путем неоднократного встряхивания (3...5 мин).
- ☐ **Полноту просеивания** фракций грунта проверяют встряхиванием каждого сита над листом белой бумаги. Если при этом на лист выпадают частицы, то их высыпают на следующее сито; просев продолжают до тех пор, пока на бумагу перестанут выпадать частицы.

- Фракции грунта, задержавшиеся после просеивания на каждом сите и прошедшие в поддон, следует перенести в заранее взвешенные фарфоровые чашечки и взвесить. Каждая чашечка с грунтом взвешивается на весах с точностью до 0,01 г.

Допустимо использование одной и той же фарфоровой чашечки при последовательном взвешивании фракции.

5. Запись, обработка и оформление результатов испытаний

1. Запись результатов

Масса средней пробы грунта, взятой для анализа $m = \text{---} \text{г}$.

Масса чашечки $m_0 = \text{---} \text{г}$.

Результаты взвешивания **каждой фракции** m_i (г) и их **сумма** $\sum m_i$ (г) вносятся в табл. 3, строка 1.

$m_i = m_{ci} - m_0$ – масса i -й фракции грунта, г;

где m_{ci} – масса i -й фракции с чашечкой, г;

m_0 – масса чашечки, г.

Для контроля качества проведенного анализа, путем сравнения суммы масс всех фракций $\sum m_i$ (г), с массой пробы, взятой для анализа m , необходимо рассчитать **процент потерь**

$$k_{n\%} = 100 \cdot \frac{(m - \sum m_i)}{m}$$

Если полученный результат $>1 \%$, то анализ следует повторить.

Потери грунта ($\leq 1\%$) при просеивании $(m - \sum m_i)$ разносят по всем фракциям Δm_i (г), пропорционально их массе m_i и записывают в табл.3, строка 2:

$$\Delta m = \frac{(m - \sum m_i) \cdot m_i}{\sum m_i}$$

Массу каждой фракции грунта q_i (г), (табл.3, строка 3) с учетом добавки на потери Δm_i (г), вычисляют по формуле

$$q_i = m_i + \Delta m_i$$

Процентное содержание каждой фракции $q_{i\%}$ (табл.3, строка 4) вычисляется по формуле

$$q_{i\%} = \frac{m_i}{m} \cdot 100$$

**Журнал лабораторного определения гранулометрического состава грунта
(ситовой метод без промывки водой)**

Вес, г	Фракции грунта, мм							Сумма
	>10	10–5	5–2	2–0,5	0,5–0,25	0,25–0,10	<0,10	
$m_i = m_{ci} - m_0$								$\sum m_i, г$
Δm_i								$\sum \Delta m_i, г$
$q_i = m_i + \Delta m_i$								$\sum q_i, г$
$q_{i\%} = \frac{m_i}{m} \cdot 100$								$\sum q_{i\%}, \%$

В заключение работы, используя данные, полученные в последней строке табл. 3, определяют **разновидность грунта** по табл. 2.

2. Графическое отображение результата гранулометрического анализа

Кроме таблиц, для наглядного отражения результатов гранулометрического анализа используют графическое представление.

Наиболее употребительными способами графического отображения гранулометрического состава являются интегральные кривые гранулометрического состава, диаграммы – треугольники, циклограммы и гистограммы.

Интегральные кривые строят в прямоугольной системе координат в простом или полулогарифмическом масштабе. По оси абсцисс откладывают диаметр частиц в миллиметрах или логарифм этих величин (точнее, размеры, пропорциональные логарифмам), по оси ординат – процентное содержание фракций (рис. 3).

Для построения интегральной кривой результаты анализов пересчитывают по совокупности фракций. Начиная с самой мелкой фракции, проценты суммируют до 100. Каждая из промежуточных цифр полученного ряда будет показывать суммарное процентное содержание в грунте фракций меньше определенного диаметра.

Выполнив пересчет, приступают к построению кривой. Для этого на оси абсцисс находят диаметры частиц, начиная с самых мелких, а на соответствующих ординатах точками отмечают процентное содержание фракций меньше определенного диаметра. Затем все точки соединяют плавной кривой, отображающей состав грунта (рис. 3).

Кривые, построенные в полулогарифмическом масштабе, получаются менее растянутыми, чем кривые, построенные в простом масштабе, они более удобны и наглядны.

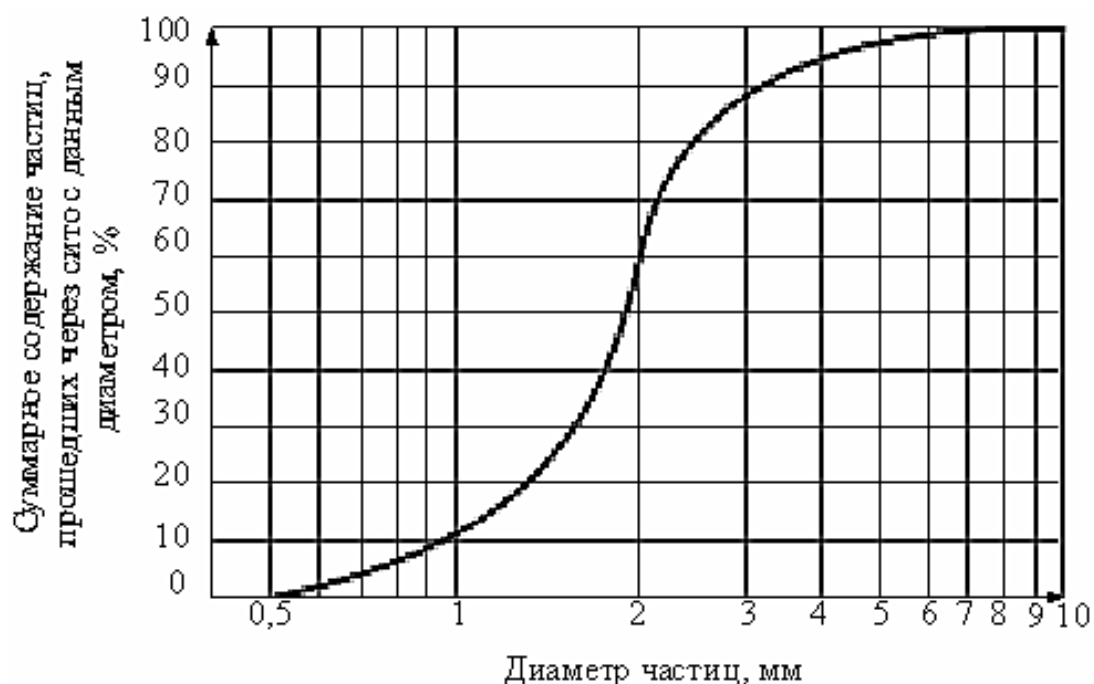


Рис. 3. Пример интегральной кривой гранулометрического состава грунта в полулогарифмическом масштабе

Характер кривых показывает степень однородности состава грунта. Если кривая крутая, то грунт однородный по составу, если пологая – то неоднородный.

6. Пример выполнения работы

Таблица 4

Журнал лабораторного определения гранулометрического состава грунта

Вес, г	Фракции грунта, мм								Сумма
	>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	<0,10	
$m_i = m_{ci} - m_0$									$\sum m_i, г$
Δm_i									$\sum \Delta m_i, г$
$q_i = m_i + \Delta m_i$	0	10	35	105	85	90	125	50	500 г
$q_{i\%} = \frac{m_i}{m} \cdot 100$	0	2	7	21	17	18	25	10	100%
Полные остатки, %	0	2	9	30	47	65	90	100	

Полученные результаты полных остатков (табл.4) сравнивают с данными табл.2., определение наименования грунта производится по *первому удовлетворяющему показателю* в порядке расположения фракций, то есть сверху вниз.

6.1. Расчеты

1. Частные остатки:

фракции 10 – 5 мм $A = \frac{2}{500} \cdot 100 = 2\%$

фракции 5 – 2 мм $A = \frac{35}{500} \cdot 100 = 7\%$ и так далее

2. Полные остатки:

фракции 10 – 5 мм 2%

фракции 5 – 2 мм $2+7=9\%$ и так далее

Заключение. Грунт представляет собой песок средней крупности, так как полный остаток на сите 0,25 мм более 50%.

6.2. Графическое отображение результата

Построим суммарную кривую в *полулогарифмическом* масштабе (рис. 4), нанеся на сетку данные определения гранулометрического состава (из табл. 4).

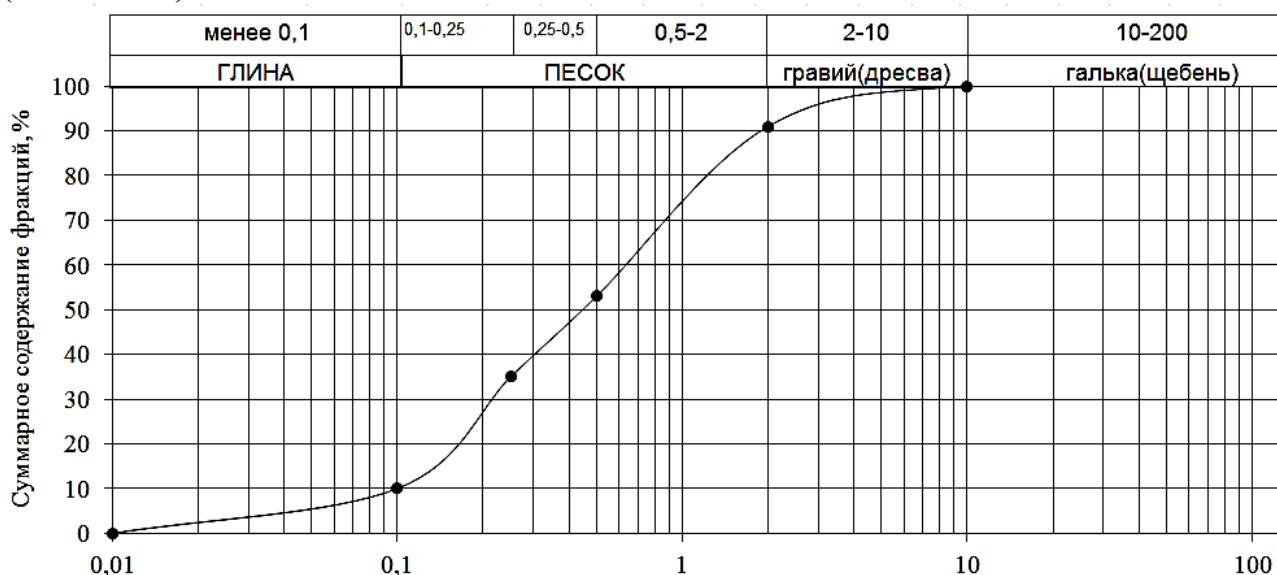


Рис.4 Суммарная (интегральная) кривая гранулометрического состава

По суммарной кривой определяем d_{60} и d_{10} , подсчитываем коэффициент неоднородности $k_{\frac{60}{10}}$ и заключением дополняем наименование грунта. Грунт: *песок средней крупности*.

Определение коэффициента неоднородности

Показатели	Величины
Размер (диаметр) частиц, мельче которого в данном грунте содержится 60 % (по массе) d_{60} , мм	0,65
Размер (диаметр) частиц, мельче которого в данном грунте содержится 10 % (по массе) d_{10} , мм	0,10
Действующий или эффективный диаметр d_{10} , мм	0,1
Коэффициент неоднородности грунта $k_{\frac{60}{10}}$	6,5

Расчет: коэффициент неоднородности $k_{\frac{60}{10}} = \frac{0,65}{0,10} = 6,5$

6.3. Выводы по работе

Грунт представляет собой *песок средней крупности неоднородный*, так как коэффициент неоднородности $k_{\frac{60}{10}} > 3$, действующий или эффективный диаметр $d_{10} = 0,1 \text{ мм}$.

7. Оформление и защита отчета

Лабораторная работа оформляется индивидуально на листах формата А4. Оформление отчета рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- название лабораторной работы;
- изложение целей лабораторной работы;
- краткое изложение порядка подготовки и проведения опытов;
- расчеты и таблицы обработки с данными обработки;
- формирование выводов по работе.

Порядок защиты отчета:

- после окончательного оформления отчета производится защита лабораторной работы.

Вопросы для самоконтроля к лабораторной работе

- Что называется гранулометрическим составом грунта?
- Каким методом определяют гранулометрический состав песчаных грунтов?
- Как определяют коэффициент неоднородности грунта?
- Как классифицируются грунты по коэффициенту неоднородности?
- Способы отображения результатов гранулометрического анализа?

Лабораторная работа №2

2. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОДНОКОВШОВЫХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Цель работы: изучить устройство и рабочий процесс одноковшовых экскаваторов с гидравлическим приводом.



Задание:

Изучить устройство и работу полноповоротного экскаватора.

Описать устройство и работу одного из механизмов экскаватора (по заданию преподавателя).

1. Конструкция одноковшовых гидравлических экскаваторов

Экскаваторы – это самоходные землеройные машины с ковшовым рабочим оборудованием, предназначенные для разработки грунтов с перемещением их на небольшие расстояния в отвал или в транспортные средства.

По характеру рабочих процессов различают **экскаваторы циклического и непрерывного действия**. К экскаваторам циклического действия относятся одноковшовые экскаваторы, которые выполняют 35 % объема земляных работ в строительстве, а во всем народном хозяйстве – около 70%.

Одноковшовые экскаваторы с гидравлическим приводом представляют собой много моторные машины с жесткой подвеской рабочего оборудования, у которых для передачи мощности от двигателя к рабочим механизмам используется гидравлический объемный привод. Параметры гидравлических экскаваторов регламентированы ГОСТ 30067-93 «Экскаваторы одноковшовые универсальные полноповоротные». По сравнению с механическими гидравлические экскаваторы имеют более широкую но-

менклатуру сменных рабочих органов, число которых постоянно растет, больше количество основных и вспомогательных движений рабочего оборудования, что значительно расширяет их технологические возможности и обеспечивает высокий уровень механизации земляных работ, особенно в стесненных условиях.

Гидравлический привод позволяет: значительно упростить кинематику трансмиссии и рабочего оборудования; расширить номенклатуру сменного рабочего оборудования; уменьшить габариты машины; рационально совмещать рабочие операции; максимально использовать мощность силовой установки; повысить мобильность и универсальность машин и улучшить качество выполняемых работ, сообщать сменным рабочим органам движения, позволяющие выполнять земляные работы в труднодоступных местах; обеспечивать плавность движения и точную ориентацию рабочего органа; реализовать большие (в 1,5...2 раза) усилия копания; повысить производительность машин в среднем на 30...35 %; улучшить условия труда машиниста.

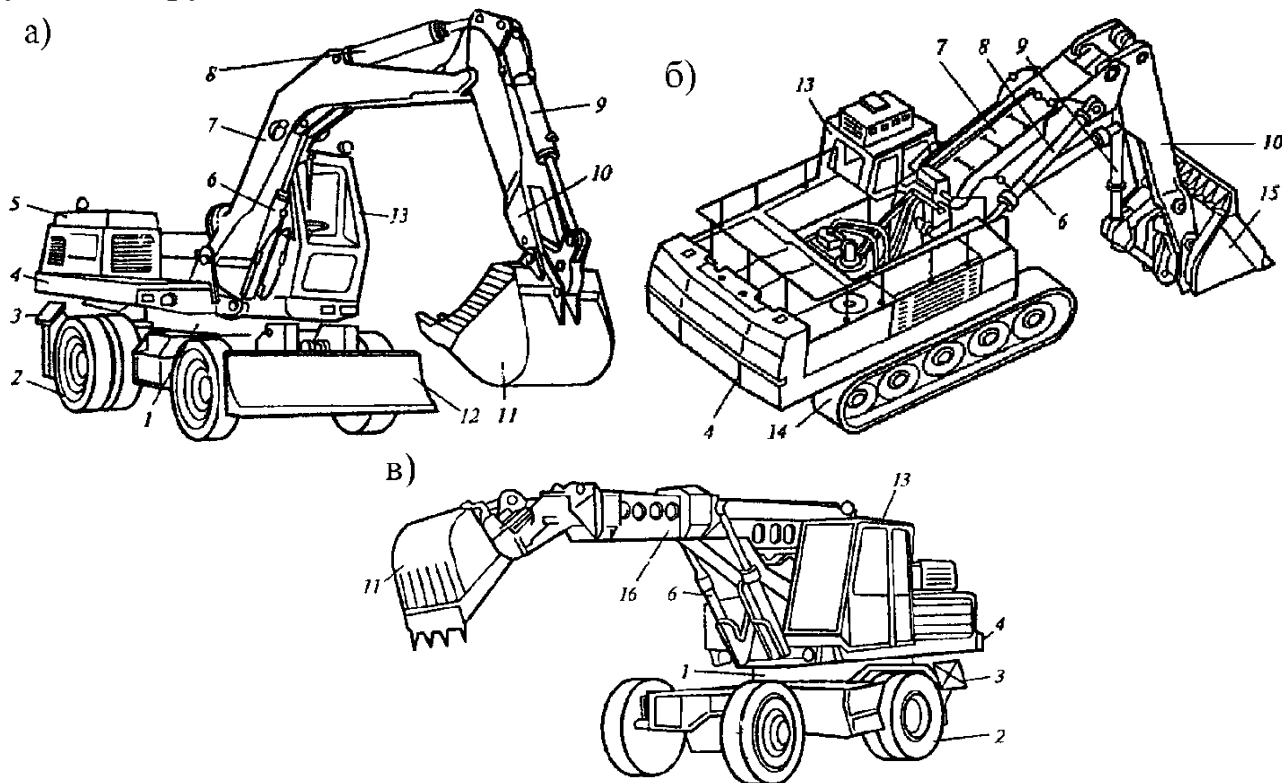


Рис. 1. Одноковшовые гидравлические полноповоротные экскаваторы с жесткой подвеской рабочего оборудования: а) экскаватор с оборудованием обратная лопата;

б) экскаватор с оборудованием прямая лопата; в) экскаватор-планировщик;

1 - опорно-поворотное устройство; 2 - пневмоколесное ходовое устройство; 3 - выносная опора; 4 - поворотная платформа; 5 - силовая установка; 6,8,9 - гидроцилиндры стрелы; 7- стрела; 10 - рукоять; 11- ковш обратной лопаты; 12 - бульдозерный отвал;

13 - кабина машиниста; 14 - гусеничное ходовое устройство; 15 - ковш прямой лопаты; 16 - телескопическая стрела.

Различают гидравлические экскаваторы с *шарнирно-рычажным* (рис.1, а,б) и *телескопическим* (рис.1,в) рабочим оборудованием, для удержания и приведения в действие которого используют жесткие связи - гидравлические цилиндры. Основными рабочими движениями шарнирно-рычажного оборудования являются изменение угла наклона стрелы, поворот рукояти с ковшом относительно стрелы и поворот ковша относительно рукояти, телескопического - выдвижение-втягивание телескопической стрелы.

Гидравлические полноповоротные экскаваторы с шарнирно-рычажным рабочим оборудованием созданы на базе единых конструктивных схем, широкой унификации агрегатов и узлов и серийно выпускаются 3–5-й размерных групп. Привод сменного рабочего оборудования таких экскаваторов осуществляется от гидроцилиндров, а поворот платформы и передвижение машины - от индивидуальных гидромоторов.

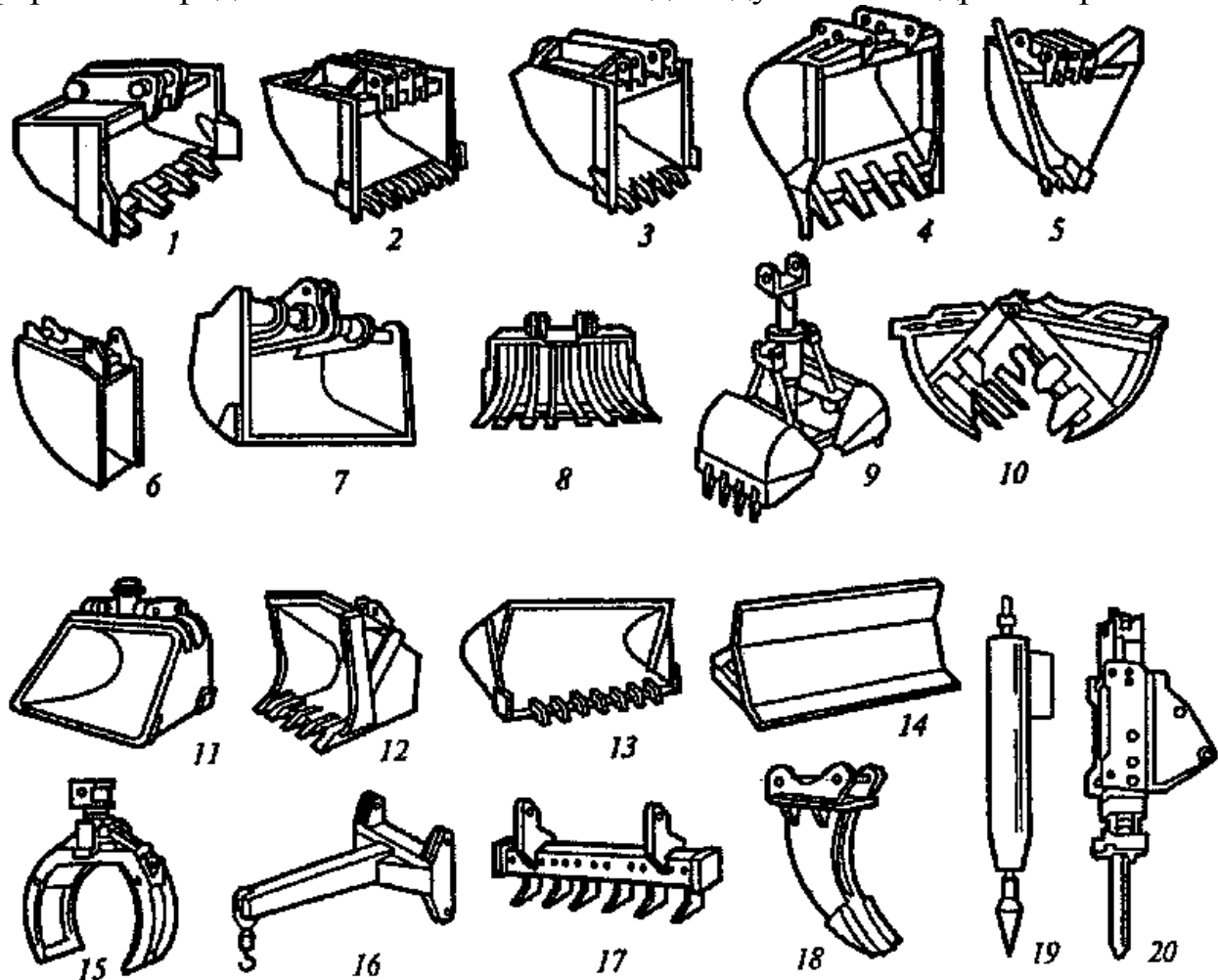


Рис. 2 Сменные рабочие органы гидравлических экскаваторов.

В качестве сменных рабочих органов гидравлических экскаваторов (рис. 2) при выполнении обычных земляных работ используют ковши обратных 1-3 и прямых 4 лопат различной вместимости, ковши для дренажных работ 5 и рытья узких траншей 6, ковши с зубьями и со сплошной

режущей кромкой для планировочных 7 и зачистных 8 работ, двухчелюстные грейферы для рытья траншей и котлованов 9 и погрузки крупнокусковых материалов и камней 10, погрузочные ковши большой вместимости для погрузочных работ 11-13, бульдозерные отвалы 14 для засыпки ям, траншей и небольших котлованов, захваты для погрузки труб и бревен 15, крановую подвеску 16 для различных грузоподъемных и монтажных работ, многозубые 17 и однозубые 18 рыхлители для рыхления мерзлых и плотных грунтов и взламывания асфальтовых покрытий, пневматические, гидравлические 19 и гидропневматические 20 молоты многоцелевого назначения со сменными рабочими инструментами для разрушения скальных и мерзлых грунтов, железобетонных конструкций, кирпичной кладки и фундаментов, дорожных покрытий, дробления негабаритов горных пород, трамбования грунтов, погружения свай и шпунта.

2. Состав, устройство и работа экскаватора

2.1. Состав экскаватора

Экскаватор ЭО-4121Б состоит из четырех основных частей: гусеничной тележки, опорно-поворотного устройства, поворотной платформы с механизмами и агрегатами гидросистемы и рабочего оборудования.

Гусеничный ход тележки многоопорный, с жесткой установкой опорных элементов, состоит из сварной ходовой рамы, механизма передвижения, гусеничных лент, опорных и поддерживающих катков и направляющих колес с механизмами натяжения.

К сварной ходовой раме болтами крепится опорно-поворотное устройство.

На поворотной платформе размещены силовая установка, механизм поворота, трубопроводы, гидрооборудование, электрооборудование и приборы. В левой передней части платформы находится кабина машиниста, в которой расположены элементы управления экскаватором.

Спереди платформы в проушинах установлена базовая часть стрелы, являющаяся связующим элементом между экскаватором и одним из видов рабочего оборудования.

2.2. Общее устройство экскаватора

Универсальный гусеничный экскаватор ЭО-4121Б является землеройной машиной с объемным гидравлическим приводом механизмов. Опорной базой экскаватора является гусеничная тележка 3 (рис. 2), она же служит для его передвижения. Привод тележки осуществляется механизмом передвижения 2. На тележку через опорно-поворотное устройство 5 опирается поворотная платформа 6, вращение которой осуществляется механизмом поворота 4.

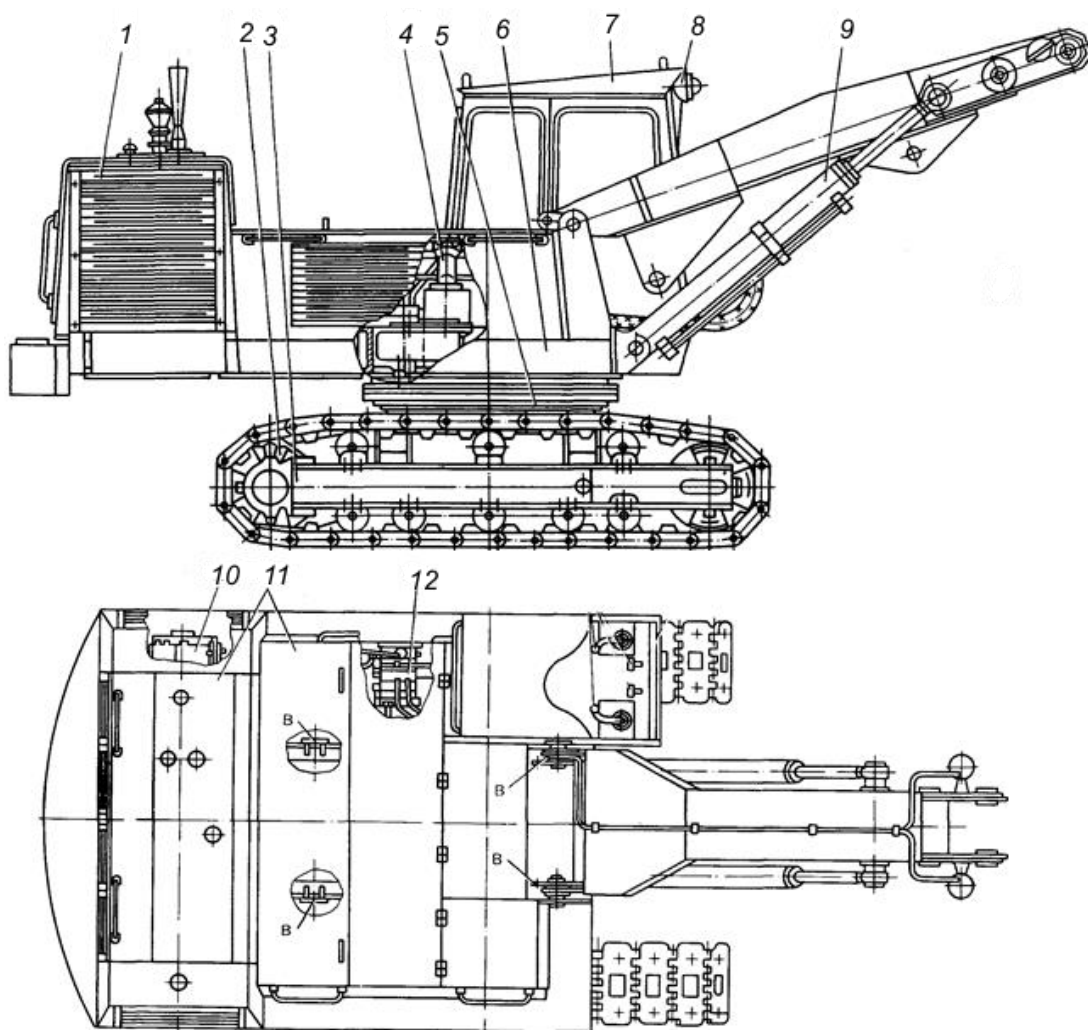


Рис.2. Экскаватор без рабочего оборудования (с базовой частью стрелы):

1 - силовая установка; 2 - механизм передвижения; 3 - гусеничная тележка; 4 - механизм поворота; 5 - опорно-поворотное устройство; 6 - платформа; 7 - кабина машиниста; 8 - осветительные приборы; 9 - гидроцилиндр; 10 - двоянный насос; 11 - капоты; 12 – гидрораспределители; В – проушины крепления стрелы.

Силовая установка 1, состоящая из дизельного двигателя и приводимого им во вращение двоянного насоса 10, установлена на резиновых амортизаторах в задней части поворотной платформы.

От насоса через гидрораспределители 12 рабочая жидкость поступает к исполнительным механизмам – гидромоторам и гидроцилиндрам 9.

Гидроцилиндры приводят в действие рабочее оборудование. Гидромоторы осуществляют привод механизма вращения поворотной платформы и механизмов передвижения экскаватора. Управление гидрораспределителями 12 осуществляется с помощью рычагов и педалей из кабины машиниста 7.

Механизмы и агрегаты, расположенные на поворотной платформе, закрыты капотами 11.

Конструкция кабины машиниста 7, приборы, расположенные на панелях пульта управления, а также системы отопления 14 и вентиляции

обеспечивают нормальные условия для работы на экскаваторе.

Экскаватор оборудован осветительными приборами 8, обеспечивающими возможность работы в любое время суток.

3. Устройство и работа составных частей экскаватора

3.1. Тележка гусеничная

Гусеничная тележка (рис. 3) состоит из ходовой рамы 1, механизма передвижения (редукторы 8 и 10), механизма натяжения 4 гусеничной

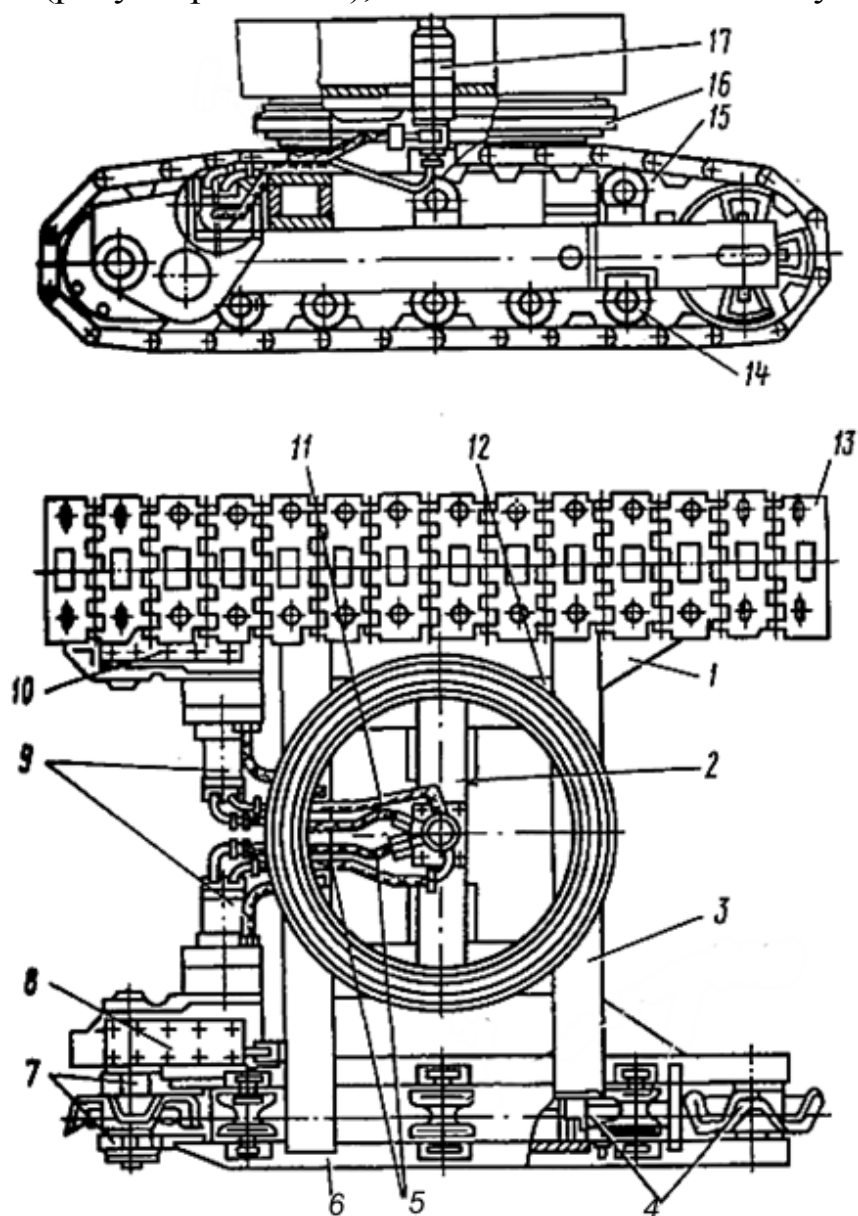


Рис. 3. Тележка гусеничная:

- 1 - ходовая рама; 2, 3, 6 и 12 - балки; 4 - механизм натяжения гусеничной ленты;
5, 11 - трубопроводы; 7 - разъемная опора; 8 и 10 - редукторы; 9 - гидромоторы; 13 - гусеничная лента; 14 - опорный каток; 15 - поддерживающий каток; 16 - роликовая опора; 17 - центральный коллектор.

ленты, поддерживающих 15 и опорных 14 катков, гусеничной ленты 13, поворотной роликовой опоры 16 и гидросистемы, включающей в себя

центральный коллектор 17 и трубопроводы, соединяющие его с исполнительными гидроагрегатами (с гидромоторами механизма передвижения - трубопроводы 5 и 11), а также с дренажными отверстиями гидромоторов.

Гусеничная лента

Гусеничная лента состоит из отдельных звеньев (рис. 4).

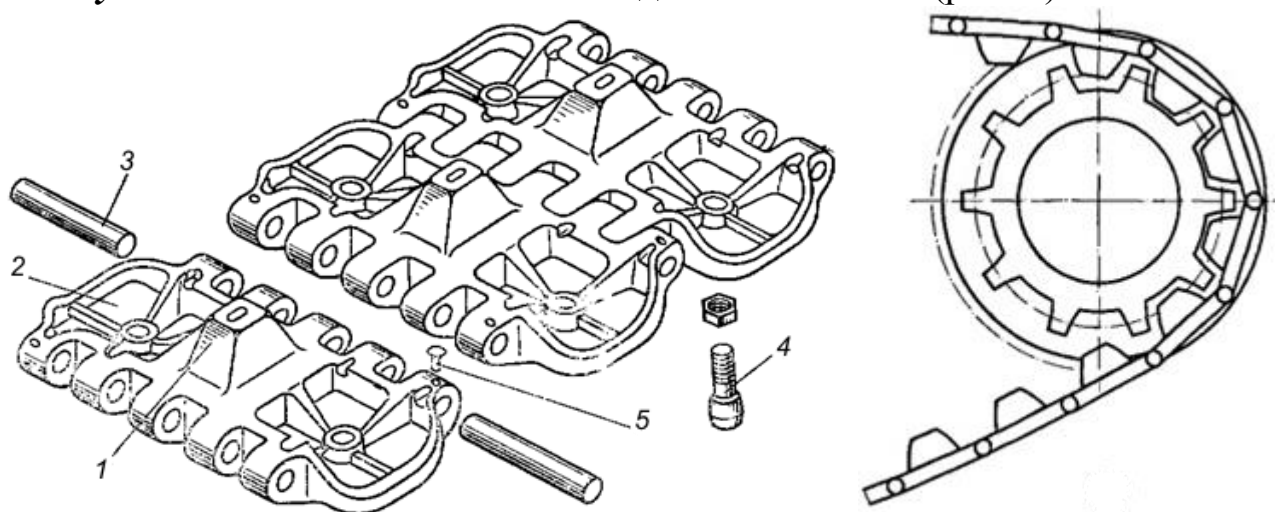


Рис. 4. Гусеничная лента с гребневым зацеплением:

1 - гребень; 2 – звено гусеницы; 3 – палец соединительный; 4 - шпора; 5 – заклепка.

Звено представляет собой отливку из высокопрочной стали, имеющую гребень 1, который заходит в пространство между кулаками ведущего колеса и проушин, при помощи которых звенья соединены между собой пальцами 3.

По концам пальцы застопорены заклепками 5. Каждые два звена соединены двумя пальцами 3. При передвижении экскаватора по скользкой дороге на звенья гусениц крепят конические шпоры 4. Число устанавливаемых шпор зависит от степени скольжения и составляет обычно не более 6-10 на одну гусеницу.

3.1. Ходовая рама

Ходовая рама тележки (рис. 5) состоит из двух боковых балок 1, на которых с одной стороны находятся разъемные опоры 2 для установки редукторов механизма передвижения, а с другой — направляющие 7 для установки подвижной опоры натяжного колеса. Наверху балки приварены кронштейны 3 для поддерживающих катков, снизу — отверстия для установки опорных катков.

Боковая балка 1 представляет собой сварную конструкцию из двух швеллеров 11, изготовленных из низколегированной стали и связанных между собой полосами 4 и диафрагмами 5.

На боковые балки сверху установлены и приварены две поперечные балки 10 коробчатого сечения, изготовленные из полос толщиной 16 и 20 мм.

This technical drawing illustrates a mechanical assembly, possibly a pump or engine component, shown in a perspective view. The central element is a circular component (8) with internal vanes or blades (9). This central part is mounted within a larger, rectangular frame or housing (10). The assembly is supported by a base (11) and includes various mounting brackets (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12) and fasteners (13). The drawing is a detailed line drawing, likely a technical illustration for a patent or engineering document.

1 – балка боковая; 2 – опоры разъемные; 3 – кронштейны; 4 - полоса; 5 – диафрагма; 6 – опора центрального коллектора; 7 – направляющие натяжного колеса; 8 - обечайка; 9 – балка соединительная; 10 – балки поперечные; 11 - швеллеры; 12 – проушины крепления редуктора.

3.2. Механизм поворота платформы экскаватора

[illegible]

Рис. 6. Кинематическая схема механизмов поворота платформы ЭО-4121Б

Ведущая шестерня 6 механизма поворота находится в постоянном зацеплении с зубчатым венцом 7 опорно-поворотного устройства.

Вращение ведущей шестерне сообщается от низкомоментного гидромотора 4 через редуктор 5, увеличивающий создаваемый гидромотором крутящий момент.

При вращении вала гидромотора ведущая шестерня обегает вокруг венца опорно-поворотного устройства и поворачивает поворотную платформу.

Удержание поворотной платформы при копании и расположении машины на уклонах обеспечивается автоматическим колодочным тормозом 8, срабатывающим при выключении гидродвигателя.

Опорно-поворотное устройство (рис. 7) обеспечивает вращение поворотной платформы относительно ходовой рамы и передачу на ходовое устройство нагрузок, возникающих при работе экскаватора. Опора состоит из зубчатого венца 37, верхней 44 и нижней 42 полуобойм, роликов 40, регулировочных прокладок 43. Ролики 40 расположены крестообразно.

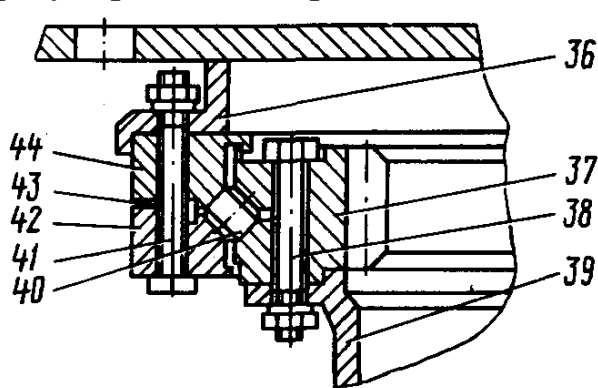


Рис. 7. Опорно-поворотное устройство:

36 - поворотная платформа; 37 - зубчатый венец;
38 и 41 - болты; 39 - обечайка рамы; 40 - ролики;
42 - нижняя полуобойма; 43 - прокладки;
44 - верхняя полуобойма.

Регулировочные прокладки 43 служат для получения необходимого осевого зазора.

Зубчатый венец крепится к обечайке 39 ходовой рамы болтами 38. Верхняя и нижняя полуобоймы стягиваются между собой и крепятся болтами 41 к поворотной платформе 36. Момент затяжки болтовых соединений – 60...65 кгс·м. Нижняя и верхняя полуобоймы, кроме болтов 41, стягиваются восемью монтажными болтами, которые обеспечивают соединение полуобойм опоры, снятой с экскаватора. На нижней полуобойме диаметрально расположены четыре масленки.

3.3. Механизм передвижения экскаватора

У гусеничного экскаватора ЭО-4121Б каждая из двух ведущих звездочек 11 (рис. 8) гусениц 15 приводится в действие индивидуальным гидромотором 6 через редуктор 16, на ведущем валу которого установлен гидравлический тормоз механизма передвижения.

Индивидуальный независимый привод гусениц обеспечивает их синхронное или раздельное движение. При движении гусениц в противоположные стороны обеспечивается поворот всей машины вокруг вертикальной оси.

Гидронасос подает рабочую жидкость к *гидромоторам* 6 привода редукторов механизма передвижения. Механизм передвижения состоит из двух *редукторов* — *правого* 16 и *левого* 9. Конструкции редукторов механизма передвижения и механизма поворота аналогичны. Различие их состоит в числе зубьев первой пары шестерен 12 и конструкции *выходного вала* 10, на котором смонтировано *ведущее колесо* 11 гусеничной ленты 15.

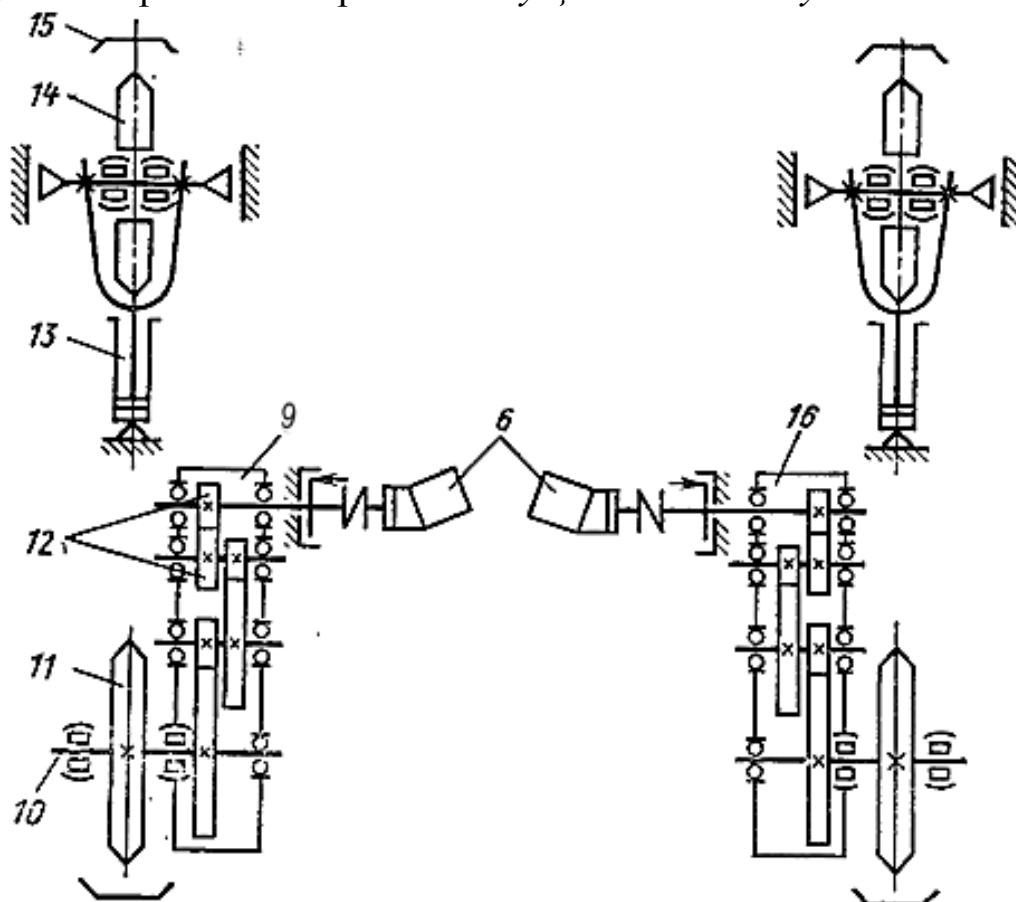


Рис. 8. Кинематическая схема механизма передвижения ЭО-4121Б

Направляющее колесо 14 гусеничной ленты смонтировано на валу механизма натяжения 13 гусеничной ленты.

Механизм передвижения состоит из привода правой и левой гусеничных лент. Привод гусеничных лент показан на рис. 9.

Аксиально-поршневой гидромотор 13 жестко крепится к корпусу редуктора.

Вал гидромотора и вал-шестерня 8 редуктора соединяются упругой муфтой, состоящей из полумуфт и с цилиндрическими выточками. В выточки заложены резиновые шашки, удерживаемые от выпадания кольцом, которое болтами крепится к полумуфте.

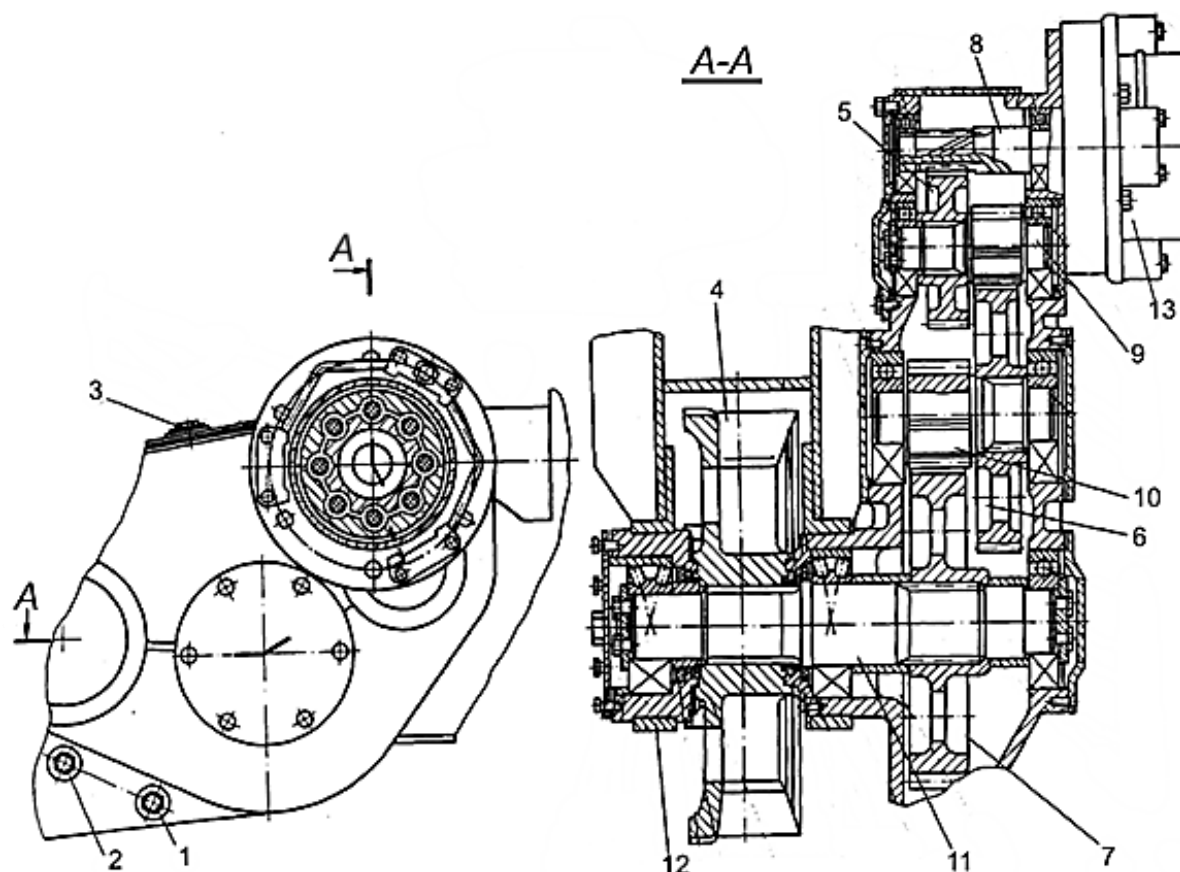


Рис. 9. Механизм передвижения:

1, 2 и 3 - пробки; 4 - ведущее колесо; 5, 6 и 7 - зубчатые колеса; 8, 9, 10 - валы-шестерни; 11 - вал; 12 – опора; 13 - гидромотор.

Редуктор механизма передвижения трехступенчатый, цилиндрический.

Зубчатые передачи второй и третьей ступеней с прямыми зубьями, а первой ступени – с косыми зубьями.

Валы шестерен и зубчатых колес установлены в стальном литом корпусе на подшипниках качения.

На выходном валу 11 редуктора жестко крепится ведущее колесо 4 гусеничной ленты. Подшипник выходного вала служит опорой ведущего колеса..

Для заливки масла в корпус редуктора, контроля уровня масла при заливке и сливе масла из корпуса служат отверстия, закрываемые пробками 1, 2 и 3.

3.4. Механизм натяжения гусеничной ленты

Механизм натяжения гусеничной ленты состоит из натяжного колеса 1 (рис. 10), установленного на сферических роликовых подшипниках 4, оси 3, зафиксированной в ползунах 2, вилки 5, соединенной с ползунами болтами, гидроцилиндра 8 с плунжером 7 и обратным клапаном. Обратный клапан состоит из штуцера 16, шарикового клапана 15 с пружиной 17, за-

порного шарика 19 и шайбы 18, являющейся упором для пружины и запорного шарика.

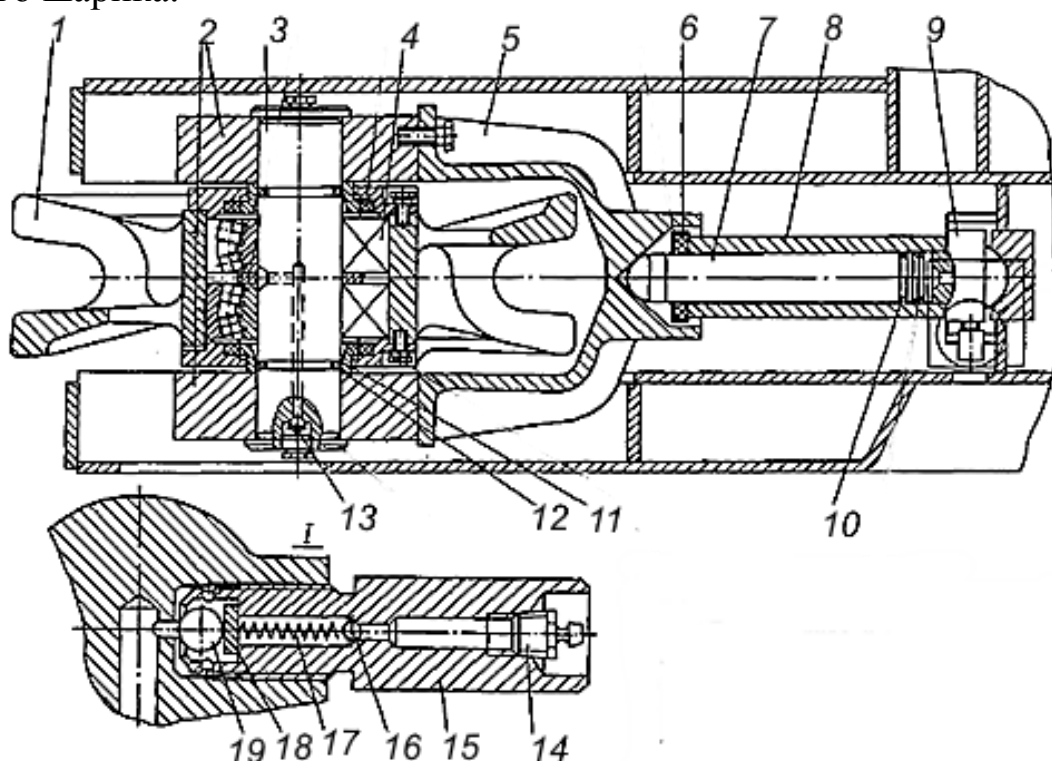


Рис.10. Натяжное колесо:

1 - натяжное колесо; 2 - ползуны; 3 - ось; 4 - подшипники; 5 - вилка; 6 - грязесъемник; 7 - плунжер; 8 - гидроцилиндр; 9 - пята; 10 и 12 - кольца; 11 - втулка; 13 и 14 - масленки; 15 - шарик; 16 - штуцер; 17 - пружина; 18 - шайба; 19 - запорный шарик

Механизм натяжения гусеничных лент устанавливается ползунами 2 в направляющие вилки продольных балок ходовой рамы.

Плунжер 7 шаровой поверхностью упирается в вилку 5, а шаровая поверхность пяты 9, приваренной к гидроцилиндру 8, – в подпятник, приваренный к продольной балке.

Для натяжения гусеничных лент в гидроцилиндры через масленку 14 нагнетается густая смазка. Перед нагнетанием штуцер 16 отвернуть на 1,5-2 оборота. Уплотнительное кольцо 10, манжета и запорный шарик 19 служат для удержания смазки в полости гидроцилиндра. Чтобы ослабить натяжение гусеничной ленты, нужно вывернуть штуцер 16 из гидроцилиндра и плавно включить задний ход экскаватора.

3.5. Опорный и поддерживающие катки

Опорный каток 14 и взаимозаменяемый с ним **поддерживающий каток** 15 (рис. 11, а) состоят из двух штампованных, соединенных с помощью сварки половин с двумя запрессованными в них бронзовыми втулками 29, оси 31, чашек 28.

Для предохранения трущихся частей от пыли и грязи установлены торцовые резинометаллические уплотнения 35, которые состоят из двух

металлических колец с притертыми рабочими поверхностями и двух резиновых колец. Для смазки применяется гидравлическое масло, которое нагнетается в полость оси 31 шприцем со специальным наконечником.

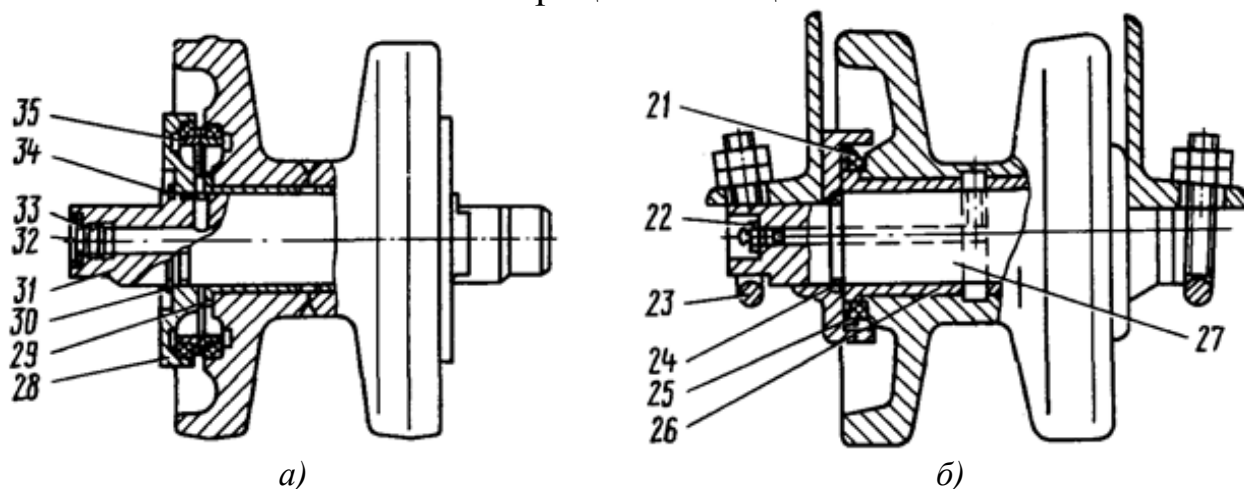


Рис. 11. Каток опорный или поддерживающий:

а) первый вариант конструкции катка; б) второй вариант конструкции катка
 21 и 28 - чашки; 22 - масленка; 23 - дуговой болт; 24 и 30 - уплотнительные кольца;
 25 и 35 - уплотнения; 26 и 29 - втулки; 27 и 31 - оси; 32 - прокладка; 33 - пробка;
 34 - стопорное кольцо.

На экскаваторе могут быть установлены опорные 14 и поддерживающие 15 катки другой конструкции (рис. 11, б), состоящей из двух штампованных, соединенных с помощью сварки половин с двумя запрессованными в них бронзовыми втулками 26, оси 27 и чашек 21.

Предохранительными элементами трущихся частей являются резиновые уплотнительные кольца 24 и уплотнения 25. Уплотнение состоит из двух капроновых колец и одного резинового кольца. Густая смазка, нагнетаемая через пресс-масленку 22, смазывает трущиеся поверхности катка.

Катки обеих конструкций крепятся к полкам боковых балок с помощью дуговых болтов 23 с гайками.

3.6. Гидросистема гусеничной тележки

Гидросистема тележки включает в себя центральный коллектор и трубопроводы, состоящие из труб и гибких рукавов.

Центральный коллектор (рис. 12) предназначен для подачи рабочей жидкости от гидрораспределителей, расположенных на поворотной платформе, к гидромоторам и гидроразмыкателям тормозов механизма передвижения.

Коллектор – секционного типа. Установлен вертикально в специальной расточке ходовой рамы. Подвижным элементом при вращении является наружная обойма, состоящая из четырех рабочих секций, одной дре-

нажной секции и одной секции для управления тормозами механизма передвижения, которые четырьмя шпильками 32 стянуты между собой.

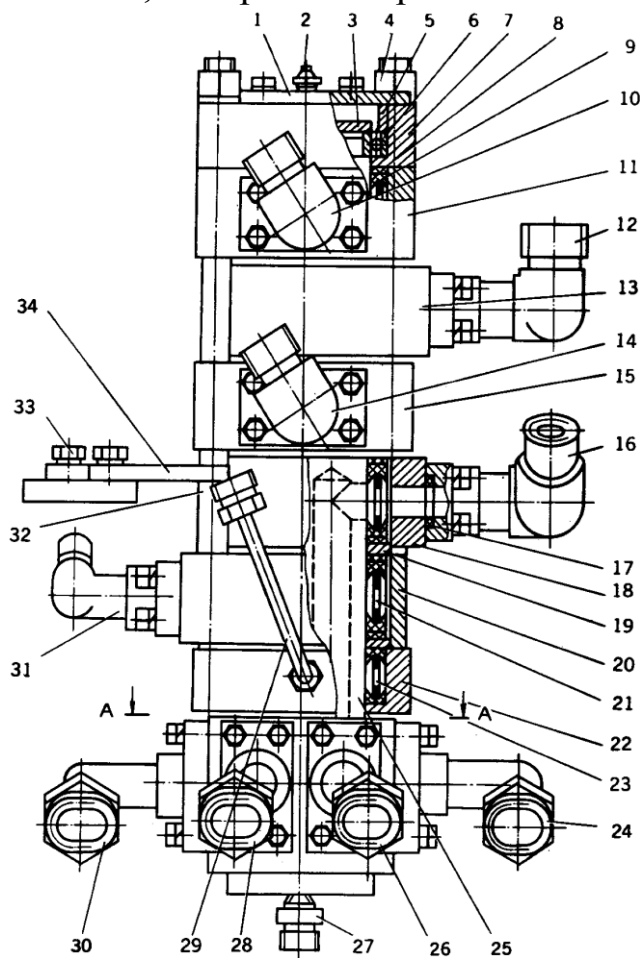


Рис.12. Коллектор центральный:

1 - крышка; 2 - масленка; 3 - шайба; 4 - гайка; 5 - кольцо упорное; 6 - подшипник; 7 - корпус; 8 и 19 - кольца защитные; 9 - манжета; 10, 12, 14, 16 и 31 - угольники; 11, 13, 15 и 18 - напорные секции; 17 - кольцо; 20 - дренажная секция; 21 и 23 - распорные кольца; 22 - секция управления; 24, 26, 28, 29 и 30 - трубопроводы; 25 - колонка; 27 - штуцер; 32 - шпилька; 33 - болт; 34 - планка.

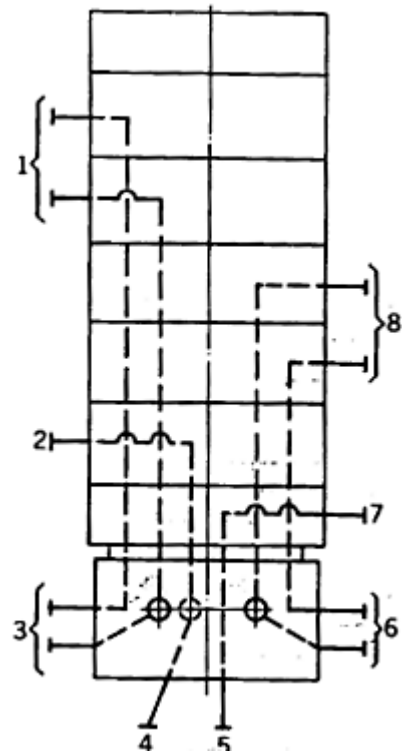


Рис.13. Схема каналов коллектора:

1 - от гидрораспределителя трехсекционного; 2 - к баку рабочей жидкости; 3 - к левому гидромотору; 4 - к дренажу гидромоторов; 5 - к тормозам гидромоторов; 6 - к правому гидромотору; 7 - от системы управления тормозами; 8 - от гидрораспределителя трехсекционного.

4. Рабочее оборудование экскаватора

К рабочему оборудованию экскаватора относятся узлы экскаватора, с помощью которых производится непосредственно разработка грунта или другого материала, погрузка сыпучих материалов, а также рыхление грунта рыхлителем или гидромолотом.

Рабочее оборудование экскаватора может изготавливаться с составной или с моноблочной стрелой.

Базовая часть составной стрелы 11 (рис. 14) используется при всех видах сменного рабочего оборудования, навешиваемого на экскаватор.

отверстия А и В, которыми она может присоединяться к базовой части стрелы и к соединительной тяге с целью уменьшения вылета при копании выемок глубиной менее 5 м.

Рукоять 6 представляет собой сварную конструкцию коробчатого сечения, соединенную шарнирно с головной частью стрелы и поворачиваемую гидроцилиндром 1.

К рукояти шарнирно крепится ковш 9 и рычаг 4. Поворот ковша осуществляется гидроцилиндром 3 через шарнирно соединенные рычаг 4 и тягу 5.

В гнездах ковша установлены зубья 7 с износостойкой наплавкой.

Все пальцы шарнирных соединений выполнены с приварными стопорными планками, которые закрепляются на базовых элементах рабочего оборудования и не допускают их проворачивания.

Обратная лопата может быть оборудована удлиненной рукоятью, ковшами различной вместимости, в том числе профильным и очистным.

Обратная лопата с моноблочной стрелой

Рабочее оборудование обратная лопата с моноблочной стрелой состоит из стрелы 3 (рис. 15), рукояти 4, ковша 8, тяги 7, рычага 6, гидроцилиндра рукояти 1, гидроцилиндра ковша 5, гидроразводки 2, осей и деталей крепления.

Моноблочная стрела 3 представляет собой сварную конструкцию коробчатого сечения, имеющую в нижней части две пяты с отверстиями для соединения с поворотной платформой, в средней части два отверстия для крепления гидроцилиндров стрелы, в головной части отверстия для крепления рукояти, а сверху – кронштейн для крепления гидроцилиндра.

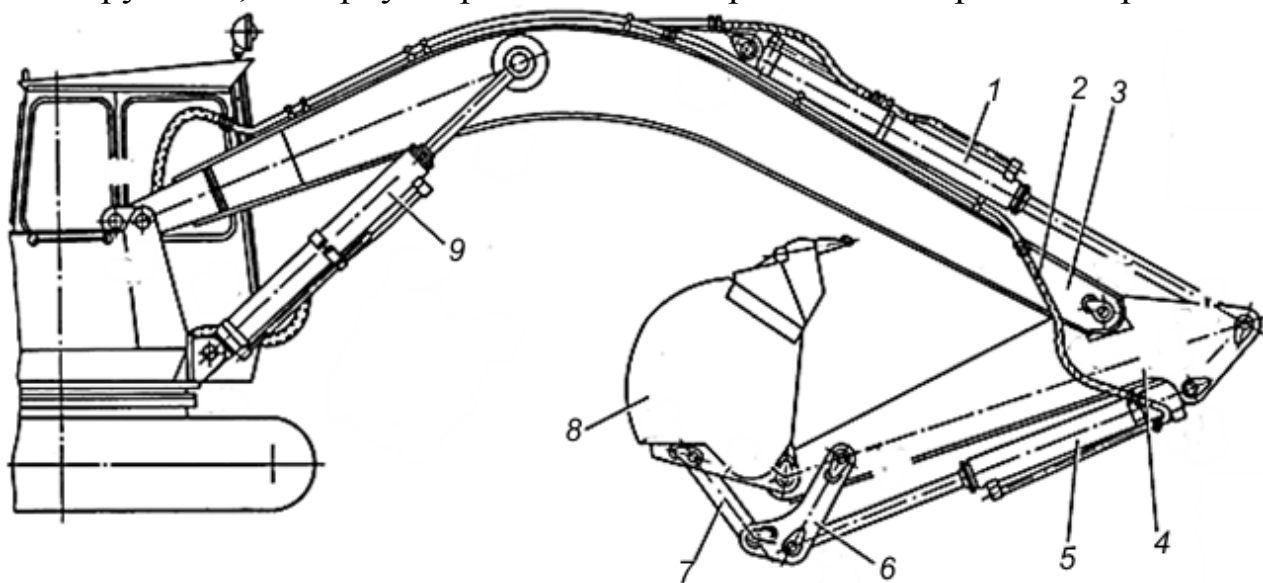


Рис.15. Рабочее оборудование обратная лопата с моноблочной стрелой:

1 - гидроцилиндр рукояти; 2 - гидроразводка; 3 - стрела; 4 - рукоять; 5 - гидроцилиндр ковша; 6 - рычаг; 7 - тяга ковша; 8 - ковш; 9 - гидроцилиндр стрелы.

Рукоять 4 для моноблочной стрелы имеет меньший размер "хвостовой" части по сравнению с рукоятью для оборудования с составной стрелой, что обеспечивает больший угол поворота рукояти относительно стрелы и тем самым уменьшается транспортный габарит экскаватора.

4.2. Рабочее оборудование прямая лопата

Прямая лопата с открывающимся дном

Прямая лопата предназначена для разработки грунта выше уровня стоянки экскаватора и выполнения погрузочных работ.

Прямая лопата (рис. 16) состоит из следующих основных узлов: ковша 1, тяг 2, рукояти 3, гидроцилиндра 4 привода рукояти, трубопроводов 5 и гибких рукавов 6 гидроразводки, осей шарнирных соединений и крепежных деталей.

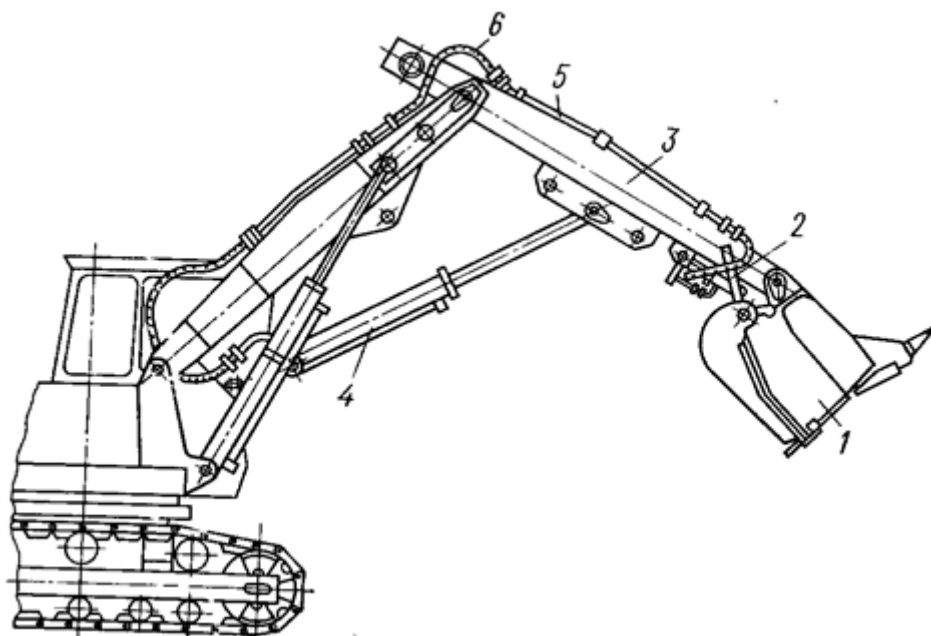


Рис. 16. Рабочее оборудование прямая лопата с открывающимся дном ковша

1 - ковш; 2 - тяга ковша; 3 - рукоять (головная часть стрелы обратной лопаты); 4 - гидроцилиндр рукояти; 5 – трубопровод гидроразводки; 6 – гибкий рукав гидроразводки.

В качестве рукояти 3 прямой лопаты использована головная часть стрелы 8 (рис. 14) оборудования обратной лопаты, а гидроцилиндр 4 (рис. 16) привода рукояти прямой лопаты унифицирован с гидроцилиндром привода рукояти обратной лопаты. Особенностью монтажа рукояти прямой лопаты является то, что с базовой частью стрелы она соединена только через второе от конца отверстие, а с проушиной штока гидроцилиндра привода рукояти — через среднее отверстие.

Ковш прямой лопаты объемом 1 м³ (рис. 17) представляет собой сварно-литую конструкцию и состоит из корпуса, днища с механизмом открывания и зубьев 6. Корпус ковша включает в себя литой козырек 7, который соединен сваркой с передней стенкой 8, усиленной по низу по-

лосой 9, и через накладки 5 с боковыми листами 4, сваренными, в свою очередь, с задней стенкой. Сварная задняя стенка образована листом 3 с двумя поперечными гнутыми балками 2. К балкам приварены проушины 21, которыми с помощью осей 22 ковш соединен с рукоятью, проушины 23, в которые на осях 24 смонтированы тяги 1, и петли днища ковша, а также два уха 26 для установки на оси 25 двуплечего рычага 18 механизма открывания днища ковша.

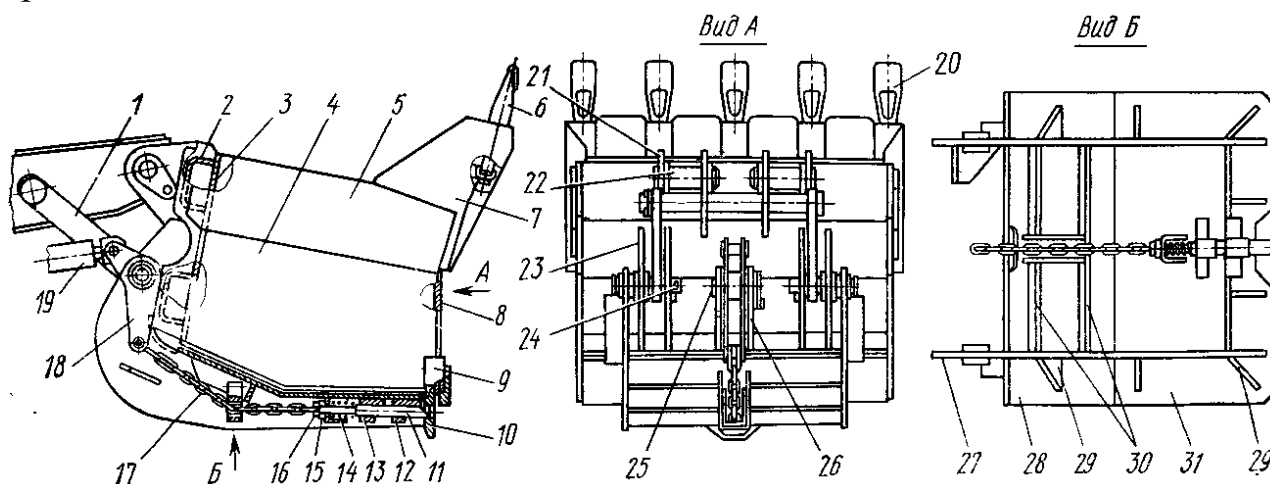


Рис. 17. Ковш прямой лопаты с открывающимся дном

Днище ковша в закрытом положении предотвращает высыпание грунта из ковша в процессе копания и транспортирования, а в открытом положении обеспечивает выгрузку грунта. Днище состоит из двух петель 27, приваренных к листам 28 и 31. Для увеличения жесткости днища предусмотрены ребра 30 и косынки 29. В средней части днища смонтированы детали механизма открывания: засов 11, перемещающийся в направляющих скобах 12 и 13, возвратная пружина 14 и цепь 17. Цепь концами соединена с одной стороны с хвостовиком засова, а с другой — с длинным плечом рычага 18. Второе плечо рычага шарнирно соединено со штоком гидроцилиндра 19.

При закрытом днище засов на 10—12 мм заходит в прорезь петли 10 засова, приваренной к нижней части передней стенки ковша. Заход засова в прорезь петли регулируют изменением числа сменных шайб 15, устанавливаемых под гайку 16.

Открывается днище включением гидроцилиндра 19 при поднятом ковше. При выдвижении штока гидроцилиндра двуплечий рычаг 18, поворачиваясь вокруг оси по часовой стрелке, натягивает цепь и, преодолевая сопротивление возвратной пружины 14 и силу трения, выдергивает засов из прорези петли. Днище под действием собственного веса и веса грунта в ковше открывается и грунт из ковша высыпается. После этого шток гидроцилиндра 19 втягивается, поворачивая при этом двуплечий рычаг против часовой стрелки, натяжение цепи исчезает и засов под действием воз-

вратной пружины возвращается в исходное положение. При последующем опускании ковша дно под действием сил инерции и веса захлопывается.

Ковш прямой лопаты оснащен пятью зубьями 20 для рыхления грунта перед режущей кромкой, чтобы снизить энергоемкость процесса резания. Зубья установлены в карманах литого козырька. Конструкция литого козырька, размеры карманов под зуб и способ крепления зубьев те же, что и в ковшах обратной лопаты. Сами зубья также унифицированы с зубьями ковша обратной лопаты.

Тяги 1 предназначены для жесткого соединения ковша прямой лопаты с рукоятью и представляют собой стальные брусья прямоугольного сечения с отверстиями по концам.

Прямая лопата с поворотным ковшом

Прямая лопата с поворотным ковшом предназначена для разработки грунта как выше, так и ниже уровня стоянки экскаватора, а также для выполнения погрузочных работ.

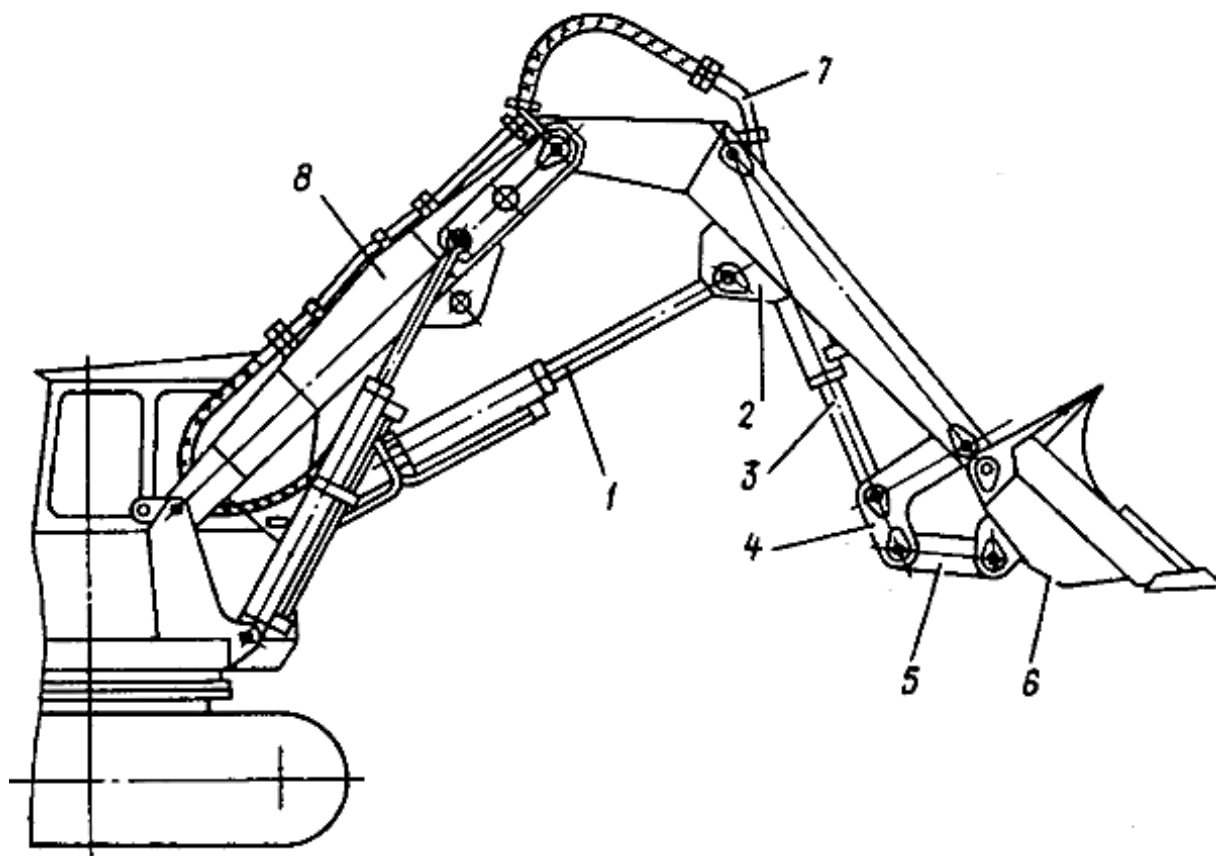


Рис. 18. Прямая лопата с поворотным ковшом:

1 - гидроцилиндр рукояти; 2 - рукоять; 3 - гидроцилиндр ковша; 4 - рычаг; 5 - тяга;
6 - ковш; 7 - гидроразводка; 8 - базовая часть стрелы.

Прямая лопата с поворотным ковшом (рис. 18) включает в себя рукоять 2, рычаг 4 и тягу 5 механизма привода ковша, ковш 6, гидроцилиндры 1 и 3 привода рукояти и ковша, трубопроводы и рукава высокого давления гидроразводки 7, оси шарнирных соединений и крепежные детали. При-

меняемые в оборудовании гидроцилиндры 1 и 3 привода рукояти и ковша унифицированы с соответствующими гидроцилиндрами обратной лопаты.

Рукоять является промежуточным звеном между стрелой и ковшом и представляет собой сварную металлоконструкцию, передняя часть которой образована двумя параллельными балками коробчатого сечения, объединенными с одной стороны трубой, а с другой — листом, сваренным по контуру с коробчатой задней частью рукояти.

Рычаг 4 и тяга 5 механизма привода ковша предназначены для передачи усилия гидроцилиндра на ковш и преобразования возвратно-поступательного движения штока гидроцилиндра во вращательное движение ковша. Конструкция рычага 4 и тяги 5 аналогичны конструкции рычага и тяги механизма привода ковша обратной лопаты. Различаются они лишь геометрическими размерами и наличием сменных стальных втулок в отверстии длинного плеча рычага 4, предназначенном для монтажа оси.

Ковш объемом 1 м^3 является основным рабочим органом оборудования. Он представляет собой сварную конструкцию, включающую режущую кромку с зубьями, днище, боковые и заднюю стенки. Режущая кромка изготовлена из листового проката, заострена на рабочем участке и имеет равномерно распределенные по длине отверстия для крепления зубьев. Зубья поворотного ковша прямой лопаты литые, изготовлены из марганцовистой стали. Хвостовик зуба выполнен в форме вилки, охватывающей режущую кромку. В хвостовике предусмотрены отверстия для размещения болтов крепления зуба к режущей кромке.

Поворотный ковш прямой лопаты объемом $1,5 \text{ м}^3$ предназначен для разработки легких (I—II категорий) грунтов и погрузки сыпучих материалов объемной массой менее $1,6 \text{ т/м}^3$. Его конструкция полностью повторяет конструкцию ковша объемом 1 м^3 и отличается лишь геометрическими размерами и отсутствием зубьев.

Принцип работы экскаватора, оборудованного прямой лопатой с поворотным ковшом, тот же, что и при ковше с открывающимся днищем — разрабатывается грунт преимущественно выше уровня стоянки машины копанием «от себя». В то же время наличие автономного привода ковша позволяет копать грунт не только движением рукояти, но и ковша, что значительно улучшает технологические показатели оборудования при разработке грунтов с каменистыми включениями, а также при погрузочных работах обеспечением возможности планирования рабочего участка.

4.3. Рабочее оборудование грейфер

Грейфер предназначен для отрыва котлованов, траншей и колодцев в грунтах I—IV категорий, а также для выполнения погрузочных работ.

Особенно эффективно применение экскаватора, оборудованного грейфером, при разработке глубоких выемок, а также в стесненных условиях.

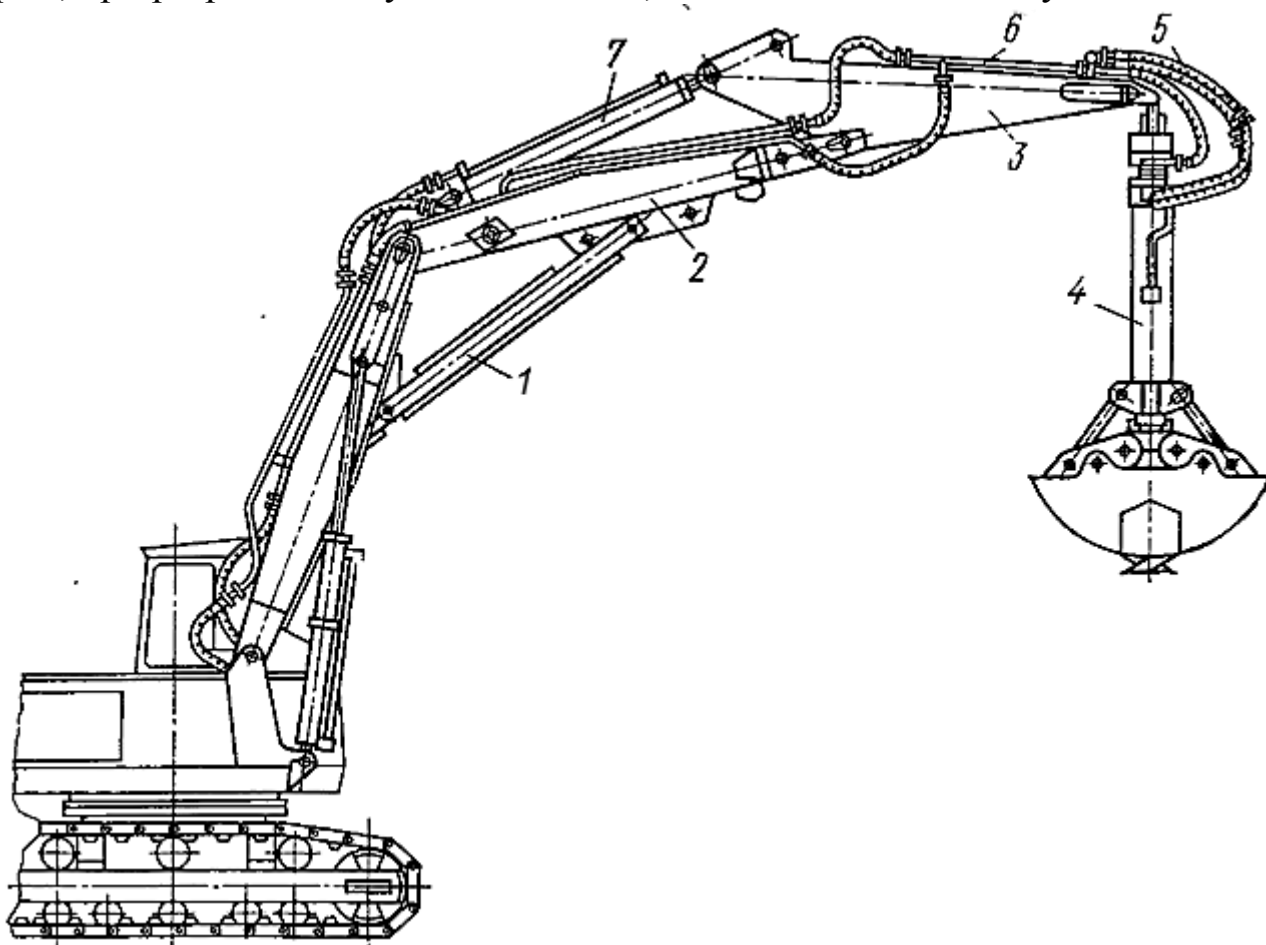


Рис. 19. Рабочее оборудование грейфер:

1 - тяга; 2 – головная часть стрелы; 3 - рукоять; 4 - грейфер;
5, 6 – рукава и трубопроводы гидроразводки; 7 – гидроцилиндр рукояти.

Рабочее оборудование грейфер (рис. 19) включает в себя тягу 1, головную часть 2 стрелы, гидроцилиндр 7 привода рукояти, рукоять 3, грейфер 4, трубопроводы 6 и рукава 5 высокого давления гидроразводки, оси шарнирных соединений и крепежные детали. Тяга, головная часть стрелы, гидроцилиндр рукояти и сама рукоять используются от рабочего оборудования обратной лопаты.

Грейфер (рис. 20) является рабочим органом оборудования и предназначен для непосредственной разработки грунта.

Грейфер включает в себя ковш, образованный двумя челюстями 1, тяги 2, ползун 3, гидроцилиндр 4, раму 5, поворотную головку 6, серьгу 7, подвеску 9, соединительные оси 8 и 11, трубы 10 гидроразводки и крепежные детали. Для работ на повышенных глубинах грейфер укомплектован удлинителем 13 с дополнительными трубами 14 гидроразводки и крепежными болтами 15 с гайками.

На грунтах I-IV категорий применяют ковш общего назначения объ-

емом $0,8 \text{ м}^3$. Правая и левая челюсти грейферного ковша взаимозаменяемы.

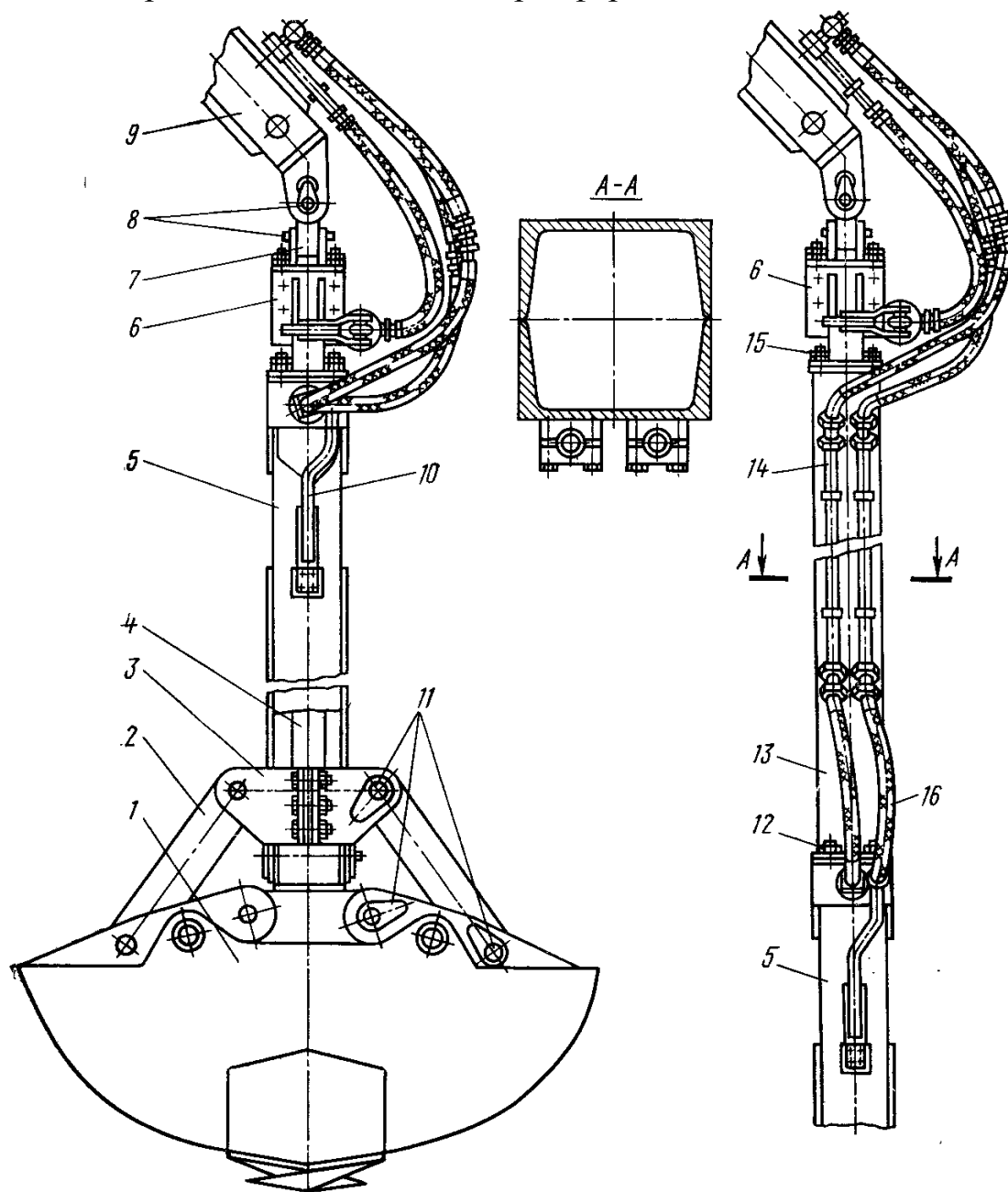


Рис. 20. Грейфер

Челюсть состоит из режущей кромки, оснащенной тремя коваными приварными зубьями и соединенной с боковыми стенками. Боковые стенки соединены между собой гнутым днищем. В верхней части челюсти имеются два уха, сваренные одним из торцов с днищем, а средней частью с трубой, вваренной своими концами в боковые листы. В ушах расточены отверстия для соединения с рамой грейфера и тягой механизма привода челюсти. Рабочие поверхности лезвий зубьев и режущей кромки наплавлены твердым сплавом.

Челюсти ковша объемом 1 м^3 для разработки грунтов I-II категорий и погрузки сыпучих материалов и специального ковша объемом $0,3 \text{ м}^3$ для

отрывки узких траншей принципиально не отличаются от челюсти ковша объемом 0,8 м³.

Ползун предназначен для передачи рабочего усилия от гидроцилиндра через тяги к челюстям грейферного ковша и представляет собой разъемную конструкцию из двух одинаковых сварных комплектов, соединенных болтами.

Между фланцами соединяемых сварных комплектов предусмотрена установка набора прокладок для регулирования зазора между направляющими рамы грейфера и перемычками ползуна. Оптимальным считается зазор 1-3 мм.

Рама является базой, на которой смонтированы все взаимодействующие составные части грейфера. Рама состоит из двух швеллеров, соединенных между собой по длине приварными накладками, по нижним торцам — плитой и по верхним торцам — корпусом разъемного подшипника. В отверстие подшипника вмонтирован своими цапфами гидроцилиндр грейфера. Приваренный к раме корпус и съемная крышка подшипника стянуты болтами, служащими одновременно и для соединения с рамой плиты поворотной головки грейфера. Для защиты полок швеллеров от износа в месте их контакта с ползуном приварены направляющие полосы. К нижней плите приварены две проушины с вваренными в них трубами для монтажа челюстей ковша грейфера. В проушинах запрессованы сменные стальные закаленные втулки с уплотнительными резиновыми кольцами.

Для поворота грейфера вокруг его вертикальной оси, чтобы установить челюсти в наиболее рациональное для копания и выгрузки грунта положение, служит поворотная головка.

Поворотная головка (рис. 21) состоит из корпуса 15 с приваренным на одном из углов ухом 12, крышки 3, оси 16 с приваренными ухом 17 и плитой 18, рычага 11, кронштейна 7, планок 8, гидроцилиндра 6, осей шарнирных соединений и крепежных деталей.

На оси 16 смонтированы два шарикоподшипника 21 качения с распорной втулкой 22 между ними, которые стянуты гайкой 24 со стопорной шайбой. Наружными кольцами подшипники посажены в расточку корпуса 15 и зафиксированы там через дистанционное кольцо 14 с крышкой 3 с помощью болтов 2. На крышке приварены два уха с отверстием 1 для соединения поворотной головки с серьгой 7 (рис. 20). Через отверстия 19 в плите 18 поворотная головка соединена с рамой грейфера. К уху 12 корпуса с помощью оси 13 шарнирно присоединен своей средней частью рычаг 11.

Один из концов рычага осями 9 через планки 8 соединен с ухом 17 оси 16, а другой конец осью 5 — с проушиной штока гидроцилиндра.

Другая проушина гидроцилиндра соединена такой же осью с кронштейном 7, неподвижно прикрепленным четырьмя болтами 4 к корпусу 15.

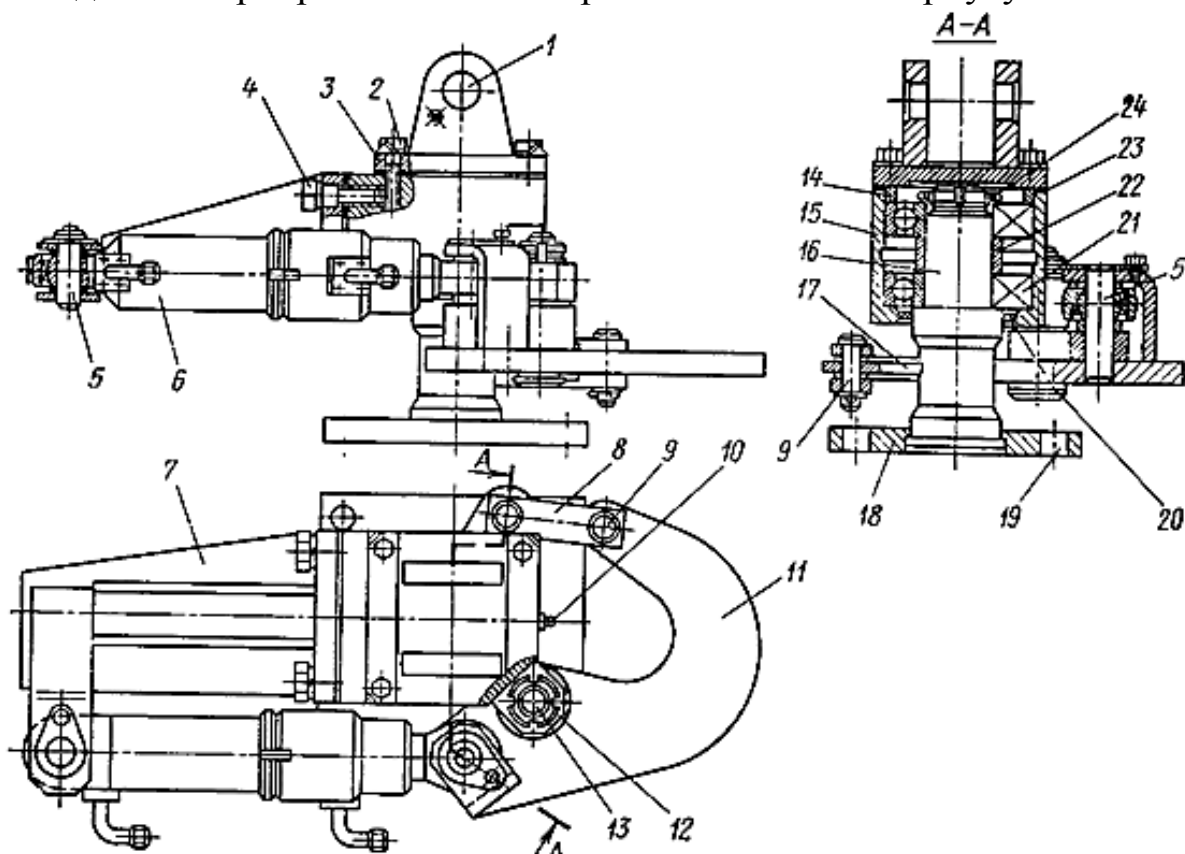


Рис. 21. Поворотная головка

При подаче рабочей жидкости в гидроцилиндр, его шток, выдвигаясь, поворачивает один конец рычага 11 относительно оси 13. Другой конец рычага через планки 8 и ухо 17 поворачивает ось 16, а значит, и соединенную с осью через плиту 18 раму грейфера относительно неподвижного корпуса поворотной головки. Угол поворота оси 16 относительно корпуса 15 равен 180° . При подаче рабочей жидкости в штоковую полость гидроцилиндра грейфер поворачивается в обратную сторону.

В корпусе имеется масленка 10 для смазки шарикоподшипников. Для защиты подшипникового узла от попадания извне частиц абразива и сохранения смазки в нижней части корпуса установлена манжета 20, а под крышкой 3—прокладка 23.

Серьга 7 (рис. 20) представляет собой стальной брус квадратного сечения, который осями 8 в двух расположенных во взаимно перпендикулярных плоскостях отверстиях шарнирно соединен с поворотной головкой и подвеской грейфера. Такое расположение шарниров обеспечивает при работе грейфера возможность его свободного отклонения от вертикали в любой плоскости.

Подвеска является промежуточным звеном в соединении грейфера с рукоятью и предназначена для увеличения угла подворота грейфера под

рукоять. Подвеска грейфера представляет собой охватывающую рукоять сварную конструкцию П-образной формы, образованную двумя продольными и поперечной полосами. В продольных полосах имеются отверстия для соединения с рукоятью. К поперечной полосе приварены два уха, с помощью которых подвеска соединена с серьгой грейфера. Оси, с помощью которых подвеска соединена с рукоятью, унифицированы с осями крепления ковша и рычага механизма привода ковша оборудования обратной лопата.

Удлинитель грейфера 13 (рис. 20) представляет собой балку коробчатого сечения, образованную двумя швеллерами. На торцах балки приварены плиты с отверстиями, через которые удлинитель соединен болтами 15 с поворотной головкой и болтами 12 с рамой грейфера. В комплект удлинителя также входят трубы 14 и рукава 16 высокого давления гидроразводки.

Челюсти ковша грейфера в исходном положении раскрыты, что соответствует втянутому штоку гидроцилиндра привода челюстей и верхнему расположению ползуна. Движением стрелы и рукояти ковш грейфера устанавливает режущими кромками челюстей на грунт в месте предполагаемой экскавации. Затем все приводные гидроцилиндры запираются и рабочая жидкость подается в поршневую полость гидроцилиндра ковша. Под действием выдвигающегося штока гидроцилиндра ковша ползун перемещается вдоль рамы грейфера вниз и через тяги действует на челюсти ковша в направлении их смыкания. Смыкаясь, челюсти врезаются в грунт, ковш заполняется. После полного смыкания челюстей подъемом стрелы и отворотом рукояти ковш с грунтом выводится из забоя.

При втягивании штока гидроцилиндра раскрываются челюсти и выгружается грунт.

4.4. Рабочее оборудование рыхлитель

Рыхлитель предназначен для послойного рыхления мерзлых и скальных грунтов. Наиболее эффективно использование рыхлителя при разработке мерзлых грунтов с глубиной промерзания до 1 м и прочностью до 250 ударов ударника ДорНИИ. Рыхление мерзлого грунта производится с повышенным усилием резания, поэтому с целью предотвращения перегрузок металлоконструкций экскаватора допустимая глубина забоя при таком рыхлении ограничивается двумя метрами.

Рыхлитель 1 (рис. 22) монтируют на рукояти 2 обратной лопаты вместо ковша. Он представляет собой литую конструкцию (рис. 23), состоящую из стойки-клыка 1, верхняя часть которой выполнена в форме ступенчатой площадки с двумя проушинами. В проушинах расточены отверстия, служащие для соединения рыхлителя с рукоятью и тягой меха-

низма привода ковша. Размеры проушин рыхлителя соответствуют размерам проушин ковша обратной лопаты, что позволяет использовать те же оси.

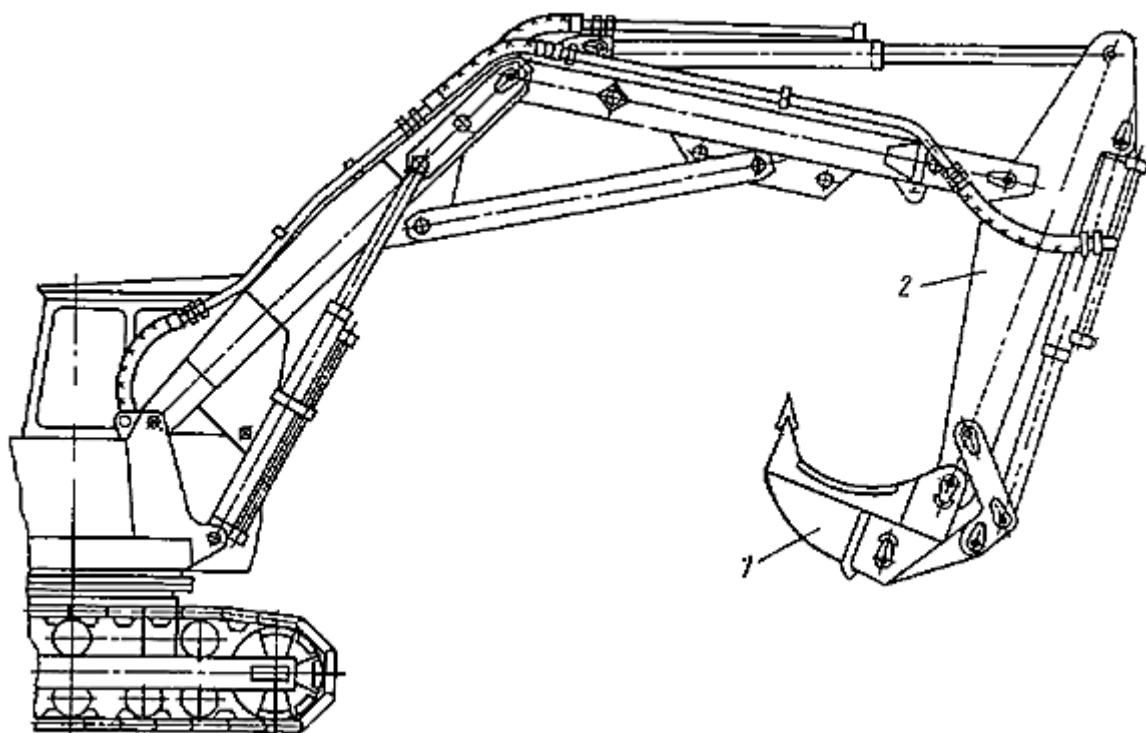


Рис. 22. Рабочее оборудование рыхлитель:

1 - рыхлитель; 2 – рукоять.

Рабочий конец клыка 1 (рис. 23) защищен от износа приварной коронкой 2 с рабочими поверхностями, наплавленными твердым сплавом. В средней части рыхлителя выполнено отверстие для зачалки рыхлителя при его транспортировании.

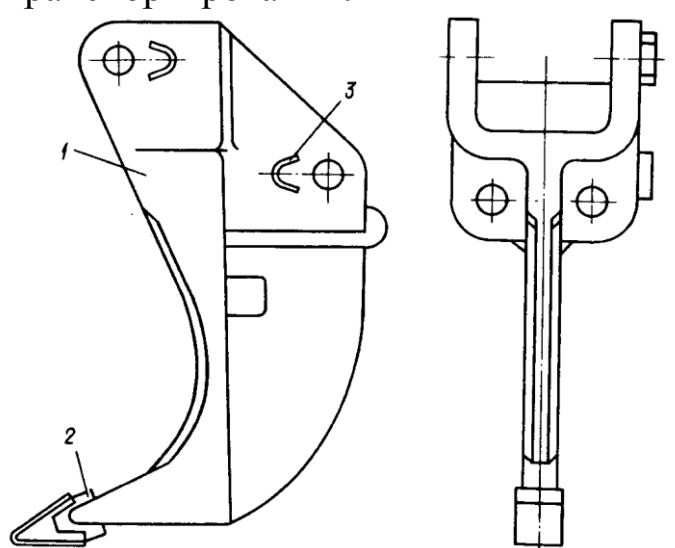


Рис. 23. Рыхлитель:

1 – стойка-клык;
2 – коронка; 3 - скоба.

На проушинах рыхлителя приварены скобы 3 для стопорения осей, крепящих рыхлитель к рукояти.

Рыхление производят внедрением в грунт рабочего органа под действием усилия гидроцилиндра.

4.4. Погрузочное оборудование

Погрузочное оборудование экскаватора предназначено для погрузки предварительно разрыхленных грунтов и сыпучих строительных материалов.

Погрузочное оборудование (рис. 24) состоит из следующих основных узлов: рукояти 3, двух тяг 4, гидроцилиндра 1 рукояти, подвески 6 ковша, гидроцилиндра 5 ковша, ковша 7 и гидроразводки 8. Гидроцилиндр 1 нижней проушиной шарнирно соединен с кронштейном базовой части стрелы, а проушиной штока — с кронштейном рукояти. Ковш поворачивается с помощью гидроцилиндра 5 ковша, который соединен проушиной штока с кронштейном ковша 7, а цапфами — с подвеской 6 ковша.

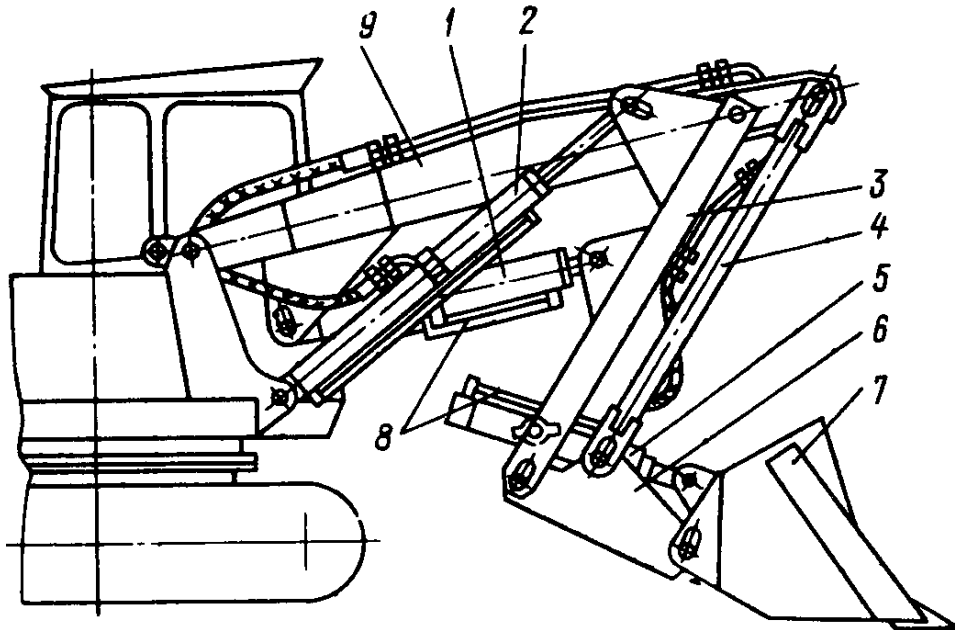


Рис. 24. Погрузочное оборудование:

- 1 - гидроцилиндр рукояти; 2 - гидроцилиндры подъема рабочего оборудования;
3 - рукоять; 4 - тяги; 5 - гидроцилиндр ковша, 6 - подвеска ковша;
7 - ковш; 8 - гидроразводка; 9 - базовая часть составной стрелы.

Рукоять 3 представляет собой сварную конструкцию, состоящую из двух продольных балок коробчатого сечения, сваренных из полосовой стали и соединенных между собой в средней части поперечной связью также коробчатого сечения. Продольные балки на концах имеют проушины для соединения с базовой частью стрелы и подвеской ковша.

Тяга 4 выполнена из трубы. По обоим концам трубы приварены проушины для шарнирного соединения со стрелой и подвеской ковша. В проушину, служащую для соединения с базовой частью стрелы, вварена труба, в которую запрессована стальная втулка.

Подвеска 6 ковша представляет собой сварную конструкцию, соединенную шарнирно с рукоятью, тягами и ковшом. Прουшины всех указанных шарниров размещены на двух щеках, соединенных поперечными

балками коробчатого сечения из листового и уголкового проката. В нижней части обе щеки соединены общим листом, на котором установлены кронштейны с разъемными подшипниками.

Ковши погрузочного оборудования имеют объем 1 м^3 для грунтов с плотностью до $2,2 \text{ т/м}^3$ и $1,5 \text{ м}^3$ для грунтов с плотностью до $1,6 \text{ т/м}^3$. Конструкции ковшей аналогичны, различие состоит в том, что ковш объемом $1,5 \text{ м}^3$ имеет большую ширину и не имеет зубьев.

При выдвижении штока гидроцилиндра 1 рукояти происходит поворот рукояти и перемещение ковша 7 относительно грунта. При этом кинематическая схема оборудования (рис. 25) обеспечивает горизонтальное движение ковша на участке длиной A .

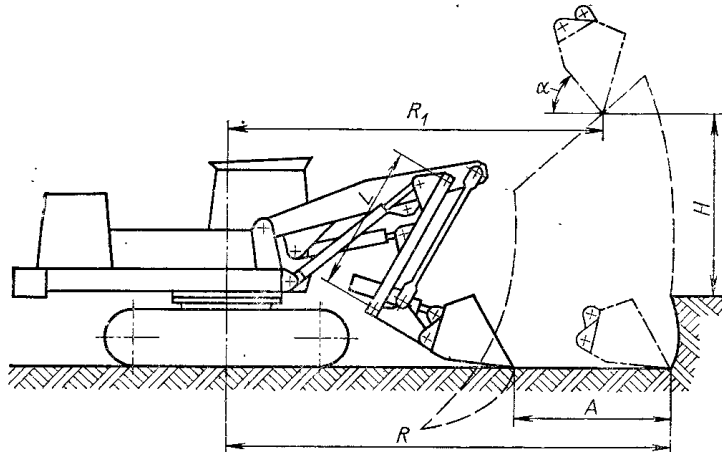


Рис. 25. Схема рабочих параметров погрузочного оборудования:

R – радиус копания; R_1 – радиус выгрузки; H – высота выгрузки; A – горизонтальный участок траектории ковша.

При внедрении в грунт ковш поворачивается относительно подвески гидроцилиндром 5 (рис. 24). После захвата грунта ковшом все рабочее оборудование поднимается гидроцилиндрами 2. Разгрузка производится поворотом ковша в обратную сторону.

4.5. Рабочее оборудование гидромолот

Рабочее оборудование гидромолот предназначено для рыхления мерзлых грунтов, горных пород, взламывания дорожных покрытий и фундаментов.

Оно состоит (рис. 26) из используемых в обратной лопате базовой части стрелы 1, головной части стрелы 2, рукояти 3, собственно гидромолота 7, гидроразводки 4, состоящей из трубопроводов и рукавов высокого давления, гидроцилиндров привода рукояти и ковша, осей и деталей крепления.

Гидромолот 7 крепится к рукояти 3 обратной лопаты экскаватора посредством переходного кронштейна 5 с использованием деталей, применяемых для крепления ковша обратной лопаты. Подсоединение гидромолота к переходному кронштейну осуществляется с помощью осей 6. Рабочая жидкость подводится к гидромолоту через трубопроводы и рукава высокого давления 4.

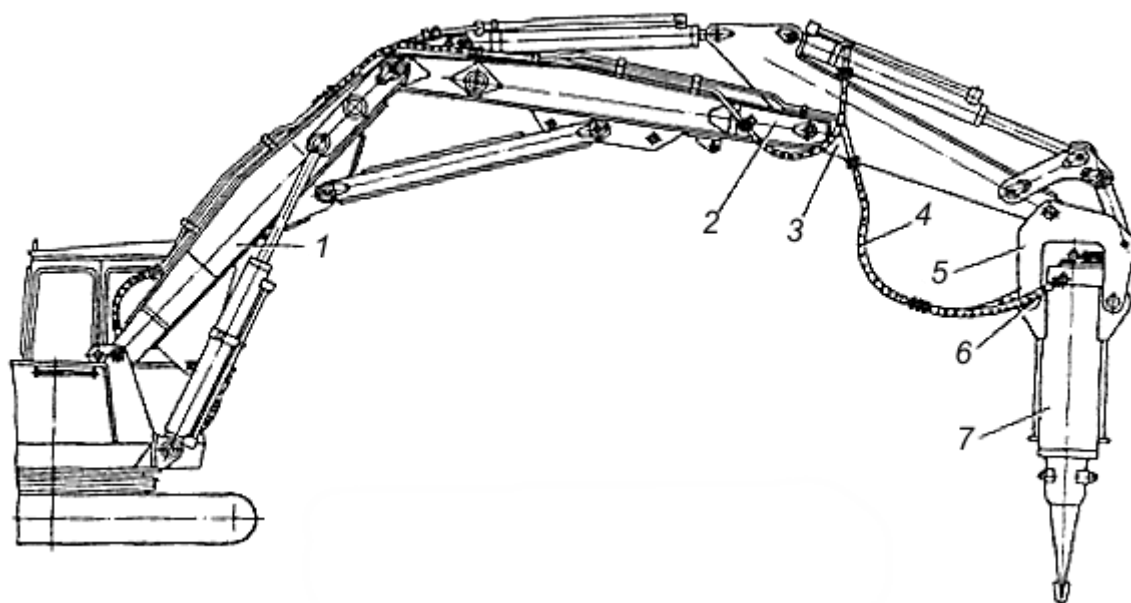


Рис.26. Рабочее оборудование гидромолот:

1 - базовая часть стрелы; 2 - головная часть стрелы; 3 - рукоять; 4 - гидроразводка;
5 - переходный кронштейн; 6 - ось; 7 - гидромолот

Гидромолот состоит из следующих основных узлов (рис. 27): рабочего цилиндра 13, направляющей трубы 12, ударной части 9, рабочего инструмента (клина) 1.

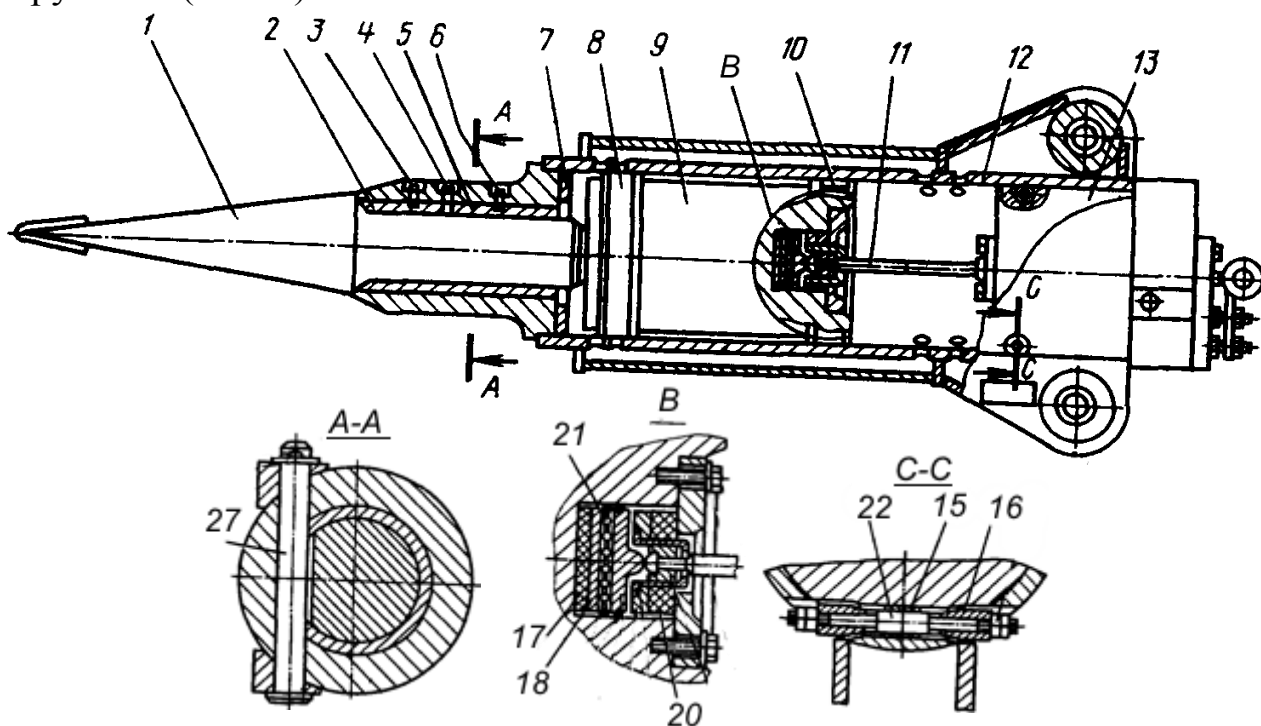


Рис. 27. Гидромолот:

1- клин; 2, 5, 15, 16 - втулки; 3, 6 - винты; 4 - масленка; 7, 20, 17 – амортизаторы резиновые;
8, 10 - вкладыши; 9 - ударная часть; 11 - шток; 12 - труба направляющая;
13 - цилиндр рабочий; 18 - шайбы; 19 - палец; 21 – сепаратор шариковый; 22 - ось.

Фиксация рабочего цилиндра 13 относительно направляющей трубы 12 осуществляется разжимным устройством, состоящим из оси 22 и втулок

15 и 16. Ограничение перемещения клина 1 производится с помощью пальца 19. Для уменьшения динамических нагрузок на экскаватор в опорах гидромолота устанавливаются резиновые амортизаторы. Клин перемещается в направляющей трубе по бронзовым втулкам 2 и 5, которые стопорятся винтами 3 и 6, а смазываются через масленку 4.

Для уменьшения износа направляющей трубы на ударной части предусмотрены сменные бронзовые вкладыши 8 и 10. Крепление ударной части 9 к хвостовику штока 11 рабочего цилиндра 13 осуществляется через амортизаторы 17 и 20. На закаленной шайбе 18 устанавливается шариковый сепаратор 21. Внутри направляющей трубы 12, в нижней ее части, устанавливается резиновый амортизатор 7 в виде кольца.

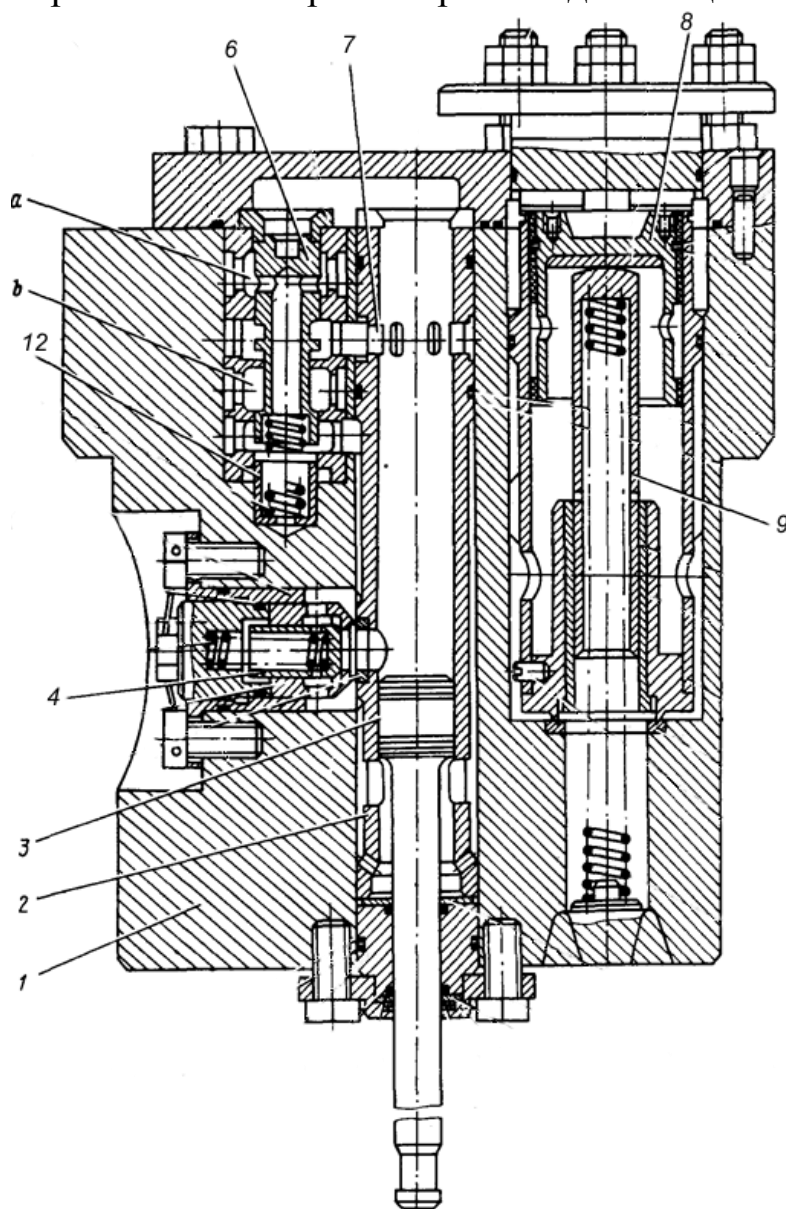


Рис.28. Цилиндр рабочий (главный разрез):

- 1 - корпус; 2 - гильза рабочего цилиндра; 3 - поршень рабочий; 4 - клапан обратный;
5 - пружина золотника; 6 - золотник; 7 - окно гильзы; 8 - поршень гидроаккумулятора;
9 - плунжер; a - напор; b - слив

Гидромолот работает следующим образом. В исходном положении ударная часть 9 (рис. 27) лежит на торцевой поверхности клина 1, что соответствует нижнему положению рабочего поршня 3 (рис. 28). Золотник 6 под действием пружины 5, установленной под его нижним торцом, занимает верхнее положение, соединяя штоковую полость гильзы 2 рабочего цилиндра с напорной, а поршневую полость – со сливной магистралью гидросистемы, поршень гидроаккумулятора при этом занимает верхнее положение.

При включении гидромолота рабочая жидкость поступает через золотник 6 в штоковую полость гильзы 2 рабочего цилиндра и в полость над поршнем 8 гидроаккумулятора. Рабочий поршень 3 движется вверх, начинается подъем ударной части.

При этом жидкость из верхней полости гильзы 2 рабочего цилиндра сквозь окна 7 гильзы через золотник 6 вытесняется по сливной магистрали в бак. Поршень 8 гидроаккумулятора при этом под действием давления рабочей жидкости в напорной магистрали перемещается вниз и через плунжер 9 сжимает рабочую жидкость в замкнутом объеме жидкостной пружины, тем самым «заряжая» гидроаккумулятор.

В конце разгона вверх рабочий поршень 3 перекрывает сливные окна 7, вследствие чего давление в поршневой полости гильзы 2 рабочего цилиндра и над верхним торцом золотника 6 повышается. Так как вследствие разности диаметров площадь верхнего торца золотника больше площади его нижнего торца, золотник перемещается в нижнюю позицию, соединяя при этом поршневую полость гильзы 2 с напорной магистралью, а штоковую полость – со сливной магистралью.

Далее происходит торможение ударной части. После остановки ударной части в верхнем положении начинается ее разгон вниз под действием сил собственной массы и давления жидкости, действующих на рабочий поршень. По мере нарастания скорости падения ударной части давление в напорной магистрали падает.

Гидроаккумулятор, разряжаясь, движением поршня 8 вверх вытесняет из надпоршневого пространства рабочую жидкость и тем самым сглаживает падение давления и предотвращает создание вакуума в напорной магистрали. В конце хода вниз ударная часть наносит удар по торцу клина.

Перед нанесением удара верхняя кромка поршня 3 опускается ниже обратного клапана 4, при этом поршневая полость оказывается соединенной через обратный клапан со сливной магистралью. Вследствие этого давление в ней и над верхним торцом золотника 6 падает, и пружина 5, установленная под золотником, может его передвинуть вверх.

Затем рабочий цикл повторяется.

4.6. Рыхлительное оборудование захватно-клещевого типа

Рыхлительное оборудование захватно-клещевого типа предназначается для рыхления мерзлых грунтов и асфальтобетонных покрытий с одновременной экскавацией, для съема и укладки дорожных плит, труб, установки колодцев, погрузки длинномерных материалов, разборки старых зданий и т.д.

Сменное оборудование захватно-клещевого типа поставляется к экскаватору отдельными комплектами в двух вариантах и устанавливается вместо ковша и рукояти обратной лопаты.

Оборудование захватно-клещевого типа с однозубым рыхлителем (рис. 29) состоит из базовой части 13 и головной части 11 стрелы, тяги 12, гидроцилиндров 2 и 3, тяги 7, рычага 6, используемых в обратной лопате, рукояти 5, ковша 9, рыхлителя-захвата однозубого 10, двух гидроцилиндров 4, гидроразводки 1, осей и деталей крепления.

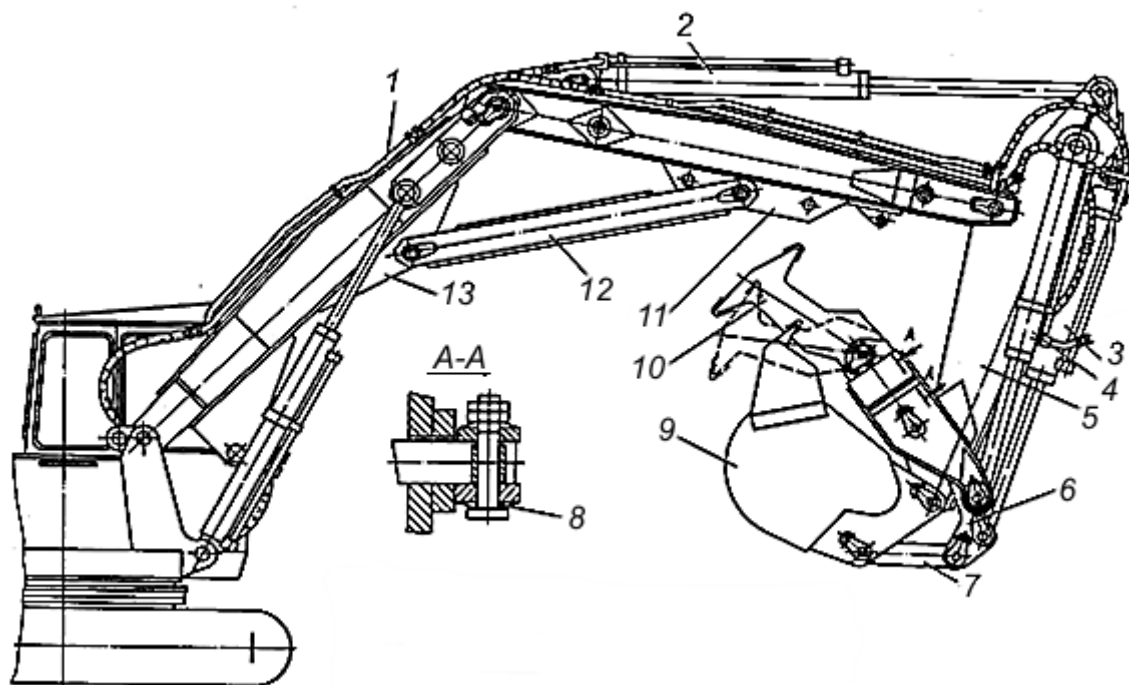


Рис. 29. Рабочее оборудование захватно-клещевого типа с однозубым рыхлителем:

- 1 - гидроразводка; 2, 3, 4 - гидроцилиндры; 5 рукоять; 6 - рычаг; 7, 12 - тяги;
8 - пружина тарельчатая; 9 - ковш; 10 - рыхлитель-захват однозубый;
11 - головная часть стрелы; 13 - базовая часть стрелы

Рукоять, в отличие от рукояти обратной лопаты, имеет два дополнительных отверстия: в хвостовой части — для гидроцилиндров привода рыхлителя, в головной части - для установки рыхлителя.

Ковш, в отличие от ковша обратной лопаты вместимостью 0,65 м³, имеет более высокие кронштейны для крепления к рукояти и больший радиус, описываемый кромкой зуба.

Рыхлитель-захват однозубый 10 состоит из сварной коробчатой рамы и шарнирно соединенной с ней стойки, имеющей возможность поворота на

определенный угол, что необходимо для двустороннего копания.

Стойка рыхлителя в верхней части имеет тормозное устройство с тарельчатыми пружинами 8, а в нижней части заканчивается двусторонним зубом, концы которого наплавляются твердым сплавом. Привод рыхлителя осуществляется двумя гидроцилиндрами 4, взаимозаменяемыми с гидроцилиндром привода ковша обратной лопаты.

Оборудование захватно-клевещевого типа с трехзубым рыхлителем (рис. 30) состоит из базовой части 12 и головной части 10 стрелы, тяги 11, гидроцилиндров 1 и 3, тяги 6, рычага 5, используемых в обратной лопате, рукояти 9, рыхлителя-захвата трехзубого 8, ковша 7, двух гидроцилиндров 4, гидроразводки 2, осей и деталей крепления.

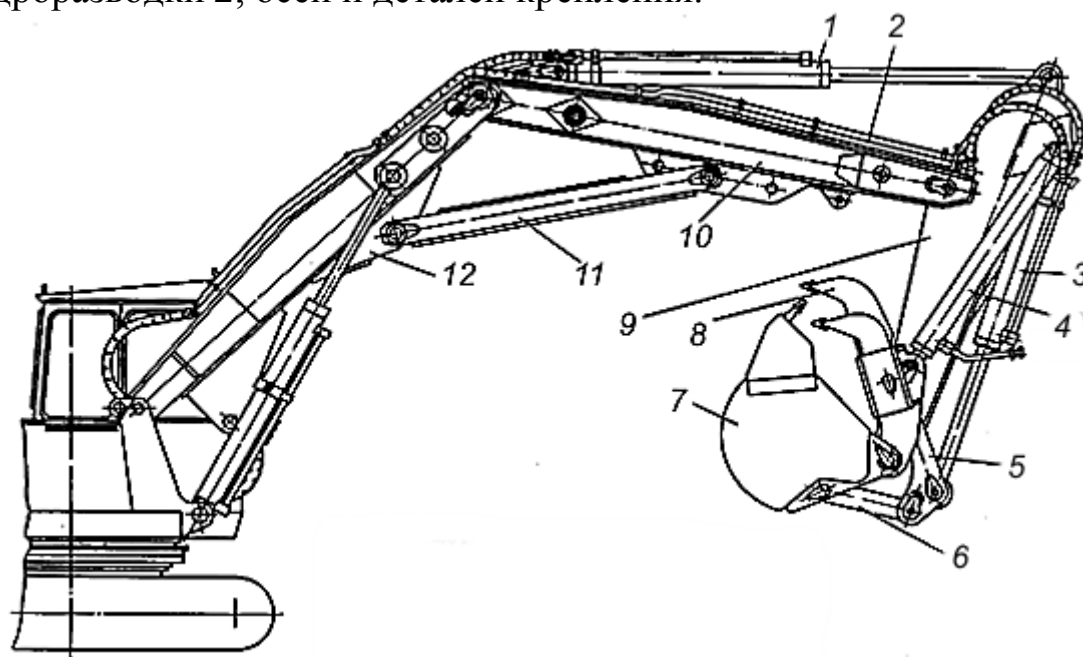


Рис. 30. Рабочее оборудование захватно-клевещевого типа с трехзубым рыхлителем:

1, 3, 4 - гидроцилиндры; 2 - гидроразводка; 5 - рычаг; 6, 11 - тяги; 7 - ковш; 8 - рыхлитель захвата трехзубый; 9 - рукоять; 10 - головная часть стрелы; 12 - базовая часть стрелы.

Рукоять, в отличие от рукояти обратной лопаты, имеет две дополнительные накладные для усиления отверстий крепления общей оси цилиндров, ковша и рыхлителя и более длинные втулки, в которых размещаются стопорные болты для крепления этой оси.

Ковш, в отличие от ковша обратной лопаты вместимостью 0,65 м³, имеет дополнительные уши для установки рыхлителя.

Рыхлитель-захват трехзубый состоит из сварной рамы и трех съемных зубьев: центрального и двух боковых. Для получения различных по величине усилий рыхления боковые зубья сделаны выдвижными с установкой по длине в три положения. Для уменьшения износа зубья имеют наплавку из твердого сплава. Привод рыхлителя осуществляется двумя гидроцилиндрами 4, взаимозаменяемыми с гидроцилиндрами привода стрелы обратной лопаты.

5. Гидравлическая схема одноковшового экскаватора

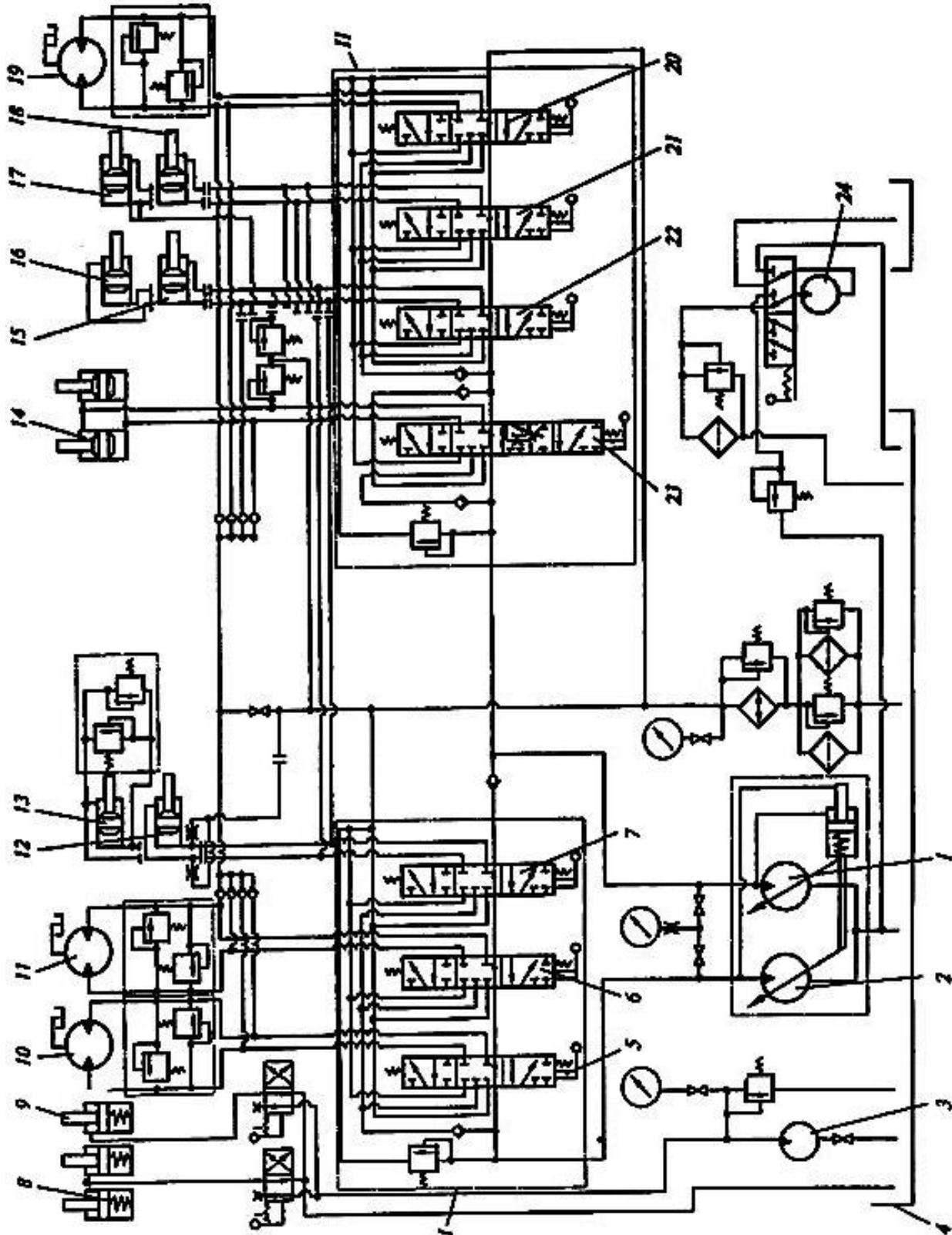


Рис. 9. Гидравлическая схема полноповоротного экскаватора четвертой размерной группы

Блок I управляет потоком жидкости, идущим от секции 2 насоса к гидромоторам 10 и 11 левой гусеничной тележки и вращения поворотной

платформы, а также к гидроцилиндрам 12 и 13 открывания днища ковша прямой лопаты и вращения ковша грейфера.

Блок II направляет поток жидкости от секции 1 насоса к гидроцилиндрам 14 стрелы, - рукояти прямой лопаты и погрузочного оборудования 15, рукояти обратной лопаты 16, ковша погрузчика 17, ковша обратной и прямой лопаты и замыкания ковша грейфера 18, к гидромотору 19 привода правой гусеничной тележки.

При включении одного из золотников 6 или 7 рабочая жидкость от секции 3 подается в гидромотор 10 левой гусеничной тележки или гидромотор 11 привода вращения поворотной платформы. При включении золотников 7, 21 и 22 рабочая жидкость подается в гидроцилиндры рабочего оборудования. Одновременным включением золотников 7 и 22 при погрузчике и обратной лопате на поворот рукояти подается поток рабочей жидкости от обеих секций насоса (при неключенных остальных золотниках). Одновременным включением золотников 7 и 21 при прямой лопате поток рабочей жидкости от обеих секций 2 и 1 насоса подается на поворот ковша.

Золотник 20 включает гидромотор 19 правой тележки механизма передвижения. Золотники 20-23 при неключенных золотниках 5-7 подают на движение поток рабочей жидкости от обеих секций насоса.

Объединение потоков обеспечивает возможность использования полной мощности насосов при выполнении основных рабочих операций, благодаря чему получают максимальные скорости движения штоки гидроцилиндров подъема стрелы, поворота рукояти и ковша. Давление в системе привода рабочего оборудования составляет 25 МПа. Распределительные блоки позволяют независимо совмещать подъем–опускание стрелы с вращением платформы и поворотом рукояти и ковша.

При нейтральном положении всех золотников рабочая жидкость проходит через гидрораспределители, охладитель, фильтры и сливается в гидробак.

Шестеренный насос 1 подает рабочую жидкость в гидроцилиндры управления тормозами передвижения 8 к вращению поворотной платформы 9 через краны управления. Шестеренный насос 24 служит для заполнения гидробака рабочей жидкостью или для ее подогрева в зимнее время. Рациональное использование насосной установки и совмещение рабочих операций позволяют сократить продолжительность рабочего цикла экскаватора и повысить его производительность.

Управление экскаватором сосредоточено в кабине машиниста и осуществляется двумя рукоятками рабочего оборудования, двумя педалями управления поворотом платформы и двумя рычагами управления ходом.

6. Оформление и защита отчета

Лабораторная работа оформляется индивидуально на листах формата А4. Оформление отчета рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- название лабораторной работы;
- изложение целей лабораторной работы;
- формирование отчета по работе (выполнение индивидуального задания).

Порядок защиты отчета:

- после окончательного оформления отчета производится защита лабораторной работы.

Вопросы для самоконтроля к лабораторной работе

- ❖ Основные части одноковшового экскаватора.
- ❖ Как устроена базовая часть полноповоротных гидравлических экскаваторов?
- ❖ Устройство и работа механизма поворота платформы экскаватора.
- ❖ Общее устройство и работа ходовой тележки гусеничного экскаватора.
- ❖ Устройство и работа механизма натяжения гусеничной ленты.
- ❖ Какие виды сменного рабочего оборудования могут быть установлены на одноковшовых экскаваторах?
- ❖ Перечислите основные виды рабочих органов одноковшовых экскаваторов. Как они устроены?
- ❖ Дайте общую характеристику гидравлической системы экскаватора.
- ❖ Для чего предназначены гидравлические экскаваторы с оборудованием обратной лопаты? Как они устроены и как работают?
- ❖ Для чего предназначены гидравлические экскаваторы с оборудованием прямой лопаты? Как они устроены и как работают?
- ❖ Для чего применяют грейферное рабочее оборудование? Как оно устроено и как работает?
- ❖ Для чего применяют рабочее оборудование рыхлитель? Как оно устроено и как работает?
- ❖ Для чего применяют, как устроено и как работает погрузочное рабочее оборудование одноковшовых экскаваторов?
- ❖ Для чего применяют рабочее оборудование гидромолот? Как оно устроено и как работает?
- ❖ Для чего применяют рыхлительное оборудование захватно-клещевого типа? Как оно устроено и как работает?

Лабораторная работа № 3

3. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ БУЛЬДОЗЕРОВ-РЫХЛИТЕЛЕЙ

Цель работы: изучить устройство и рабочий процесс бульдозеров-рыхлителей.

Задание:

Изучить устройство и работу бульдозеров-рыхлителей.

Описать устройство и работу навесного бульдозерного или рыхлительного оборудования (по индивидуальному заданию).

1. Классификация бульдозеров

Бульдозеры представляют собой самоходные **землеройно-транспортные машины**, предназначенные, в основном, для срезания, планировки и перемещения грунтов и материалов на расстояние до 150 м. В настоящее время бульдозеры выполняют до 25-30% общего объема земляных работ.

1.1. По номинальному тяговому классу

- ❖ *Малогабаритные* (очень легкие). Класс до 25 кН.
- ❖ *Легкие*. Класс от 25 до 135 кН. Предназначены для работы с грунтами I...II категории плотности. Применяются для рытья котлованов, расчистки территории, а также в сельском хозяйстве.
- ❖ *Средние*. Класс от 135 до 200 кН. Бульдозеры этого класса предназначены для выполнения работ на грунтах категорий I...IV, даже в условиях сезонного промерзания почвы. Могут выполнять различные работы в горнодобывающей промышленности.
- ❖ *Тяжелые*. Класс от 200 до 350 кН.
- ❖ *Сверхтяжелые*. Класс свыше 350 кН.

Последние две категории бульдозеров применяются для выполнения энергоемких работ в горнодобывающей промышленности, а также в дорожном и мелиоративном строительстве.

Гусеничные бульдозеры определены по тяговым классам тракторов типоразмерным рядом: 3, 4, 6, 10, 15, 25, 35, 50, 75 и 100 (тс), охватывающим бульдозеры с номинальным тяговым усилием от 30 до 1000 кН.

1.2. По назначению

- ❖ *Общего назначения*. Для производства в разных климатических и грунтовых условиях землеройно-транспортных и вспомогательных работ при температурах от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$.
- ❖ *Многоцелевого назначения*. Используют для разработки и засыпки траншей, каналов, скважин, отрывки корыт земляного полотна и прове-

дения земляных работ на мерзлых грунтах, погрузочно-разгрузочных работ. Бульдозерное оборудование агрегатируют с задним навесным оборудованием экскаватора, рыхлителя, канавокопателя, бурильно-крановой машины.

❖ *Специальные.* Применяются для выполнения специальных работ (разработка торфа, толкание скреперов, проведение подземных и подводных работ). Используются и в специфических условиях: в радиационно опасных и загазованных местах, на грунтах с пониженной несущей способностью, при температурах от -60°C до $+60^{\circ}\text{C}$.

Чаще всего в строительстве используют *универсальные* бульдозеры, то есть *общего* назначения. *Специальные* бульдозеры, предназначенные для эксплуатации в нестандартных условиях, используются гораздо реже, например, для выполнения работ под водой.

1.3. По типу ходовой части

❖ *Гусеничные.* Наиболее востребованы из-за низкого давления на грунт, а также из-за возможности реализации значительных тяговых усилий, высоких сцепных свойств. Могут оснащаться дополнительным быстросъемным оборудованием.

❖ *Пневмокошесные.* Отличаются от гусеничных повышенной мобильностью и возможностью развивать высокие скорости при передвижении.

1.4. По способу установки отвала

❖ *С неповоротным отвалом.* Отвал постоянно расположен перпендикулярно продольной оси базовой машины.

❖ *С поворотным отвалом.* Устанавливается перпендикулярно или под углом (как правило, до 63°), может быть развернут в разные стороны относительно продольной оси машины.

1.5. По типу отвала

❖ *Прямой отвал* (рис.1,а) – или отвал типа S – используется при разработке широкого диапазона немерзлых грунтов, включая легкие скальные.

❖ *Сферический отвал* (рис.1,б) – отвал типа U – для перемещения значительных объемов легких грунтов на большие расстояния. Он состоит из трех секций: центральной и двух боковых. Последние расположены под углом в плане до 25° . Изогнутая в плане форма отвала обеспечивает смещение грунта к середине отвала, обеспечивая при транспортировании минимальные потери.

❖ *Полусферический отвал* (рис.1,в) – отвал типа SU – сочетает способности прямого отвала хорошо врезаться в грунт и сферического отвала перемещать большие объемы материала за счет коротких боковых секций, установленных под углом до 25° к центральной секции.

❖ *Специальный отвал* (рис.1,г) – (челюстной, угольный, для сыпучих материалов) для выполнения специальных работ.

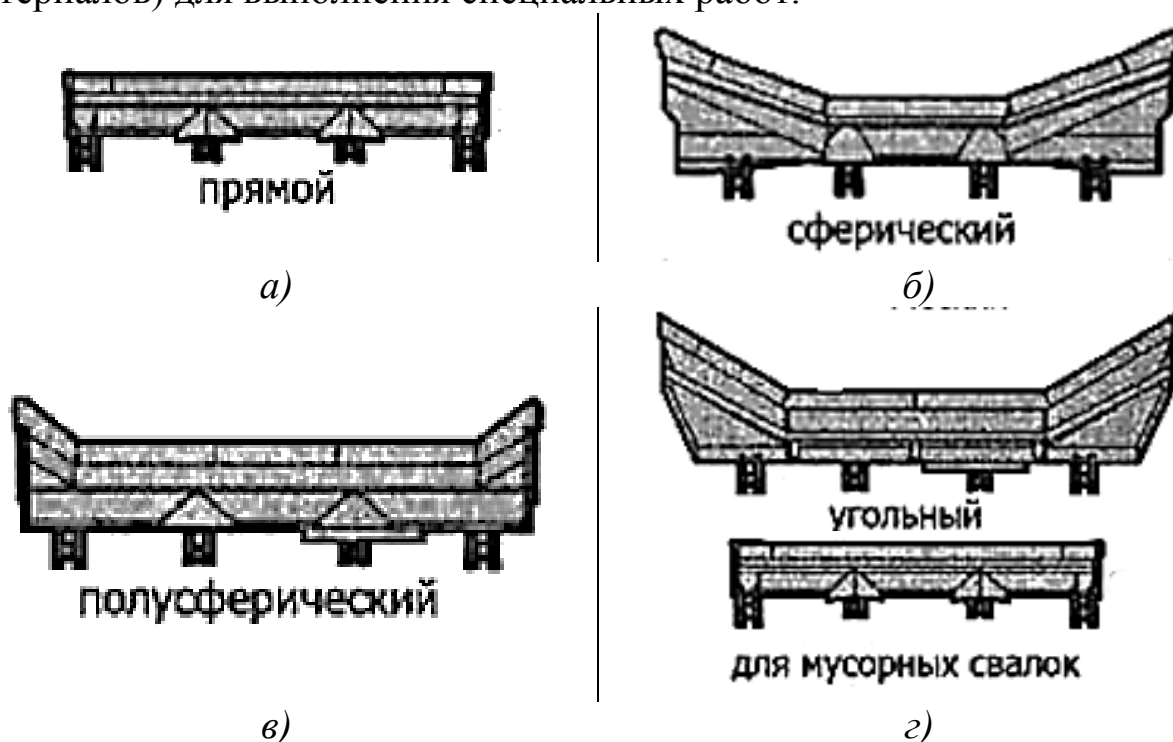


Рис. 1. Типы бульдозерных отвалов:

а) прямой тип S; б) сферический тип U; в) полусферический тип SU; г) специальный

2. Классификация бульдозеров-рыхлителей

Оборудование рыхлителя может быть установлено на тягач (трактор) тягового класса 10 и выше. Если на этом тягаче установлено и бульдозерное оборудование, то такую машину называют **бульдозер-рыхлитель**.

2.1. По назначению

❖ Бульдозеры-рыхлители *общего назначения* – для разработки и транспортировки мерзлых и разборно-скальных грунтов.

❖ Бульдозеры-рыхлители *специального назначения* имеют рыхлительное оборудование в однозубом исполнении для глубокого рыхления грунтов (более 1,5...2 м). В многозубом исполнении рыхлители используют на горных работах.

2.2. По виду подвески навесного оборудования

❖ *Трехзвенная* (рис.2,а) – трехточечная подвеска, проста по конструкции, но в процессе заглубления изменяется угол рыхления.

❖ *Четырехзвенная (параллелограммная)* (рис.2,б) – особенностью является постоянство угла рыхления в процессе заглубления рыхлителя.

❖ *Четырехточечная (непараллелограммная)* (рис.2,в) – обеспечивает изменение угла рыхления в процессе разработки грунта.

❖ *Многозвенная*, отличающаяся от *четырёхзвенной* наличием дополнительного звена, соединяющего балку рабочего органа с верхней тягой подвески.

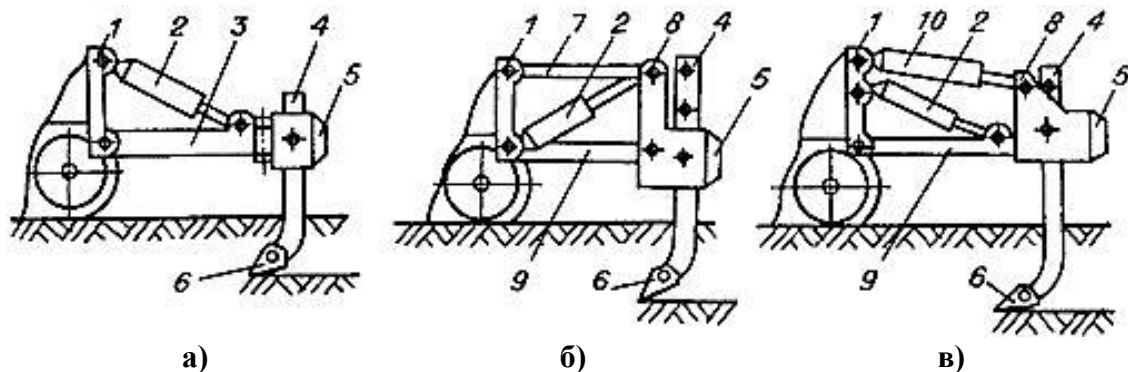


Рис. 2. Подвески рыхлителей:

а – трехзвенная; *б* – четырехзвенная (параллелограммная); *в* – четырехзвенная (непараллелограммная); 1 – рама; 2 – гидроцилиндр заглубления стойки; 3 – рабочая рама; 4 – стойка; 5 – буфер; 6 – наконечник; 7, 9 – соответственно верхняя и нижняя рамы; 8 – балка; 10 – гидроцилиндры изменения угла рыхления.

2.3. По количеству зубьев

❖ *Однозубые* рыхлители предназначены для разработки особо прочных материалов и могут использоваться также для специальных работ.

❖ *Многозубые* рыхлители содержат в комплекте, как правило, 3 зуба.

2.4. По способу крепления

❖ *С жестким креплением* зубьев. При жестком креплении поворот зуба исключается.

❖ *С шарнирным креплением* зубьев. Шарнирное крепление обеспечивает поворот зуба, снижая воздействие боковых нагрузок на рабочий орган и базовый тягач.

3. Устройство бульдозеров и бульдозеров-рыхлителей

Бульдозер состоит из *базовой машины* и *навесного оборудования*. В качестве базовой машины используют гусеничный или колесный трактор или тягач. На рис. 3 представлен бульдозер на базе гусеничного трактора.

Навесное оборудование в виде отвала 1 криволинейного профиля навешивается фронтально на базовую машину 3 при помощи толкающих брусьев 8. Толкающие брусья, закрепленные по краям отвала в шарнирах 10, задними концами шарнирно установлены в опорах 7 базовой машины, что позволяет перемещать отвал в вертикальной плоскости для его заглубления в грунт и подъема гидроцилиндрами 2. С помощью раскосов 9 отвал может менять угол наклона в продольной и поперечной плоскостях машины. Нижняя кромка отвала снабжена ножами 11, которые по мере износа меняют.

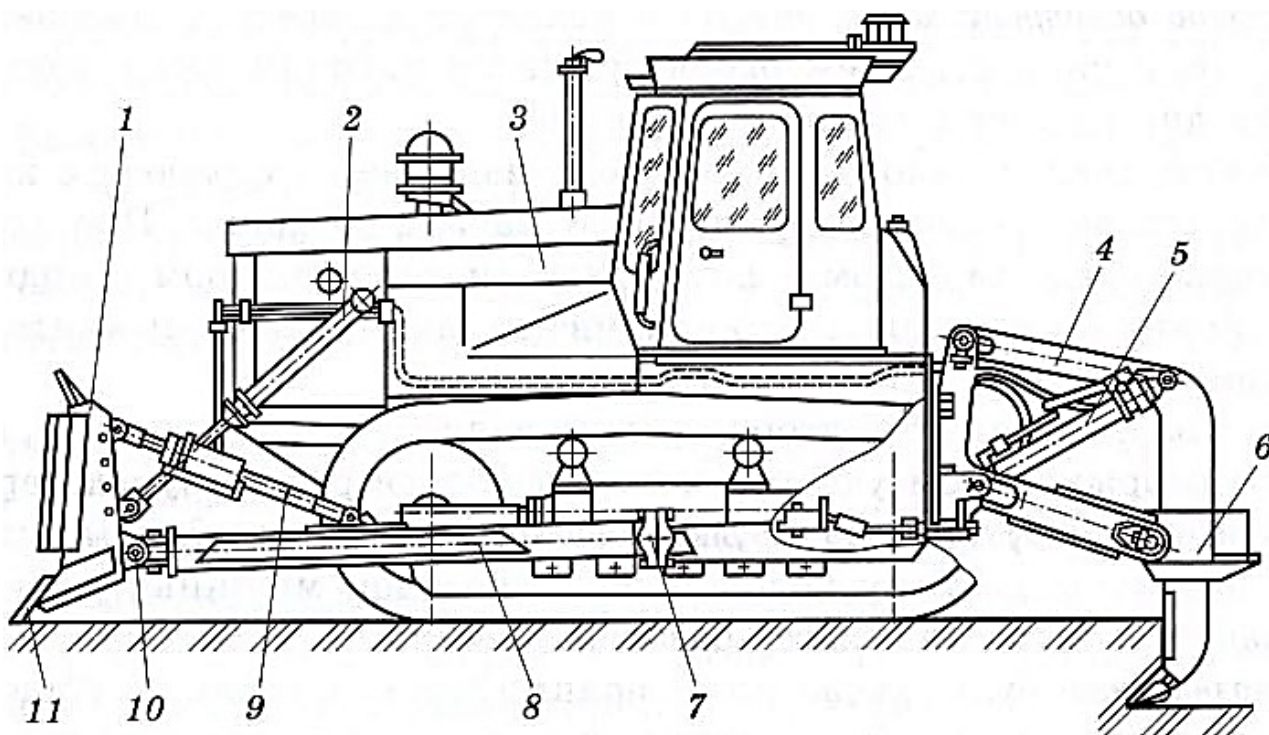


Рис. 3. Устройство бульдозера и бульдозера-рыхлителя:

2 — отвал; 2,5 — гидроцилиндры; 3 — базовая машина; 4 — подвеска; 6 — рабочая балка с зубом и наконечником; 7 — опора шарнира; 8 — толкающий брус; 9 — раскос; 10 — шарнир; 11 — нож.

Работа бульдозера связана с необходимостью обеспечения напорного 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. Колесные бульдозеры чаще применяют при выполнении работ небольших объемов или вспомогательных работ.

Разработка твердых или мерзлых грунтов и пород отвалом бульдозера бывает затруднительна, в этих случаях одновременно с бульдозерным отвалом используют *навесной рыхлитель*, размещенный сзади базового трактора. Рыхлитель послойно разделяет твердые грунты и породы на отдельные куски и глыбы, которые затем могут разрабатываться и перемещаться бульдозерами.

Такой агрегат называют *бульдозером-рыхлителем*. Рабочая балка 6 рыхлителя с наконечником и зубом на подвеске 4 шарнирно крепится к раме трактора. Благодаря такому креплению рабочий орган рыхлителя может быть опущен для заглубления в грунт и поднят гидроцилиндром 5.

3.1. Параметры бульдозеров и бульдозеров-рыхлителей

Основными параметрами бульдозеров и бульдозеров-рыхлителей, помещаемыми в сопроводительной документации, являются некоторые параметры базового трактора, в частности тяговый класс, масса, мощность двигателя, тип трансмиссии, скорости движения, а также параметры и геометрические размеры, обозначенные на рис. 4 и относящиеся к машине в целом.

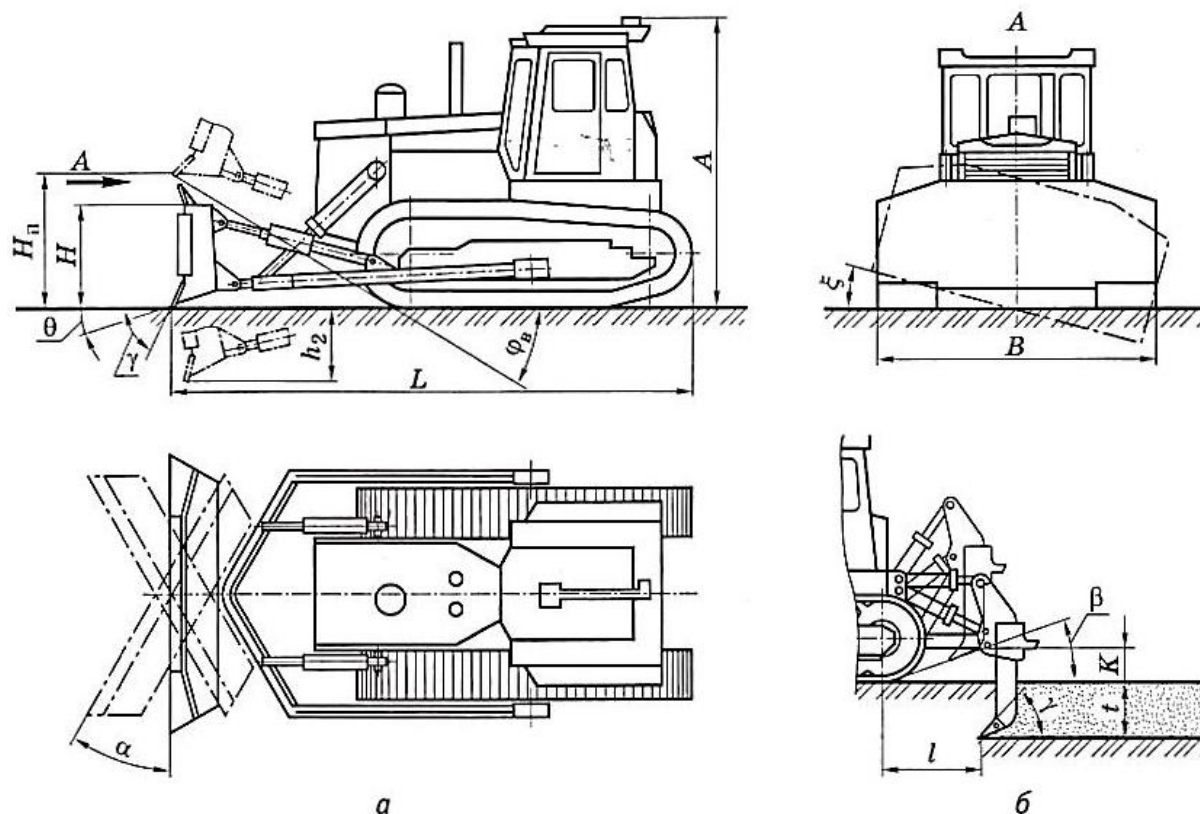


Рис. 4. Основные параметры бульдозера (а) и бульдозера-рыхлителя (б):

$L \times B \times A$ — габаритные размеры; H — высота отвала без козырька; B — ширина отвала;

h_2 — опускание отвала ниже опорной поверхности; H_n — высота подъема отвала;

α — угол установки отвала в плане; γ — угол резания; ξ — угол поперечного перекоса;

θ — задний угол отвала; ϕ_v — угол въезда; t — заглубление зуба;

l — расстояние от зуба до оси звездочки; K — высота нижней рамы от поверхности; β — угол съезда

4. Гидравлическая система рабочего оборудования бульдозеров и бульдозеров-рыхлителей

Гидросистема является важнейшей составной частью базовой машины и обеспечивает управление рабочим оборудованием.

4.1. Принцип работы гидравлической системы

Гидросистема состоит из насоса, работающего от двигателя внутреннего сгорания; исполнительных механизмов — гидроцилиндров; механизмов управления — гидрораспределителя и клапанной аппаратуры; вспомогательных устройств — гидробака, фильтра, гидролиний.

В гидросистеме вращательное движение вала насоса преобразуется в поступательное движение поршня гидроцилиндра. Энергия от насоса передается к исполнительным механизмам рабочей жидкостью, к которой предъявляются следующие требования: мало изменять вязкость и не разлагаться при перепадах температуры, противостоять пенообразованию, не воздействовать на уплотняющие материалы. Рабочая жидкость (например, минеральные масла) одновременно является смазывающей и антикоррозийной средой для агрегатов системы.

На рис. 5 представлена схема взаимодействия элементов гидросистемы.

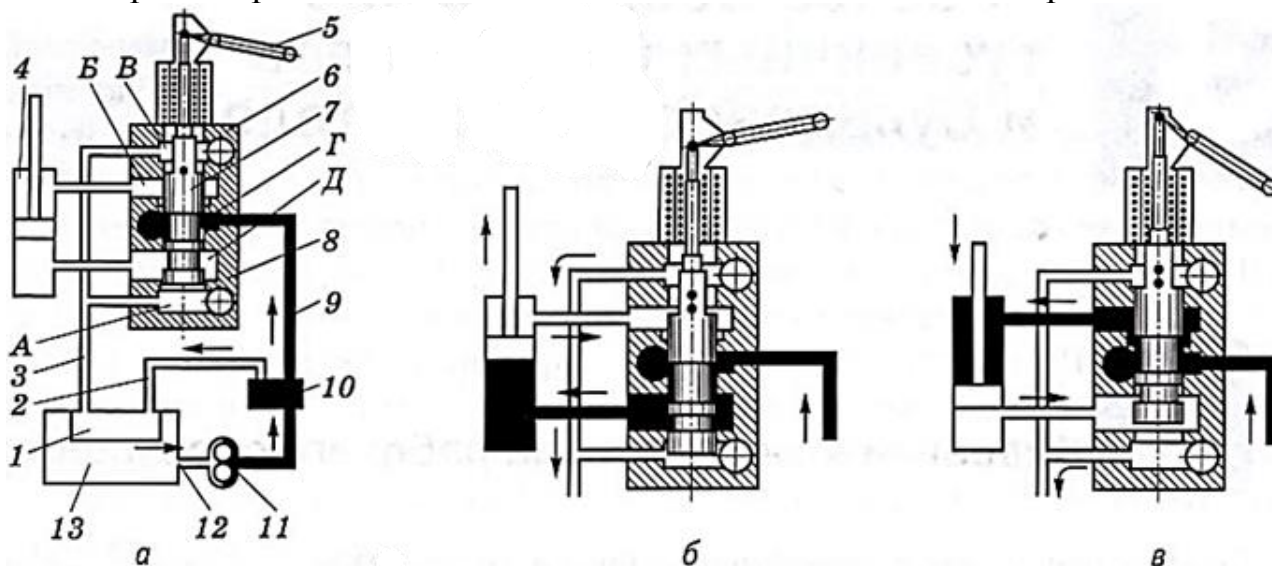


Рис. 5. Схема работы гидравлической системы:

а) — общая схема (нейтральное положение — масло заперто); б), в) — рабочие положения; 1 — фильтр; 2,3,9,12 — гидролинии; 4 — гидроцилиндр; 5 — рукоятка; 6 — корпус; 7 — золотник; 8 — гидрораспределитель; 10 — клапан; 11 — насос; 13 — гидробак

Из гидробака 13 по гидролинии 12 масло всасывается насосом 11, который нагнетает его по напорной гидролинии 9 к полости Г гидрораспределителя 8. Дальнейшая работа системы зависит от положения рукоятки 5 и связанного с ней золотника 7 гидрораспределителя. Гидрораспределитель 8 состоит из корпуса 6, золотника 7, размещенного в осевом отверстии, и рукоятки 5. Полость Г соединяет гидрораспределитель с насосом, полости Б и Д предназначены для подвода масла к гидроцилиндру 4, а полости А и В соединяют гидрораспределитель со сливной гидролинией 3.

При положении рукоятки 5, показанном на рис. 5,а, золотник 7 перекрывает доступ масла от полости Г к полостям Д и Б, а также слив из них через полости В и А. В этом случае масло, находящееся в гидроцилиндре, заперто (нейтральное положение). Масло, поступающее от насоса 11 к гидрораспределителю 8, повышает давление в гидролинии 9 и, преодолев сопротивление пружины клапана 10, проходит на слив в гидробак 13.

При опущенном золотнике 7 (рис. 5,б) напорная полость Г соединяется с полостью Д гидроцилиндра, а полость Б — с полостью слива В, и шток гидроцилиндра 4 начинает выдвигаться. При поднятом золотнике (рис. 5,в) направ-

ление подачи и слива масла изменяется, и шток перемещается в обратном направлении.

4.2. Общая схема гидравлической системы бульдозера-рыхлителя

На рис. 6 показана схема гидравлической системы бульдозера-рыхлителя ДЗ-171, которая является типичной и для других моделей.

В состав гидравлической системы входят: гидробак 3; насос 2; гидрораспределитель 13; гидроцилиндры 9 подъема-опускания отвала, 11 гидрораскоса отвала и 10 управления рыхлителем; фильтр 4 и гидролинии.

Работает система следующим образом: масло из гидробака 3 всасывается насосом 2 через гидролинию 1 и подается по напорной гидролинии 5 к гидрораспределителю 13. Гидрораспределитель 13 состоит из трех золотников 14 и предохранительного гидроклапана 15.

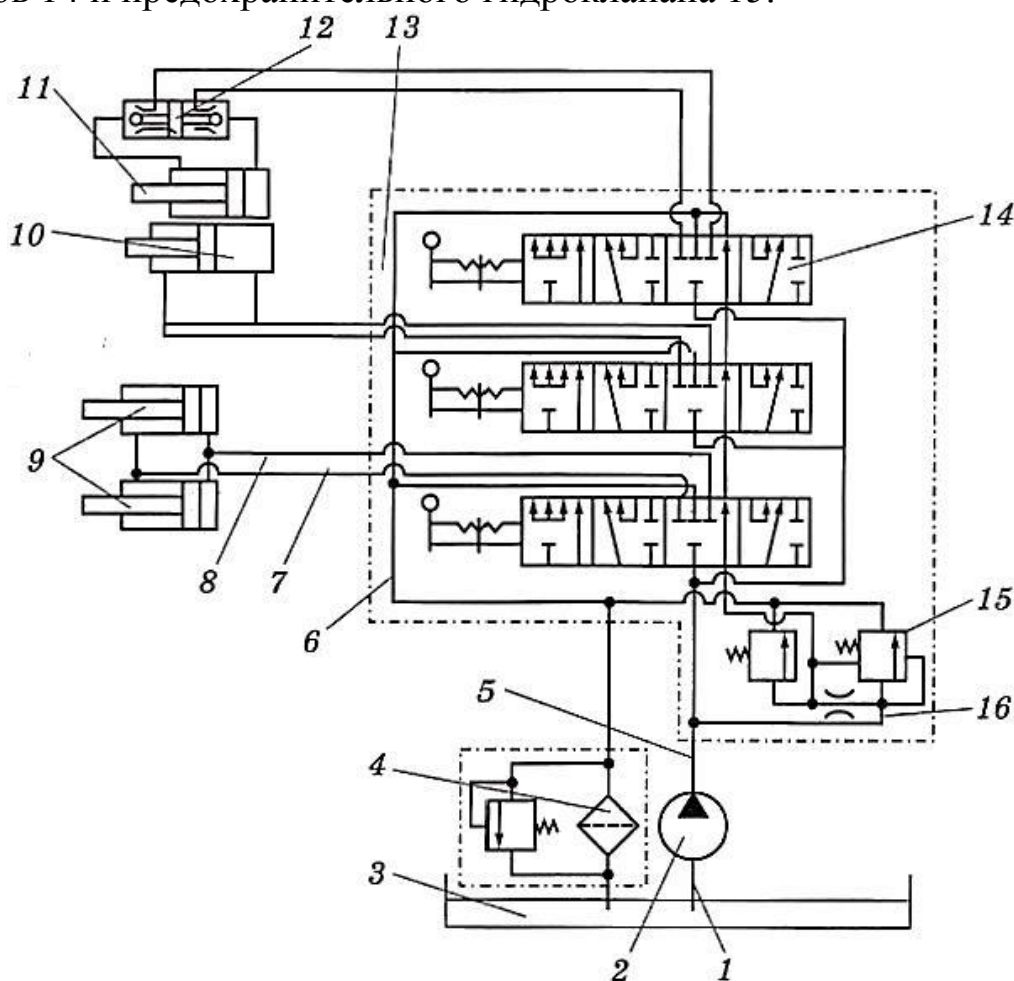


Рис. 6. Схема гидравлической системы бульдозера-рыхлителя:

1, 5, 6, 7, 8, 16 — гидролинии; 2 — насос; 3 — гидробак; 4 — фильтр; 9, 10, 11 — гидроцилиндры; 12 — гидрозамок; 13 — гидрораспределитель; 14 — золотник; 15 — гидроклапан

При нейтральном положении (как показано на схеме) входы напорной гидролинии в золотники закрыты, и масло за счет возросшего давления в гидролинии 16 преодолевает сопротивление гидроклапана 15, проходит в гидролинию 6 и сливается через фильтр 4 в гидробак.

При включении, например, нижнего золотника вправо гидролиния 5 соединится с выходной гидролинией 7, поток масла направится в поршневые полости гидроцилиндров 9 и их штоки начнут выдвигаться, заглубляя отвал. Одновременно вторые полости гидроцилиндров, связанные с гидролинией 8, соединяются со сливом.

Давление в гидросистеме регулируется на уровне 16 МПа с помощью предохранительного клапана 15, установленного в напорной секции гидрораспределителя 13.

Для фиксации положения перекоса отвала в гидролиниях управляющих им гидроцилиндров предусмотрен гидрозамок 12, запирающий выход масла из гидроцилиндров.

5. Бульдозерное оборудование

5.1. Бульдозерное оборудование с неповоротным отвалом

На гусеничных бульдозерах навешивают два типа бульдозерного оборудования с неповоротным отвалом: с жестким и шарнирным креплением отвала к толкающим брусам.

Оборудование с жестким креплением отвала (рис.7 и 8) применяют главным образом на легких гусеничных бульдозерах ДЗ-42Г. Это оборудование состоит из отвала, двух толкающих брусьев и поперечной балки.

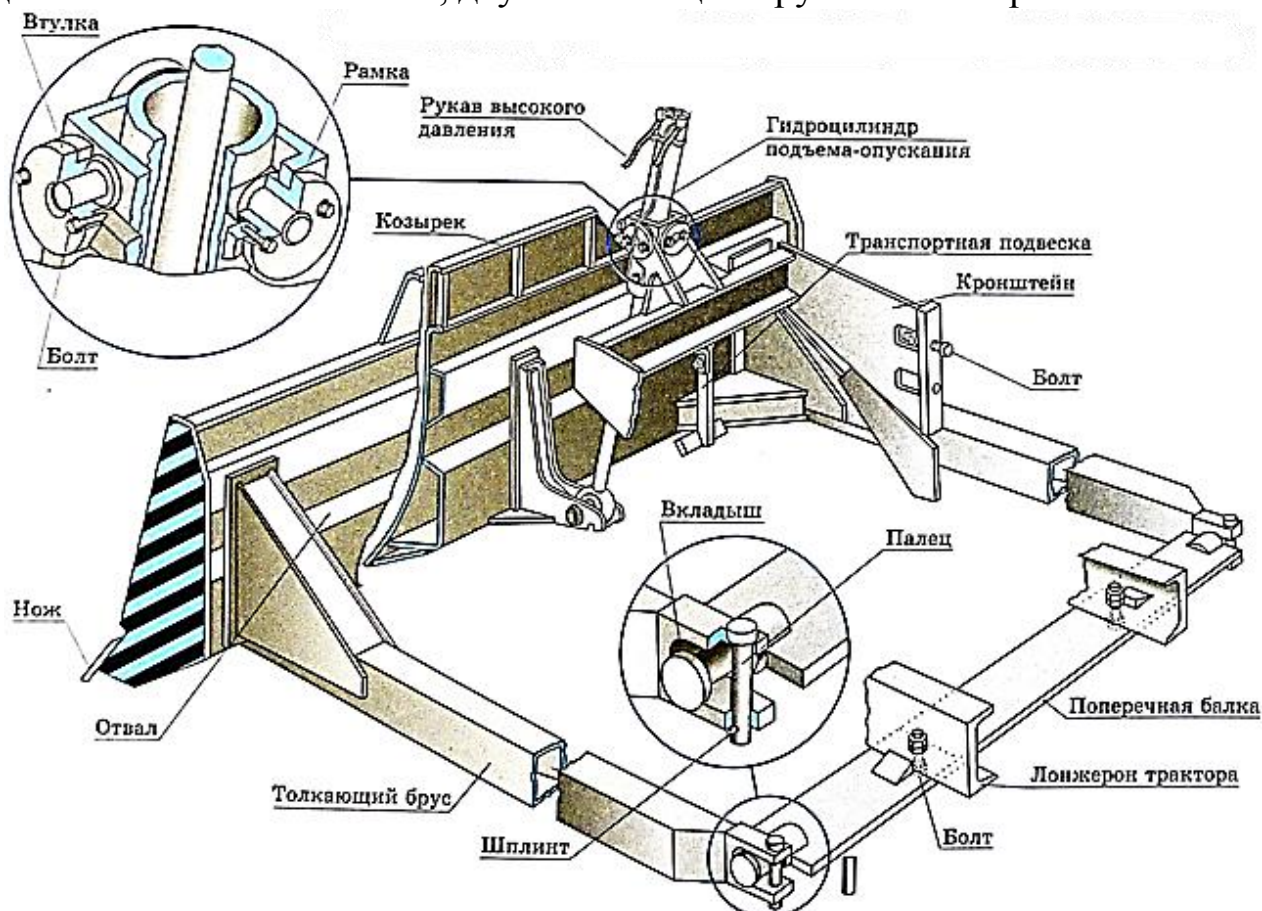


Рис. 7. Оборудование бульдозера с жестким креплением отвала.

Бульдозерный отвал представляет собой жесткую сварную конструкцию, в основе которой заложен лобовой лист криволинейного профиля, усиленный сзади и по бокам листовыми коробками. Внизу лобовой лист усилен продольными косынками, образуя жесткую подножевую плиту, к которой спереди болтами крепятся три съемных ножа. Толкающие брусья — коробчатого сечения, приварены к отвалу. На их свободных концах имеются вильчатые опоры упряжного шарнира для крепления к пальцам поперечной балки трактора. Подъем-опускание отвала относительно пальцев поперечной балки производится гидроцилиндром, шарнирно закрепленным корпусом на тракторе и соединенным головкой штока с кронштейном отвала.

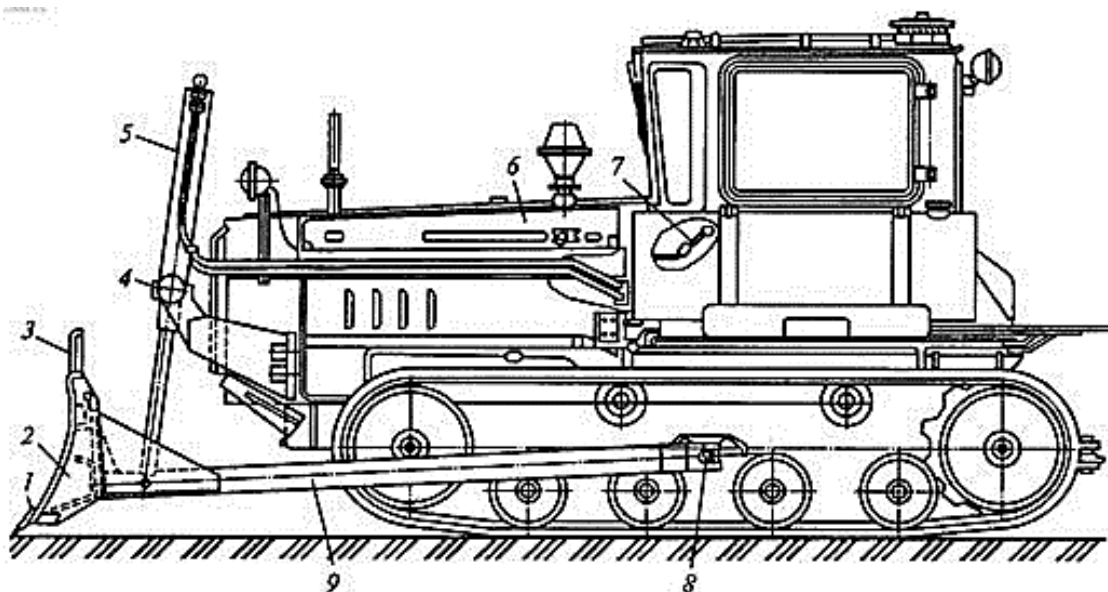


Рис. 8. Бульдозер ДЗ-42Г:

1 - нож; 2 - отвал; 3 - козырек; 4 - кронштейн; 5 - гидроцилиндр подъема-опускания отвала; 6 – базовый трактор ДТ-75М; 7- рычаг управления гидрораспределителем; 8 - упряжный шарнир; 9 - толкающий брус

Бульдозерное оборудование с неповоротным отвалом с жестким креплением отличается простотой конструкции и надежностью. Однако его эксплуатационные возможности не отвечают современным требованиям, в частности, по планировочным качествам, способности заглубления отвала при разработке прочных грунтов и т.п.

На гусеничных бульдозерах тягового класса 10...50, как правило, применяют оборудование с шарнирным креплением отвала к толкающим брусьям. За счет возможности перекоса отвала (до 12° в каждую сторону в вертикальной плоскости) таким оборудованием разрабатывают более прочные грунты. Изменяя углы отвала, повышают качество планирования, нарезают при угловом положении отвала кюветы. Применение шарнирного крепления повышает производительность машины на 25... 30%.

На рис. 9 показано рабочее оборудование бульдозеров с *неповоротным* отвалом с шарнирным креплением (бульдозер ДЗ-171 см. рис.10).

Отвал 1 и толкающие брусья 7 соединены между собой с помощью шарнирных подшипников 6. При перекосе отвала шарнирные подшипники позволяют толкающим брусьям поворачиваться в вертикальной и горизонтальной плоскостях относительно осей шаровых опор 14, закрепленных на тракторе.

Отвал 1 представляет собой сварную металлоконструкцию, в основе которой заложен лобовой лист 4 (показан в сечении) криволинейного профиля, усиленный коробками жесткости и торцевыми стенками. В верхней части отвала приварен козырек 2 для формирования увеличенной призмы грунта. К нижней части лобового листа крепятся ножи 16. С задней стороны к коробке жесткости приварены кронштейны 3 с проушинами для соединения с пальцами гидроцилиндров подъема-опускания отвала.

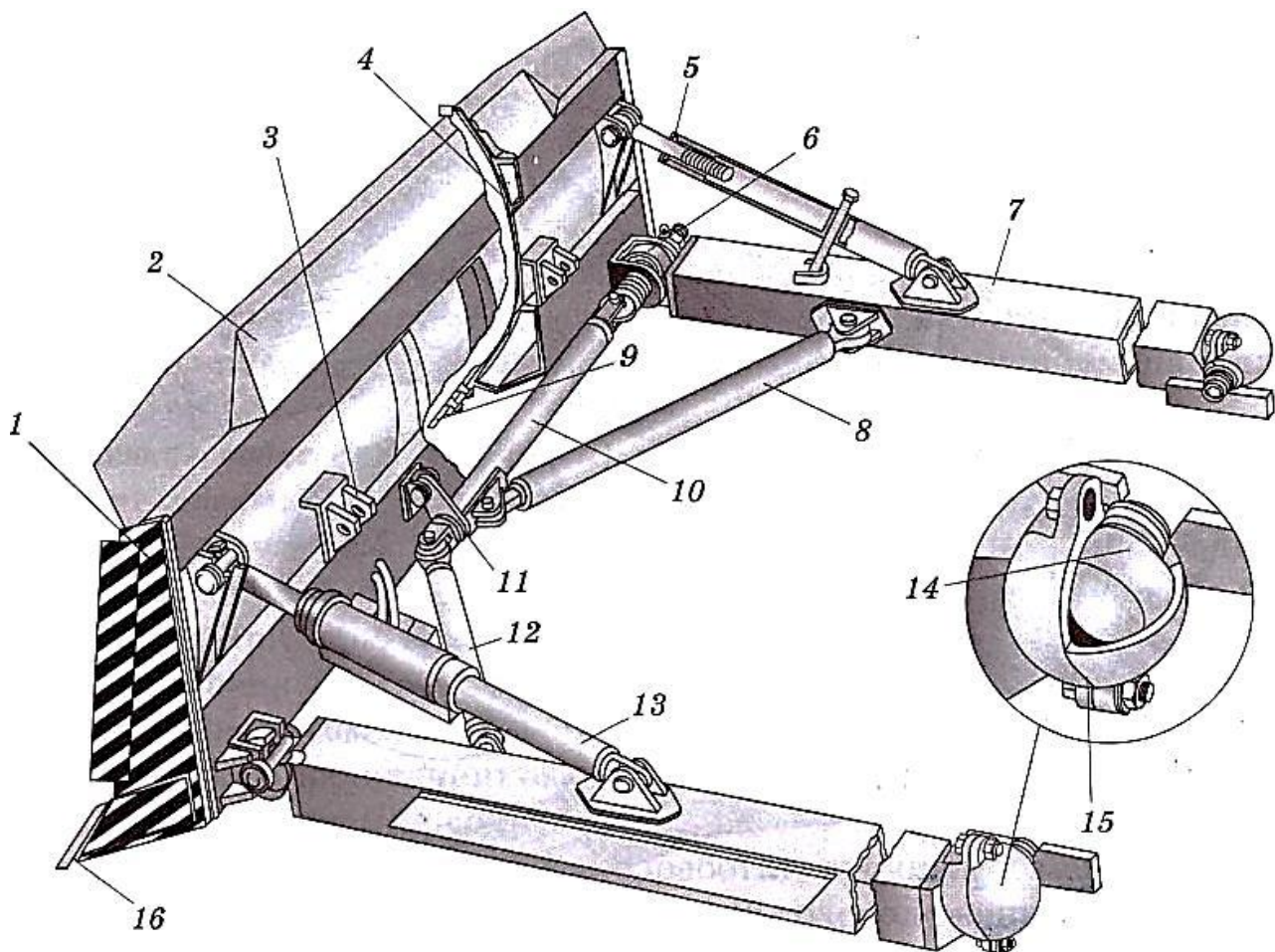


Рис. 9. Оборудование бульдозера с неповоротным отвалом с шарнирным креплением:
1 — отвал; 2 — козырек; 3 — кронштейн; 4 — лобовой лист; 5 — раскос жесткий; 6 — подшипник; 7 — толкающий брус; 8 — тяга; 9 — винт; 10 — балка; 11 — серьга; 12 — подкос; 13 — гидрораскос; 14 — шаровая опора; 15 — прокладка; 16 — нож

Толкающие брусья коробчатого сечения предназначены для передачи тяговой силы трактора отвалу. Подкос 12, балка 10 к тяга 8 представляют механизм компенсации, предназначенный для распределения боковых нагрузок на брусья 7 и обеспечения изменений угла между отвалом и брусьями в момент перекоса отвала. Балка 10 через карданный шарнир соединена с винтом 9, с помощью которого можно регулировать положение отвала относительно продольной оси трактора.

Гидрораскос 13 и винтовой (жесткий) раскос 5 регулируют и удерживают отвал под определенным углом резания в рабочем положении, а также изменяют угол поперечного перекоса отвала. Изменение угла резания происходит при одинаковом изменении длин раскосов, а изменение угла перекоса отвала — при регулировании длины только гидрораскосом.

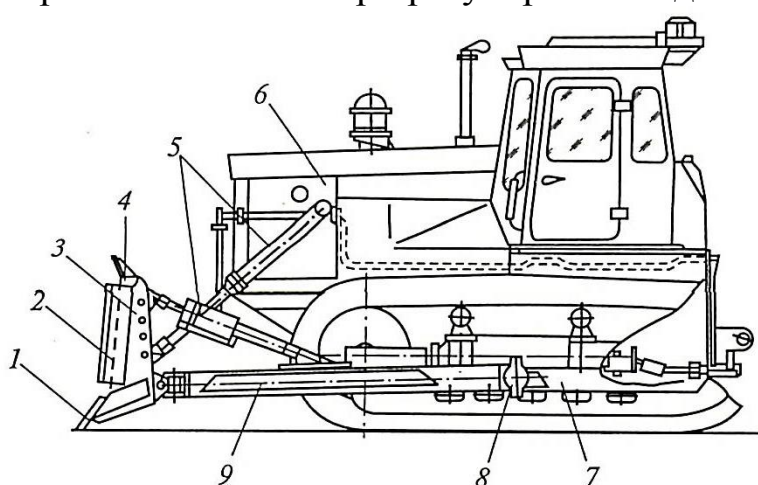


Рис. 10. Бульдозер ДЗ-171:
1 – нож; 2 – уширитель; 3 – отвал;
4 – козырёк; 5 – гидроцилиндры;
6 – трактор; 7 – рама; 8 – толкающий
брус

5.2. Бульдозерное оборудование с поворотным отвалом

Оборудование с поворотным отвалом (рис.11) более универсально, так как предусматривает установку отвала в плане прямо или под углом до $27...30^\circ$ в обе стороны, а также перекос до $6...8^\circ$ в вертикальной плоскости.

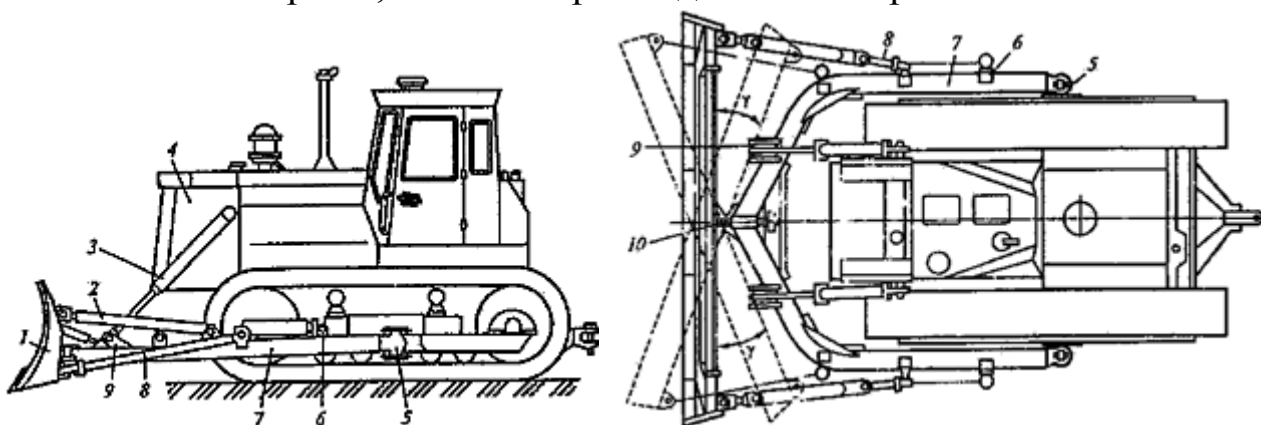


Рис. 11. Бульдозер ДЗ-109ХЛ:

- 1 – отвал; 2 – раскос винтовой; 3 – гидроцилиндры подъема-опускания; 4 – базовый трактор;
5 – упругие шарниры; 6 – опорные кронштейны; 7 – универсальная толкающая рама;
8 – толкатель; 9 – кронштейны крепления гидроцилиндров; 10 – шаровый шарнир.

В состав оборудования (рис. 12) входит отвал 1 с толкателями 5 и толкающее устройство — рама 6.

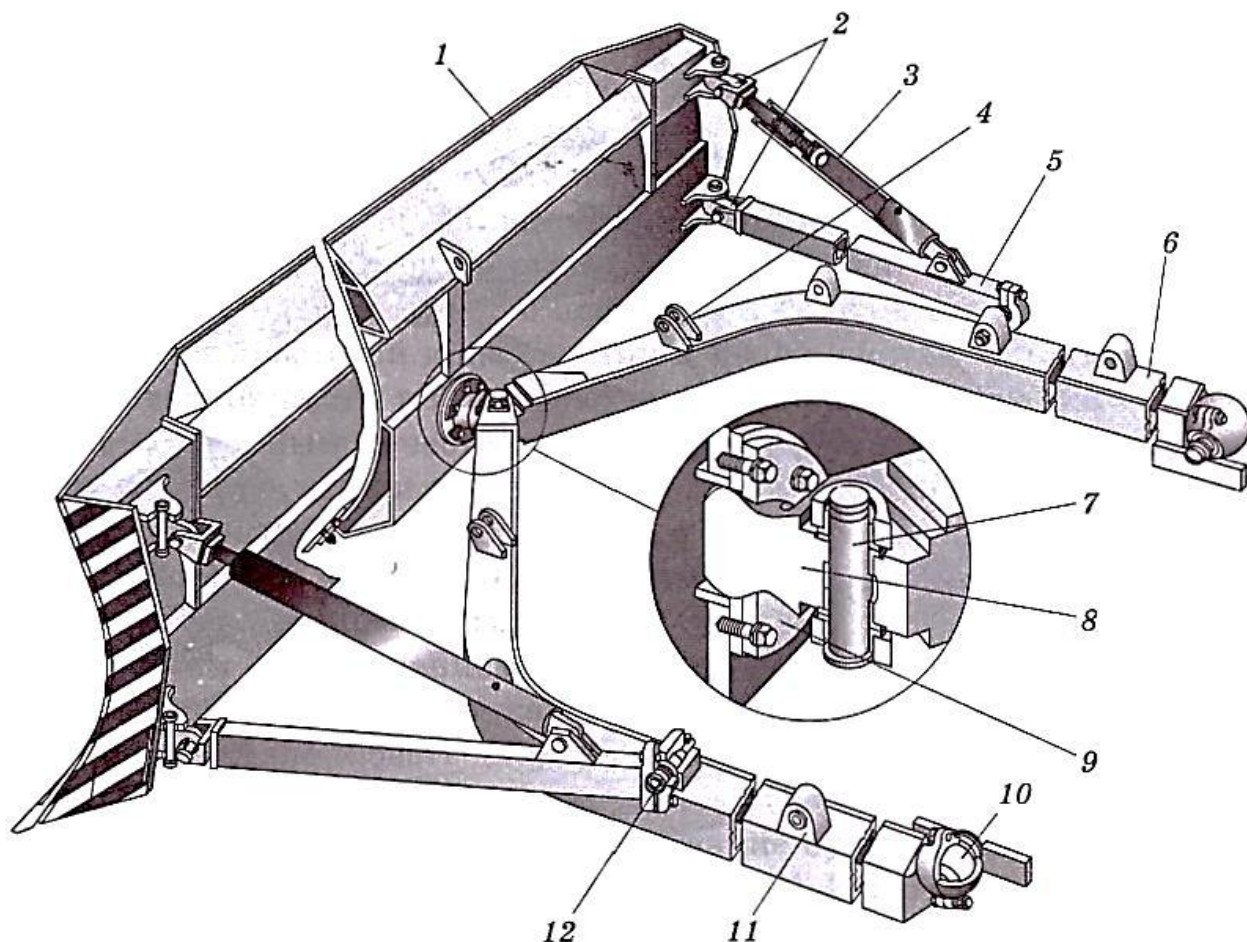


Рис. 12. Оборудование бульдозера с поворотным отвалом:

1 — отвал; 2 — крестовина; 3 — раскос; 4 — кронштейн; 5 — толкатель; 6 — рама; 7 — палец; 8,10,11,12 — опоры; 9 — гнездо

С задней стороны отвала предусмотрены проушины для крепления крестовин 2, соединяющих раскосы 3 и толкатели 5 с рамой 6, а также гнездо 9 для крепления шаровой опоры 8 рамы. Толкатели 5 соединяются с рамой 6 с помощью шаровых опор 12. Рама 6 состоит из двух полурам, соединенных в шаровой опоре вертикальным пальцем. На концах полурам предусмотрены шаровые опоры 10, которыми оборудование крепится к трактору. На полурамах предусмотрены дополнительные опоры 11, предназначенные для установки отвала в плане. На рисунке показано прямое положение отвала. В случае перестановки одного из толкателей на заднюю опору, отвал повернется в соответствующую сторону.

Жесткие винтовые раскосы 3 предназначены для установки угла резания отвала (при одинаковой регулировке длины) и установки перекоса (при разной регулировке длины).

5.3. Бульдозерное оборудование колесных тракторов

Все большее распространение получают мощные неповоротные и универсальные колесные бульдозеры на базе серийных колесных тракторов и специальных двухосных полноприводных шасси с шарнирно-сочлененной рамой, применяемые для разработки легких и средних грунтов на рассредоточенных строительных объектах. Такие бульдозеры, почти не уступая в проходимости гусеничным машинам, обладают значительно большими (в 1,5...2 раза) рабочими и транспортными скоростями, повышенной маневренностью и производительностью.

Универсальный колесный бульдозер К-702 МБА-БКУ (рис.13) на базе колесного трактора К-702М предназначен для разработки и перемещения грунта на дорожном строительстве, засыпки ям, канав, воронок и сооружения насыпей, а также рытья котлованов, прокладывания колонных путей по снежной целине и расчистке дорог от снега.

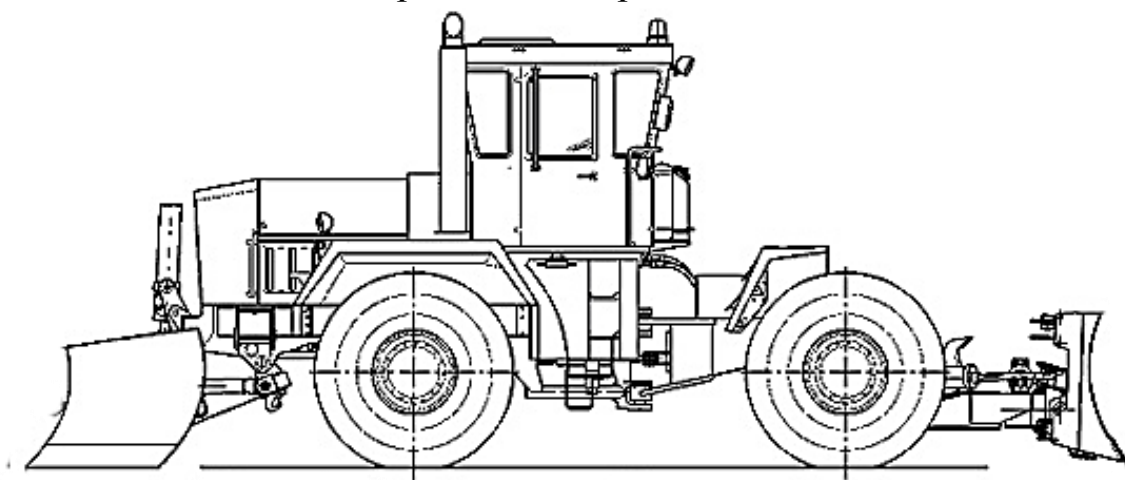


Рис. 13. Универсальный колесный бульдозер на базе трактора К-702М

Бульдозерное оборудование трактора К-702М имеет возможность поворачиваться в плане до 25° в каждую сторону, а также обеспечивает перекос отвала в поперечной плоскости на 16° в каждую сторону. Указанные манипуляции с отвалом, равно как и его подъем-опускание, осуществляются гидроцилиндрами.

Отвал	Длина и высота, мм	Высота подъема, мм	Заглубление, мм	Угол перекоса, град	Угол резания, град
Прямой	3650x1300	1100	450	16	35-75

Колесный бульдозер на базе колесного трактора ТК-25.02 (рис.14) применяется для проведения дорожно-строительных работ, работы на угольных складах, планировке поверхностей отвалов, площадок под экскаваторы и буровые станки, строительных площадок, рытья траншей и зачистки забоев на предприятиях горнодобывающей промышленности, а также в качестве тягача при транспортировке тяжелых грузов.

Рабочее оборудование бульдозера - полусферический отвал шириной 5050 мм и высотой 1550 мм.

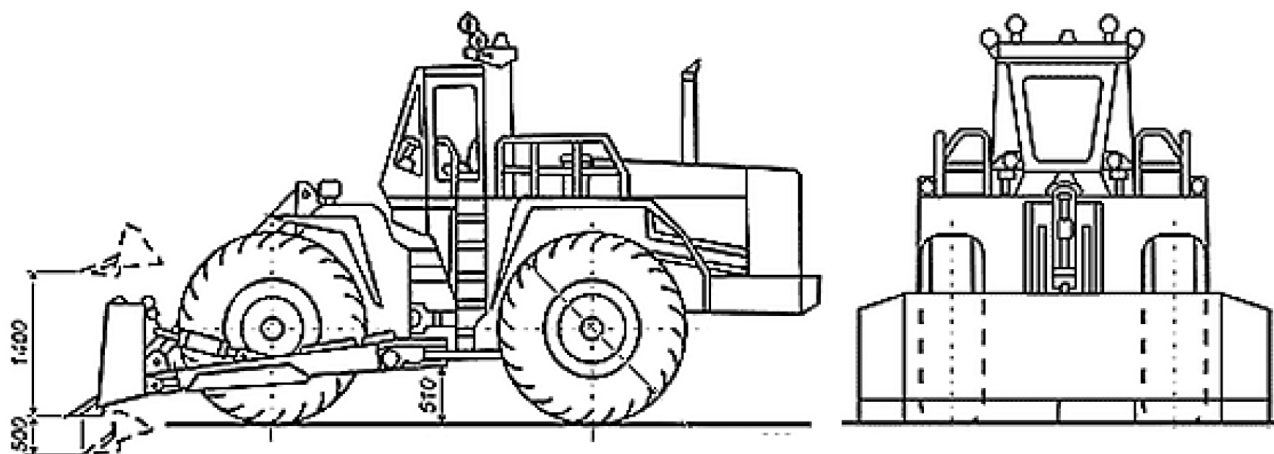


Рис. 14. Колесный бульдозер на базе трактора ТК-25.02

Отвал	Длина и высота, мм	Емкость отвала, м ³	Высота подъема, мм	Заглубление, мм	Угол перекоса, град	Угол резания, град	Масса, кг
Полусферический	5050x1150	11,13	1400	500	14	46-63	7200

6. Рыхлительное оборудование

Рыхлители, применяющиеся для вспомогательных работ, выпускаются с трехзвенной и четырехзвенной подвеской (рис. 15). Рыхлители для основных видов работ выпускают только с четырехзвенной, в основном параллелограммной, подвеской.

Трехзвенная подвеска (рис. 15,а) отличается простотой конструкции и меньшей металлоемкостью. Однако она обладает существенным недостатком, связанным с тем, что при заглублении зуба угол рыхления значительно меняется — от максимального на поверхности грунта до минимального на глубине рыхления. При этом износ наконечников происходит как по задней, так и по передней граням, и наконечник быстрее теряет работоспособность.

Трезубые рыхлители используют на работах с более легкими породами. У этих рыхлителей зубья съемные, поэтому крайние зубья могут быть сняты.

6.1. Однозубый четырехзвенный рыхлитель

На рис. 15,б представлен однозубый четырехзвенный рыхлитель тракторов ДЗ-170 и Т10. Рыхлитель навешивают на балку заднего моста трактора с помощью опорной рамы 1. В раме предусмотрены кронштейны с расточками для шарниров крепления верхней тяги 2, нижней рамы 11 и корпуса гидроцилиндра 3. Верхняя тяга 2 и нижняя рама 11, в свою очередь, шарнирно крепятся к рабочей балке 5, образуя параллелограммную

подвеску балки. К оси шарнира 4 крепится головка гидроцилиндра 3, с помощью которого поднимается и опускается рабочая балка.

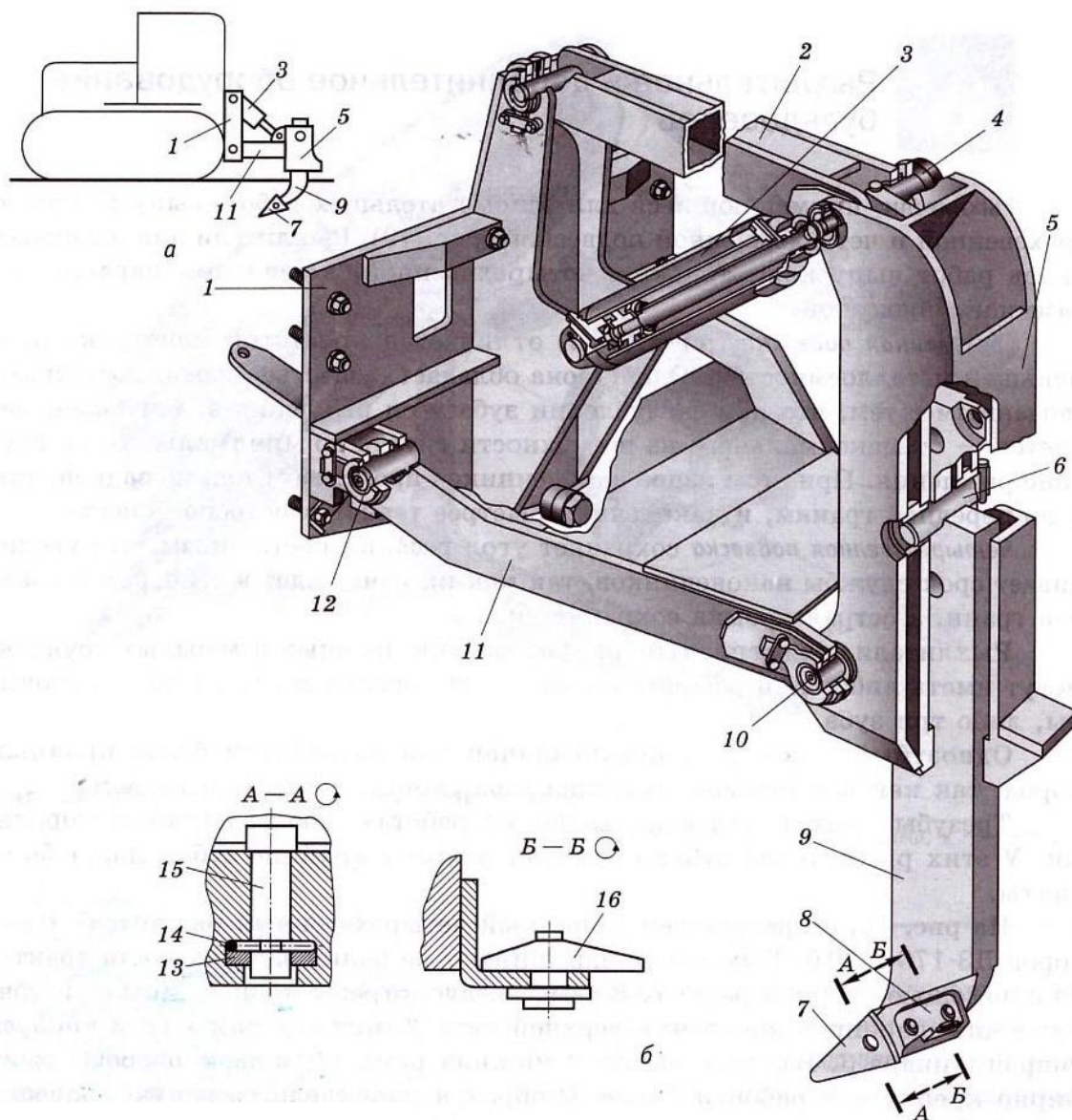


Рис. 15. Однозубый рыхлитель:

а — трехзвенный, *б* — четырехзвенный; 1, 11 — рамы; 2 — тяга; 3 — гидроцилиндр; 4, 10, 12 — шарниры; 5 — балка; 6, 15 — пальцы; 7 — наконечник; 8 — кронштейн; 9 — зуб; 13 — шайба; 14 — чека; 16 — уширитель

Четырехзвенная подвеска сохраняет угол резания постоянным, что увеличивает срок службы наконечников, так как их износ идет в основном по задней грани, а острая кромка сохраняется.

Рыхлители, применяемые для разработки прочных и мерзлых грунтов, могут иметь либо один рабочий орган — зуб, расположенный по оси машины, либо три зуба.

Однозубый рыхлитель предназначен для разработки более прочных пород, так как все тяговое усилие сконцентрирована на нем.

В гнездо рабочей балки вставляется зуб рыхлителя 9, состоящий из стойки и съемного наконечника 7. Крепится стойка к балке пальцем 6. На стойке предусмотрены три отверстия для возможной перестановки зуба по вертикали. Наконечник крепится к стойке пальцем 15, который фиксируется пружинной чекой 14. В качестве сменного оборудования на рыхлителях применяют уширители 16, скалывающие породу снизу.

На работоспособность и производительность машин существенно влияет состояние ножей бульдозера и наконечников рыхлителя.

Для повышения долговечности режущие кромки ножей и наконечников наплавляют износостойкими сплавами. По мере износа ножи и наконечники заменяют.

Наименьшая глубина рыхления за один проход должна на 20...30 % превышать толщину стружки грунта, разрабатываемого землеройно-транспортными машинами, в комплексе с которыми работает рыхлитель. Рыхление высокопрочных грунтов осуществляется, как правило, одним зубом.

Бульдозеры-рыхлители имеют максимальную ширину захвата (при трех зубьях) 1780.. 2140 мм. Производительность навесных рыхлителей на грунтах IV, V категорий 60... 150 м³/ч, средняя рабочая скорость движения 2,5...5 км/ч.

6.2. Бульдозеры-рыхлители тягового класса 25

Дизель-электрический **бульдозер-рыхлитель ДЭТ-250М2Б1Р1** тягового класса 25 с электромеханической трансмиссией, обеспечивающей автоматическое регулирование тяговых усилий на всем скоростном диапазоне, состоит (рис. 16) из базового трактора 2, бульдозерного оборудования 1 и заднего рыхлительного оборудования.

Однозубое рыхлительное оборудование бульдозера ДЭТ-250М2Б1Р1 с четырехзвенной подвеской состоит из верхней 3 и нижней 7 тяг коробчатого сечения, рабочей балки 4, с жестко закрепленным сменным зубом, механизма изменения вылета стойки зуба и двух диагонально расположенных гидроцилиндров управления рыхлителем 6. Гидроцилиндры работают от гидросистемы базового трактора и обеспечивают опускание, принудительное заглубление и фиксирование рыхлителя в определенном рабочем положении, а также подъем его при переводе в транспортное положение.

Для подвески рыхлительного оборудования служат корпус заднего моста базового трактора с проушинами для крепления нижней тяги и два кронштейна для крепления верхней тяги.

Зуб 5 представляет собой удлиненную стойку со сменным и литым наконечником с износостойкой накладкой и стопорным устройством

крепления накладки наконечника. Стойка зуба крепится в коробе рабочей балки 4 с помощью фиксирующего пальца.

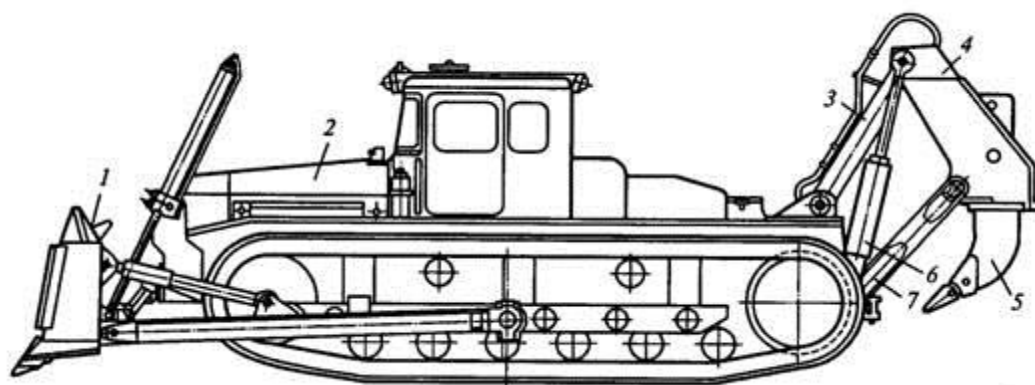


Рис. 16. Бульдозер-рыхлитель ДЭТ-250М2Б1Р1:

1 – отвал бульдозера; 2 – базовый трактор ДЭТ-250М2; 3 – тяга верхняя; 4 – рабочая балка; 5 – зуб рыхлителя; 6 – гидроцилиндры управления рыхлителем; 7 – тяга нижняя.

Бульдозер-рыхлитель ДЭТ-250М2Б1Р1 предназначен для выполнения землеройных работ на строительстве различных объектов, добыче полезных ископаемых, и для выполнения землеройных работ и рыхления скальных пород в горно-добывающей отрасли.

Бульдозер-рыхлитель на тракторе Т-25.01 (рис. 17,а) имеет неповоротное бульдозерное оборудование в полусферическом или сферическом исполнении с гидropерекосом и механизмом компенсации в виде поперечной штанги.

Рыхлительное оборудование в однозубом и многозубом исполнениях (рис. 17,б) состоит из унифицированных опорных кронштейнов, нижней тяги, гидроцилиндров подъема-опускания и регулировки угла рыхления.

Рабочая балка однозубой модификации имеет одно центральное отверстие для установки зуба увеличенного, наибольшего заглубления. В зубе предусмотрены четыре отверстия с шагом 0,23 м, что допускает регулировку максимального заглубления зуба в широких пределах. Пере-

становка стойки в одно из отверстий производится с использованием механизма, управляемого из кабины машиниста. Литые защитные накладки зуба унифицированы для обеих модификаций рыхлительного оборудования.

Управление бульдозерным и рыхлительным оборудованием осуществляется двумя секционными распределителями.

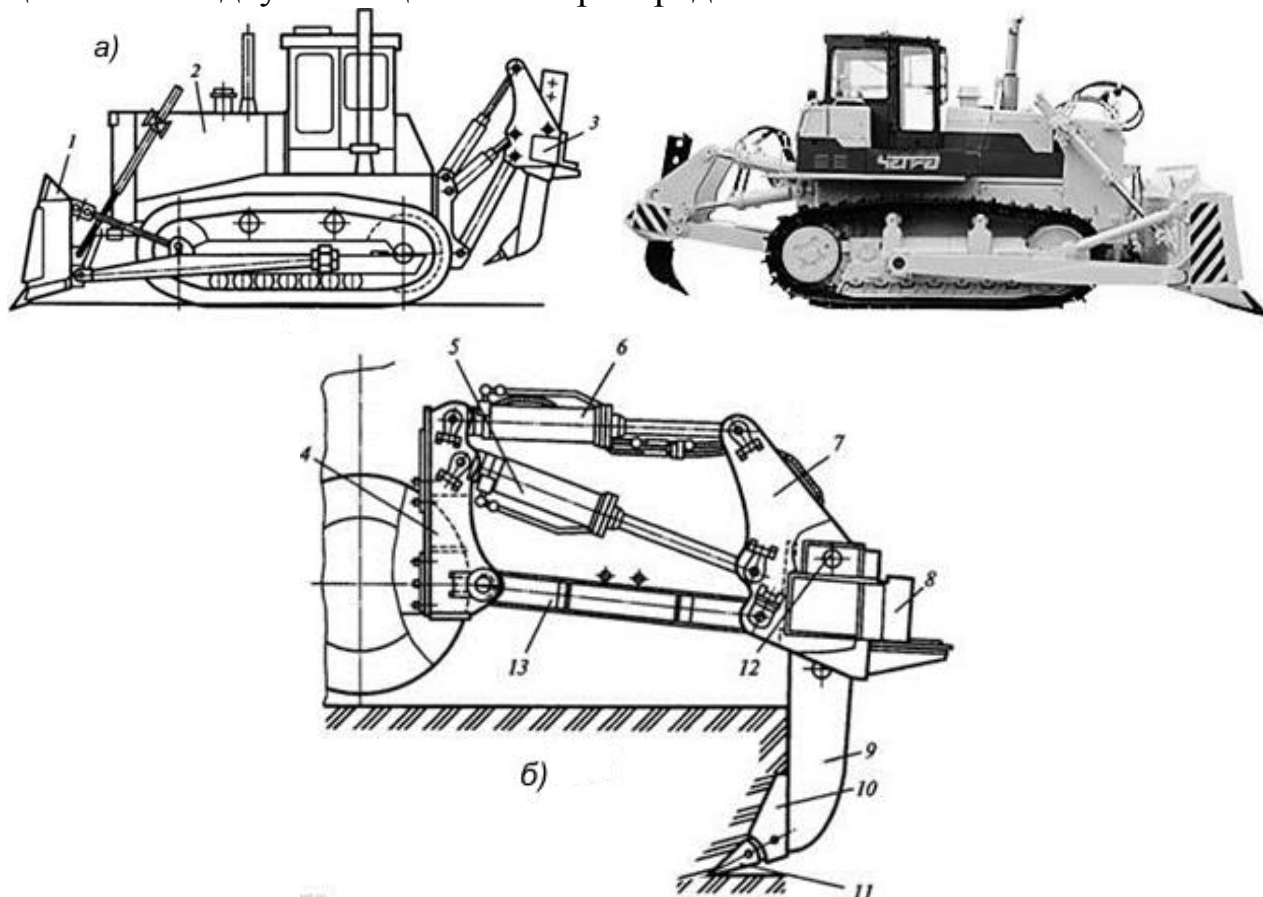


Рис. 17. Бульдозер-рыхлитель на базе трактора Т-25.01:

а - общий вид; б - рыхлительное оборудование; 1 - бульдозерное оборудование; 2 - трактор;
3 - рыхлительное оборудование; 4 - опорный кронштейн; 5 - гидроцилиндр подъема-опускания рыхлителя; 6 - гидроцилиндр изменения угла рыхления; 7- рабочая балка;
8 - буферное устройство; 9 - зуб; 10 - защитная накладка; 11 - наконечник;
12 - механизм перестановки стойки зуба; 13 - нижняя тяга

Гидроцилиндры подъема-опускания бульдозерного оборудования и перекоса отвала управляются от одного гидрораспределителя, а гидроцилиндры подъема-опускания рыхлительного оборудования и регулировки угла рыхления - от другого. Гидроцилиндры бульдозера оборудованы клапанами конечного хода и быстрого опускания.

Бульдозер-рыхлитель может применяться в промышленном, нефтегазовом, гидротехническом строительстве и горнодобывающей промышленности для выполнения тяжелых землеройных работ, в том числе при разработке мерзлых и скальных грунтов.

6.3. Бульдозер-рыхлитель тягового класса 35

Бульдозер-рыхлитель тягового класса 35 на базе гусеничного трактора Т-35.01 предназначен для разработки тяжелых мерзлых и скальных грунтов при температуре воздуха до -60°C .

Бульдозер-рыхлитель на базе трактора Т-35.01 (рис. 18) имеет бульдозерное оборудование с неповоротным отвалом полусферической (или сферической) формы, гидрперекосом и механизмом компенсации перекоса.

Рыхлительное оборудование – четырехзвенное параллелограммное, с регулируемым углом рыхления.

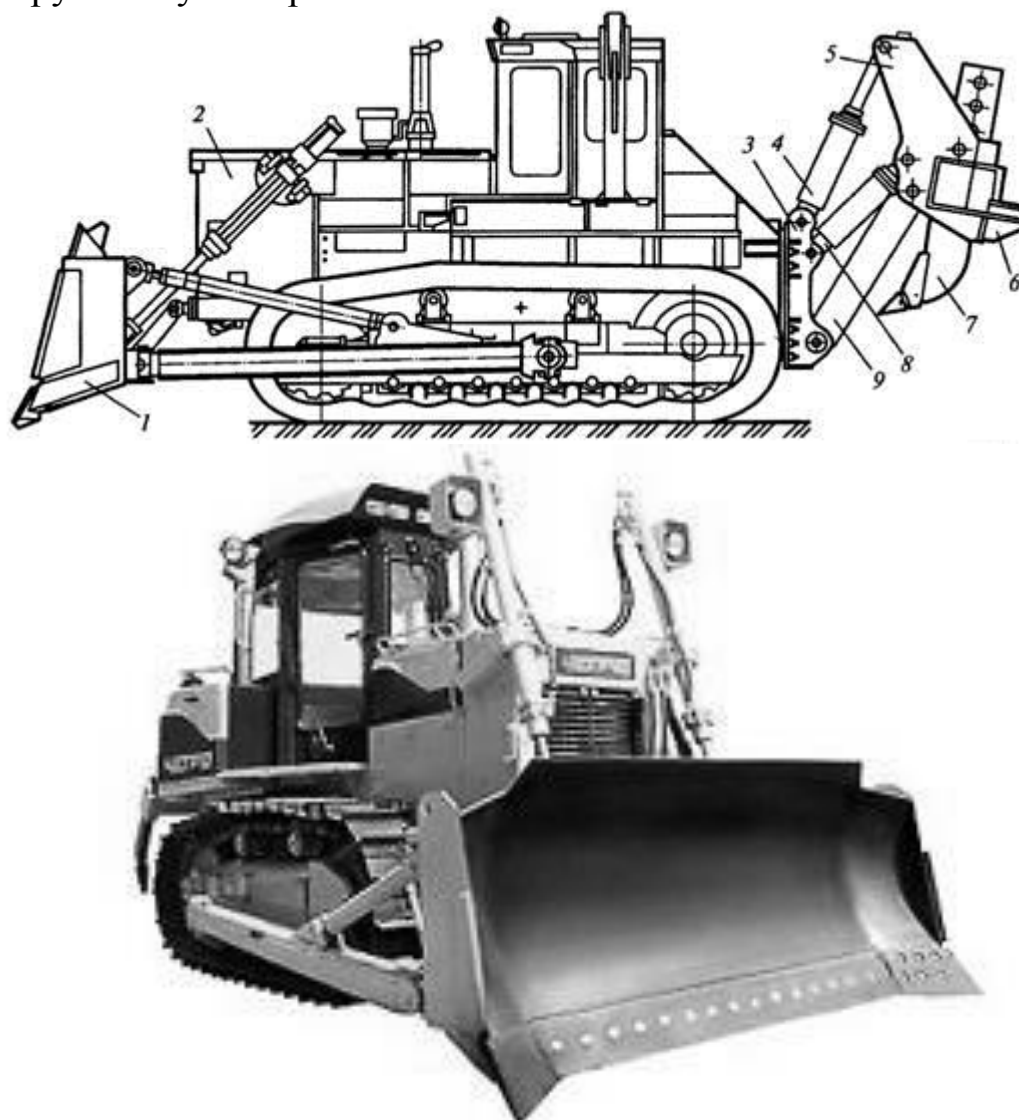


Рис. 18. Бульдозер-рыхлитель на базе трактора Т-35.01:

- 1 – бульдозерное оборудование (полусферический отвал); 2 - трактор; 3 - опорный кронштейн;
4 - гидроцилиндр регулировки угла рыхления; 5 - рабочая балка; 6 - буферное устройство;
7- зуб; 8 - гидроцилиндр подъема-опускания рыхлителя; 9 - нижняя тяга.

6.4. Бульдозер-рыхлитель тягового класса 50

Бульдозерно-рыхлительный агрегат тягового класса 50 на базе трактора Т-500 (рис.19) предназначен для разработки тяжелых скальных и мерзлых грунтов при низких температурах окружающего воздуха. Агрегат оборудуется полусферическим отвалом с гидрперекосом, одно- или трехзубым рыхлителем с регулируемым углом рыхления.

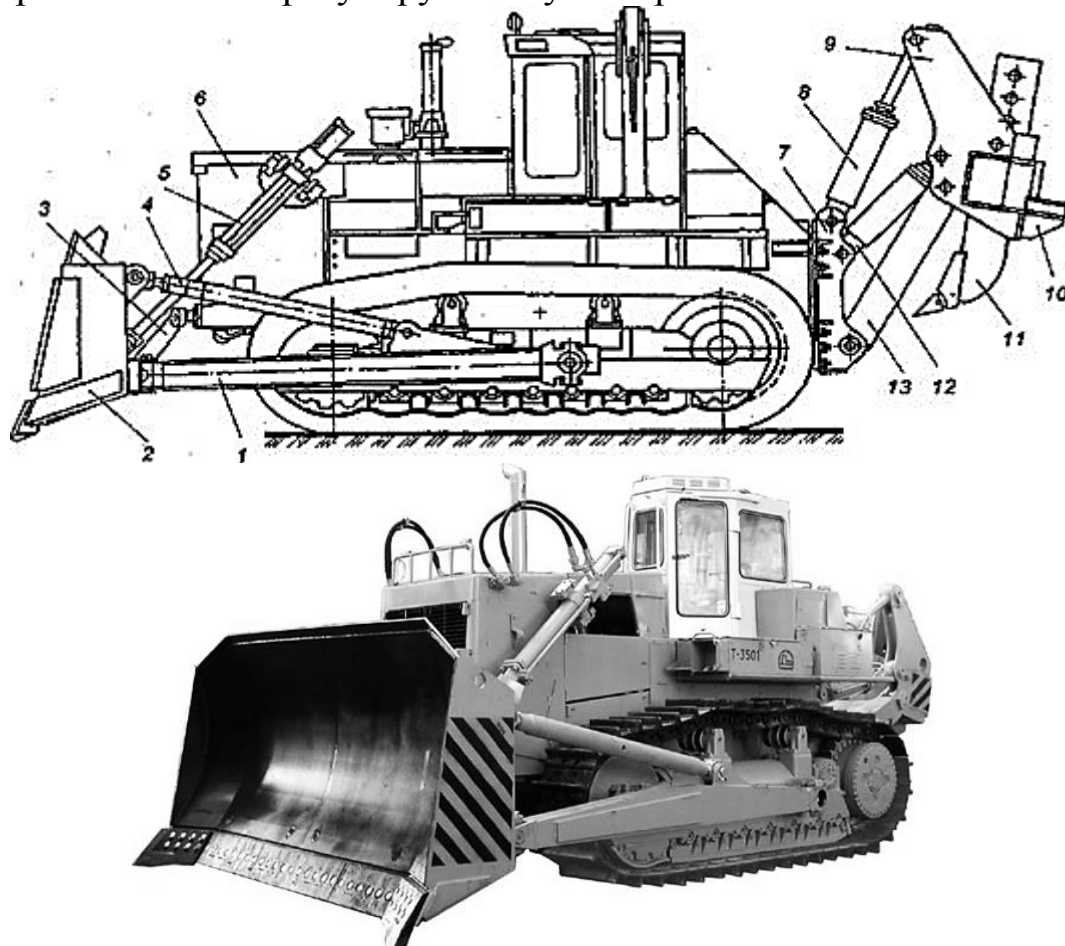


Рис. 19. Бульдозер-рыхлитель Т-50.01 Четра:

1 — толкающий брус; 2 — отвал; 3 — поперечная штанга; 4 — раскос; 5 — гидроцилиндр подъема-опускания отвала; 6 — трактор Т-500; 7 — опорный кронштейн; 8 — гидроцилиндр регулировки угла; 9 — рабочая балка; 10 — буфер; 11 — зуб; 12 — гидроцилиндр подъема-опускания рыхлителя; 13 — нижняя тяга.

Бульдозерное оборудование с неповоротным отвалом полусферической формы, гидрперекосом и механизмом компенсации.

Рыхлительное оборудование четырехзвенного вида с регулируемым углом рыхления и одним жестко закрепленным зубом по конструкции аналогично ДП-34-1УХЛ на тракторе Т-25.01.

Гидроцилиндры подъема-опускания и регулировки угла рыхления унифицированы. Механизм перестановки зуба выполнен в виде гидроцилиндра, закрепленного на поперечной опоре балки. Привод навесного оборудования осуществляется от гидросистемы базового трактора.

6.5. Бульдозер-рыхлитель тягового класса 75

Бульдозерно-рыхлительный агрегат тягового класса 75 (рис.20) имеет бульдозерное оборудование с полусферическим неповоротным отвалом и однозубое рыхлительное оборудование с регулируемым углом рыхления, которое смонтировано на базе трактора Т-800. Агрегат предназначен для разработки особо тяжелых мерзлых грунтов и скальных пород в условиях низких температур.

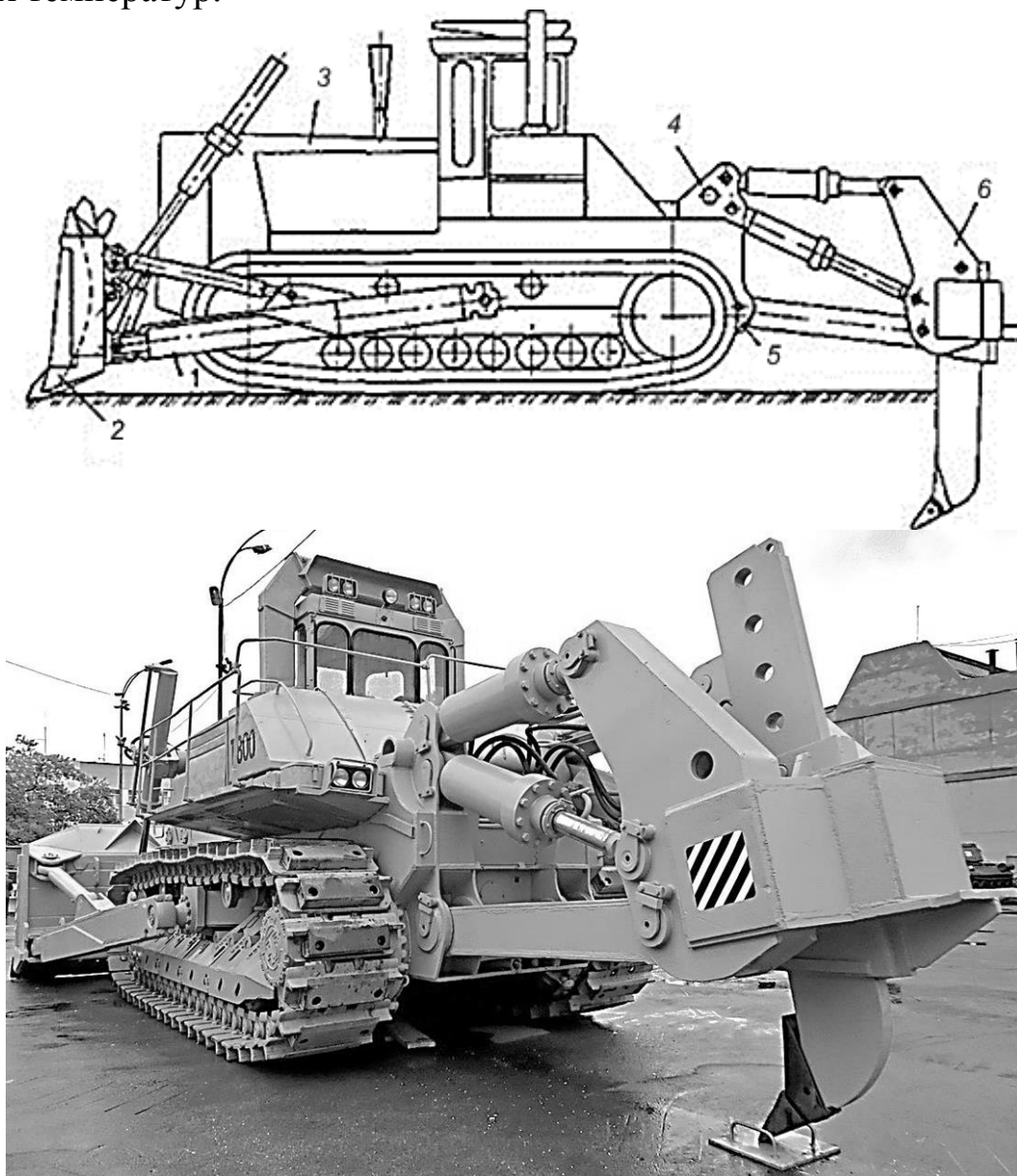


Рис. 20. Бульдозер-рыхлитель Т-75.01 (ДЗ-159УХЛ) на базе трактора Т-800:

1 — толкающий брус; 2 — отвал; 14 — трактор Т-800; 15, 16 — верхние и нижние проушины крепления рыхлительного оборудования к трактору; 17 — рыхлительное оборудование

Бульдозер-рыхлитель на базе трактора Т-800 тягового класса 75 имеет бульдозерное оборудование ДЗ-159УХЛ и рыхлительное ДП-35УХЛ.

Рыхлительное оборудование четырехзвенного типа с регулируемым углом рыхления.

Производительность отечественных навесных рыхлителей на грунтах IV—V категории составляет 60-130 м³/ч, средняя рабочая скорость движения 2,5-5 км/ч.

Таблица 1.

**Техническая характеристика бульдозеров-рыхлителей
на базе тракторов тяговых классов 35, 50, 75**

Параметры	Индекс машины			
	Т-35.01	Т-50.01	Т-75.01	
Базовый трактор	T-35	T-500	T-800	
Тяговый класс	35	50	75	
Мощность двигателя, кВт	353	550	603	
Скорость движения, км/ч:				
вперед	4,0...11,9	4,1...12,0	0...10,6	
назад	4,9...14,3	5,0...14,2	0...14	
Бульдозерный отвал (тип):	U	US	US	US
ширина, мм	5500	4710	5520	6000
высота, мм	2000	2210	2425	2600
максим высота подъема отвала, мм	1600	1610	1610	н/д
максимальное заглубление отвала, мм	720	730	730	800
максим угол перекоса отвала, град	± 10	± 10	± 10	±8
Масса бульдозерного оборудов-я, кг	8950	8250	12000	16295
Рыхлительное оборудование:				
тип навески	Параллелограммный, с регулируемым углом рыхления			
число зубьев	1	3	1; 3	1
номинальный угол рыхления, град	45	45	45	45
максимальная глубина рыхления, мм	1540	900	1760; 1150	1800
Масса рыхлительного оборудов-я, кг	6120	7555	9800; 12 500	11200
Масса агрегата эксплуатационная, кг	61 550	95 500	106 000	
Изготовитель	Чебоксарский тракторный завод АО «Промтрактор»			ООО«ЧТЗ-Уралтрак»

7. Оформление и защита отчета

Лабораторная работа оформляется индивидуально на листах формата А4 в следующей последовательности:

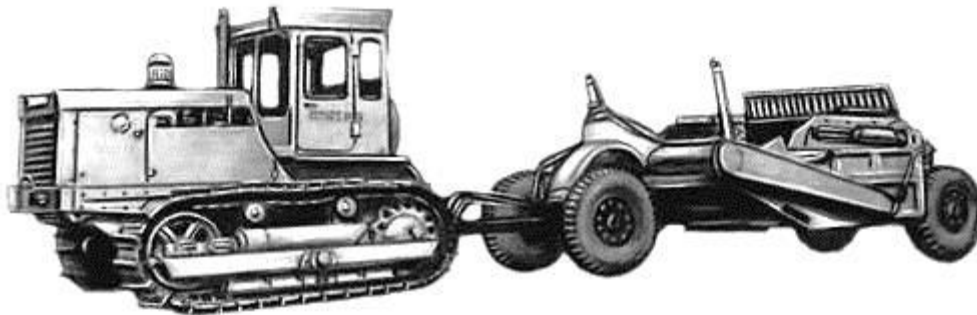
- название лабораторной работы;
- изложение целей лабораторной работы;
- формирование отчета по работе (выполнение индивидуального задания).

После окончательного оформления отчета производится защита лабораторной работы.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

Расчетно-графическая работа (РГР) предназначена для закрепления теоретических знаний студентов и выработки навыков расчетов машин для земляных работ. РГР включает расчет сменной эксплуатационной производительности скрепера (по индивидуальным заданиям).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СКРЕПЕРА



Задание

Определить **сменную производительность** прицепного скрепера для заданных условий работы.

1. Порядок выполнения

1. Определить:

- ❖ среднюю **толщину стружки** S ;
- ❖ **коэффициент наполнения** ковша грунтом K_n ;
- ❖ **коэффициент разрыхления** грунта K_p ;
- ❖ **плотность** грунта γ , (кг/м^3);
- ❖ **коэффициент призмы** волочения M .

2. Рассчитать длину хода скрепера при загрузке $L_{\text{заг}}$

3. Подсчитать время на загрузку ковша скрепера $T_{\text{заг}}$

4. Определить требуемые тяговые усилия F на крюке трактора-тягача и установить возможные скорости движения V скрепера на различных участках.

5. Определить продолжительность движения груженого $T_{\text{гр}}$ и порожнего $T_{\text{пор}}$ скрепера на различных участках дороги с учетом ускорений, замедлений и переключений передач.

6. Подсчитать полную продолжительность рабочего цикла $T_{\text{ц}}$ скрепера с учетом времени на разгрузку.

7. Вычислить сменную производительность $\Pi_{\text{см}}$ скрепера.

2. Методика выполнения

1. Среднюю **толщину стружки** C (м), **коэффициент наполнения** ковша грунтом K_n , **коэффициент разрыхления** грунта K_p , **плотность** грунта γ (кг/м³), и коэффициент M , учитывающий величину призмы волочения грунта, принимаем по практическим данным (табл.2).

2. Вычисляем **длину хода скрепера при загрузке** $L_{заг}$ по формуле

$$L_{заг} = \frac{q \cdot K_n \cdot (1 + M)}{K_p \cdot C \cdot B} \quad (м)$$

где q — емкость ковша скрепера, м³;

B — ширина резания, м

3. Подсчитываем **время на загрузку ковша** скрепера $T_{заг}$ при движении тягача на **1-й передаче** (выполняется резание грунта и заполнение ковша):

$$T_{заг} = \frac{3,6 \cdot L_{заг} \cdot K_{\partial}}{V_1} \quad (с)$$

где 3,6 — коэффициент перевода км/ч в м/с;

K_{∂} — коэффициент, учитывающий дополнительное время, расходуемое на движение скрепера без копания грунта, равный 1,5;

V_1 — скорость движения трактора-тягача на 1-й передаче, км/ч.

4. Определяем **требуемые тяговые усилия** $F_{гр}$ на крюке трактора-тягача на различных участках дороги при движении **груженого** скрепера по формуле

$$F_{гр} = (G_{скр} + q \cdot \gamma \cdot k_n) \cdot (W \pm i) \pm G_t \cdot i \quad (даН)$$

где $G_{скр}$ — вес скрепера, даН;

γ — плотность грунта, кг/м³;

W — **основное сопротивление движению**, зависящее от вида поверхности дороги :

- ◆ при **уплотненном** грунте $W=0,1$
- ◆ при **разрыхленном** грунте $W=0,2$

ПРИМЕЧАНИЕ. Считается, что *при наборе грунта в ковш* (отрезок L_1 на рис.1, прил.2) и *при разгрузке ковша на насыпи* (отрезок L_3 на рис.1, прил.2) скрепер движется по **разрыхленному** грунту, а *при подъеме на насыпь* (отрезок L_2 на рис.1, прил.2) или *при спуске с насыпи* (отрезок L_4 на рис.1, прил.2) — по **уплотненному** грунту.

i — подъем (+) или уклон (-) дороги (табл. 1)

G_t — вес трактора-тягача, даН (табл. 4)

Затем по технической характеристике трактора (табл. 4) устанавливаем, *на какой передаче* и *с какой скоростью* он будет *двигаться на различных участках* трассы при буксировке груженого скрепера.

При подборе передачи необходимо сравнить требуемое тяговое усилие $F_{зр}$ и тяговое усилие T на различных передачах (табл.4). Выбирают такую передачу, чтобы тяговое усилие на этой передаче T_i было бы *не меньше требуемого* усилия, т.е. $T_i \geq F_{зр}$.

Затем по характеристике трактора (табл.4) определяют *скорость V на выбранной передаче*.

С точки зрения условий движения всю трассу скрепера (рис.1) можно разделить на шесть участков (табл.1):

Таблица 1

Условия движения скрепера на различных участках трассы

№ участка	Длина		Подъем (уклон)
1-й участок	$\frac{1}{2} L_1$	Груженный скрепер, разрыхленный грунт, движение по горизонтали	$i = 0$
2-й участок	L_2	Груженный скрепер, уплотненный грунт, движение на подъем	$+i$
3-й участок	$\frac{1}{2} L_3$	Груженный скрепер, разрыхленный грунт, движение по горизонтали	$i = 0$
4-й участок	$\frac{1}{2} L_3$	Порожний скрепер, разрыхленный грунт, движение по горизонтали	$i = 0$
5-й участок	L_4	Порожний скрепер, уплотненный грунт, движение под уклон	$-i$
6-й участок	$\frac{1}{2} L_1$	Порожний скрепер, разрыхленный грунт, движение по горизонтали	$i = 0$

При анализе таблицы можно заметить, что условия движения скрепера совпадают на 1-м и 3-ем участках (*груженный скрепер, разрыхленный грунт, движение по горизонтали*) а также на 4-м и 6-м участках (*порожний скрепер, разрыхленный грунт, движение по горизонтали*). Поэтому требуемые тяговые усилия $F_{зр}$ на этих участках совпадают, а, следовательно, совпадают и передачи, на которых скрепер движется на этих участках.

Таким образом, необходимо выполнить расчет $F_{зр}$ не для всех шести участков, а только для четырех: первого (или третьего); второго; четвертого (или шестого) и пятого.

Для *порожнего* скрепера требуемое тяговое усилие $F_{нор}$ определяется аналогично, только в расчетной формуле отсутствует сила тяжести грунта в ковше скрепера:

$$F_{нор} = G_{скр} \cdot (W \pm i) \pm G_m \cdot i \quad (\text{даН}).$$

Затем по технической характеристике трактора (табл.4) определяем передачу (*не выше 4-й !*) и скорость движения *порожнего* скрепера на четвертом (или шестом) и пятом участках.

Возможен случай *движения порожнего скрепера*, когда требуемое тяговое усилие будет *отрицательной* величиной. Это означает, что не трактор тянет скрепер, а скрепер подталкивает трактор-тягач (например, по уплотненному грунту и под уклон, как на пятом участке).

В любом случае *максимальная* скорость движения *порожнего* скрепера *не превышает* скорость на *4-й передаче* трактора.

5. Определяем *продолжительность движения* груженого $T_{гр}$ и порожнего $T_{пор}$ скрепера на различных участках дороги и вычерчиваем схему движения скрепера (рис.1).

$$\text{Время движения } \textit{груженого} \text{ скрепера: } T_{гр} = \frac{3,6 \cdot L \cdot K_y}{V_{гр}} \quad (с),$$

где L — *длина участка* дороги, на котором груженный скрепер движется *без переключения передач*. Максимально возможная длина *этого* участка, когда на первом ($\frac{1}{2} L_1$), втором (L_2) и третьем ($\frac{1}{2} L_3$) участках скрепер *движется на одной и той же передаче*, (т.е. *переключение передач не производится*):

$$L = \frac{L_1}{2} + L_2 + \frac{L_3}{2} \quad (м);$$

Если же на первом и втором участках скрепер движется *на разных передачах*, то время движения груженого скрепера *определяем отдельно для каждого участка*, причем время движения на первом участке равно времени движения на третьем участке ($T_{гр1} = T_{гр3}$), поскольку на этих участках одинаковые условия движения.

$V_{гр}$ — скорость скрепера на *этом* участке, км/ч;

K_y — коэффициент, учитывающий затраты времени на ускорение, замедление движения и на переключение передач (табл.5). В случае необходимости (если длина участка не совпадает с указанной в таблице) величину коэффициента K_y определяем при помощи *линейной интерполяции*.

Аналогично определяем продолжительность движения *порожнего* скрепера на четвертом, пятом (под уклон) и шестом участках.

6. Подсчитываем *полную продолжительность* рабочего цикла $T_{ц}$ скрепера с учетом времени на разгрузку $T_{раз}$:

$$T_{ц} = T_{заг} + T_{гр} + T_{раз} + T_{пор} \quad , \text{ с}$$

и *строим схему* рабочего цикла скрепера (рис.2).

7. Вычисляем **сменную производительность** скрепера:

$$P_{см} = \frac{3600 \cdot q \cdot K_n}{T_{ц} \cdot K_p} \cdot K_{\epsilon} \cdot T_{см}$$

где K_{ϵ} — коэффициент использования сменного времени, ($K_{\epsilon} = 0,7 \dots 0,75$);

$T_{см}$ — продолжительность смены (8 часов);

K_n и K_p — соответственно **коэффициент наполнения** ковша скрепера и **коэффициент разрыхления** грунта (табл.2).

3. Пример расчета сменной производительности скрепера

Исходные данные: скрепер ДЗ-77С, емкость ковша скрепера $q=8 \text{ м}^3$, ширина резания $B=2,65 \text{ м}$, тягач Т-130, длина отрезка $L_1(L_3)=200 \text{ м}$, длина отрезков $L_2(L_4)=70 \text{ м}$, подъем(уклон) пути на отрезках $L_2(L_4)$ равен $i=0,08$, грунт – суглинок (средний).

1. По практическим данным (табл.2) принимаем:

средняя толщина стружки $C=0,08 \text{ м}$;

коэффициент наполнения ковша грунтом $K_n=0,90$;

коэффициент разрыхления грунта $K_p=1,3$;

плотность грунта $\gamma = 1700 \text{ кг/м}^3$;

коэффициент, учитывающий объем призмы волочения грунта $M=0,10$.

2. Вычисляем **длину хода скрепера при загрузке** $L_{заг}$ по формуле

$$L_{заг} = \frac{q \cdot K_n \cdot (1 + M)}{K_p \cdot C \cdot B} = \frac{8 \cdot 0,9 \cdot (1 + 0,1)}{1,3 \cdot 0,08 \cdot 2,65} = 28,74 \text{ м}$$

3. Подсчитываем **время на загрузку ковша** скрепера $T_{заг}$ при движении тягача на 1-й передаче

$$T_{заг} = \frac{3,6 \cdot L_{заг} \cdot K_{\partial}}{V_1} = \frac{3,6 \cdot 28,74 \cdot 1,5}{3,63} = 42,75 \text{ с}$$

4. Определяем **требуемые тяговые усилия** $F_{\text{тп}}$ на крюке трактора-тягача на различных участках дороги:

1) при движении **груженого** скрепера

№ участка	Длина	Условия движения	
1-й участок	$\frac{1}{2} L_1$	разрыхленный грунт, движение по горизонтали	$i = 0$
2-й участок	L_2	уплотненный грунт, движение на подъем	$i = +0,08$
3-й участок	$\frac{1}{2} L_3$	разрыхленный грунт, движение по горизонтали	$i = 0$

На 1-м (и на 3-м) участках:

$$F_{\text{тп}} = (G_{\text{скр}} + q \cdot \gamma \cdot k_n) \cdot (W \pm i) \pm G_{\text{т}} \cdot i = (10000 + 8 \cdot 1700 \cdot 0,9) \cdot (0,2) = 4448 \text{ даН}$$

По характеристике тягача Т-130 (табл.4) ближайшее бОльшее тяговое усилие (5120 даН) будет на 4-й передаче, а скорость на этой передаче составит 6,10 км/ч.

На 2-м участке (на подъеме)

$$F_{гр} = (G_{скр} + q \cdot \gamma \cdot k_n) \cdot (W \pm i) \pm G_T \cdot i = \\ = (10000 + 8 \cdot 1700 \cdot 0,9) \cdot (0,2 + 0,08) + 12700 \cdot 0,08 = 7243 \text{ даН}$$

По табл.4 определяем *требуемое* тяговое усилие – 7420 даН на 2-й передаче, скорость движения 4,40 км/ч.

2) при движении **порожнего** скрепера:

№ участка	Длина	Условия движения	
4-й участок	$\frac{1}{2} L_1$	разрыхленный грунт, движение по горизонтали	$i = 0$
5-й участок	L_2	уплотненный грунт, движение под уклон	$i = -0,08$
6-й участок	$\frac{1}{2} L_3$	разрыхленный грунт, движение по горизонтали	$i = 0$

На 4-м (и на 6-м) участках:

$$F_{гр} = G_{скр} \cdot (W \pm i) \pm G_T \cdot i = 10000 \cdot (0,2 \pm 0) = 2000 \text{ даН}$$

Ближайшее бОльшее тяговое усилие 2520 даН соответствует 7-й передаче (табл.4), **в любом случае передача не может быть выше 4-й**, поэтому скорость на 4-й передаче составит 6,10 км/ч.

На 5-м участке (под уклон)

$$F_{гр} = G_{скр} \cdot (W - i) - G_T \cdot i = 10000 \cdot (0,2 - 0,08) - 12700 \cdot 0,08 = 184 \text{ даН}$$

Передача – 4-я, скорость движения 6,10 км/ч.

5. Определяем **продолжительность движения** *груженого* $T_{гр}$ и *порожнего* $T_{пор}$ скрепера на различных участках дороги.

1) **Груженный** скрепер движется **с переключением передач** (4-2-4), поэтому время движения определяем по отдельным участкам:

На 1-м (и на 3-м) участках:

$$T_{гр1} = \frac{3,6 \cdot L \cdot K_y}{V_{гр}} = \frac{3,6 \cdot 100 \cdot 1,5}{6,10} = 88,5 \text{ с.}$$

На 2-м участке:

$$T_{гр2} = \frac{3,6 \cdot L \cdot K_y}{V_{гр}} = \frac{3,6 \cdot 70 \cdot 1,31}{4,40} = 75,0 \text{ с.}$$

Коэффициент K_y определяем *линейной интерполяцией* по табл.5

Суммарное время движения груженого скрепера:

$$T_{гр} = 88,5 + 75 + 88,5 = 252 \text{ с.}$$

2) **Порожный** скрепер движется **без переключения передач** на 4-й передаче, поэтому время движения определяем сразу по всем участкам:

$$T_{пор} = \frac{3,6 \cdot L \cdot K_y}{V_{зр}} = \frac{3,6 \cdot 270 \cdot 1,234}{6,10} = 196,6 \text{ с.}$$

6. **Полная продолжительность** рабочего цикла $T_{ц}$ скрепера:

$$T_{ц} = T_{заг} + T_{зр} + T_{раз} + T_{пор} = 42,75 + 252 + 196,6 + 25 = 516,35 \text{ с}$$

7. Вычисляем **сменную производительность** скрепера:

$$P_{см} = \frac{3600 \cdot q \cdot K_n}{T_{ц} \cdot K_p} \cdot K_{\epsilon} \cdot T_{см} = \frac{3600 \cdot 8 \cdot 0,9}{516,35 \cdot 1,3} \cdot 0,725 \cdot 8 \approx 224 \text{ куб.м / смену}$$

4. Отчетность по работе

Выполненная работа с приложением необходимых схем сдается преподавателю.

Приложение 1. Условные обозначения

C	средняя толщина стружки грунта, м (табл.2)
K_n	коэффициент наполнения ковша грунтом (табл.2)
K_p	коэффициент разрыхления грунта (табл.2)
γ	плотность грунта, кг/м ³ (табл.2)
M	коэффициент призмы волочения (табл.2)
$L_{заг}$	длина хода скрепера при загрузке, м (расчет)
K_{δ}	коэффициент, учитывающий дополнительное время, расходуемое на движение скрепера без копания грунта (1,5)
$T_{заг}$	время на загрузку ковша скрепера, с (расчет)
i	подъем (+) или уклон (-) дороги (табл.1)
q	емкость ковша скрепера, м ³ (табл.3)
B	ширина резания, м (табл.3)
$G_{скр}$	вес скрепера, даН (табл.3)
G_m	вес трактора-тягача, даН (табл.4)
W	основное сопротивление движению, зависящее от вида дороги (0,1 / 0,2)
F	тяговые усилия на крюке трактора-тягача, даН (расчет)
K_y	коэффициент, учитывающий затраты времени на ускорение, замедление движения и на переключение передач (табл.5)
V	скорости движения скрепера на различных участках, км/час (табл.4)
$T_{зр}$	время движения груженого скрепера на различных участках дороги, с (расчет)
$T_{пор}$	время движения порожного скрепера на различных участках дороги, с (расчет)
$T_{ц}$	продолжительность рабочего цикла скрепера, с (расчет)
$T_{см}$	продолжительность смены, 8 час
K_{ϵ}	коэффициент использования сменного времени (0,70...0,75)
$P_{см}$	сменная производительность скрепера, м ³ /смену (расчет)

Приложение 2. Исходные данные

Таблица 1

Исходные данные						
Вариант	Марка скрепера	Марка тягача	Длина отрезков L_1 или L_3 , м (разрыхленные)	Длина отрезков L_2 или L_4 , м (уплотненные)	Подъем (уклон) i	Грунт
1	ДЗ-30	Т-74С	80	30	0,09	Супесь (легкий)
2	ДЗ-30	Т-74С	100	35	0,08	
3	ДЗ-30	Т-74С	150	40	0,09	
4	ДЗ-30	Т-74С	180	50	0,07	
5	ДЗ-30	Т-74С	200	60	0,06	
6	ДЗ-33	ДТ-75	250	70	0,07	Суглинок (средний)
7	ДЗ-33	ДТ-75	90	35	0,08	
8	ДЗ-33	ДТ-75	110	40	0,09	
9	ДЗ-33	ДТ-75	150	50	0,07	
10	ДЗ-33	ДТ-75	200	60	0,06	
11	ДЗ-119	ДТ-75М	250	50	0,08	Суглинок (средний)
12	ДЗ-119	ДТ-75М	300	80	0,06	
13	ДЗ-119	ДТ-75М	120	50	0,09	
14	ДЗ-119	ДТ-75М	150	50	0,08	
15	ДЗ-119	ДТ-75М	200	60	0,07	
16	ДЗ-77С	Т-130	250	70	0,06	Суглинок (средний)
17	ДЗ-77С	Т-130	300	80	0,08	
18	ДЗ-77С	Т-130	350	100	0,07	
19	ДЗ-77С	Т-130	150	60	0,09	
20	ДЗ-77С	Т-130	200	70	0,08	
21	ДЗ-26	Т-180	250	80	0,07	Супесь (легкий)
22	ДЗ-26	Т-180	300	90	0,06	
23	ДЗ-26	Т-180	350	100	0,07	
24	ДЗ-26	Т-180	400	120	0,08	
25	ДЗ-26	Т-180	150	60	0,09	

Приложение 3. Параметры рабочего процесса

Таблица 2

Параметры рабочего процесса					
Грунты	Средняя толщина стружки C , м	Коэффиц. наполнения ковша K_n	Коэффиц. разрыхления грунта K_p	Плотность грунта γ , кг/м ³	Коэффиц. призмы волочения M
Легкие	0,15 -0,20	1,00 -1,05	1,2	1600	0,27
Средние	0,06 -0,10	0,90	1,3	1700	0,10

ПРИМЕЧАНИЕ: Параметры установлены при движении трактора-тягача на **1-й передаче** (условия сцепления гусеничного движителя с грунтом позволяют реализовать усилие на крюке, соответствующее 1-й передаче тягача)

Приложение 4. Технические характеристики скреперов

Таблица 3

Технические характеристики скреперов

Параметры	Марки скреперов				
	ДЗ-30	ДЗ-33	ДЗ-119	ДЗ-77С	ДЗ-26
Емкость ковша $q, м^3$	3	3	4,5	8	10
Ширина резания $B, м$	1,9	2,1	2,4	2,65	2,8
Способ загрузки	тя г о в ы м у с и л и е м				
Система управления	г и д р а в л и ч е с к а я				
Длительность разгрузки $T_{раз}, с$	15	15	20	25	30
Вес скрепера $G_{скр}, даН$	2400	2700	4000	10000	8000

Приложение 5. Технические характеристики тягачей

Таблица 4

Технические характеристики тягачей

Параметры	Марка тягача				
	Т-74	ДТ-75	ДТ-75М	Т-130	Т-180
Вес трактора $G_{тр}, даН$	5400	6000	6300	12700	14800
С к о р о с т ь н а п е р е д а ч а х , $V, км/час$:					
1-й	4,51	5,15	5,30	3,63	2,86
2-й	5,32	5,74	5,91	4,40	4,62
3-й	6,53	6,39	6,58	5,12	6,37
4-й	8,01	7,10	7,31	6,10	8,66
5-й	9,46	7,90	8,16	7,45	11,96
6-й	11,6	8,80	9,05	8,86	—
7-й	—	10,85	11,18	10,20	—
8-й	—	—	—	12,25	—
Т я г о в ы е у с и л и я н а п е р е д а ч а х , $T, даН$					
1-й	3350	3000	3360	9170	13820
2-й	2760	2620	2960	7420	7870
3-й	2160	2300	2600	6210	5710
4-й	1820	2020	2290	5120	3960
5-й	1410	1710	1900	3920	2620
6-й	1070	1490	1650	3100	—
7-й	—	1110	1240	2520	—
8-й	—	—	—	1940	—

Приложение 6. К определению коэффициента k_y , учитывающего дополнительные затраты времени

Таблица 5

К определению коэффициента k_y

Длина участка L , м	Передачи		
	2-я	3-я	4-я
40	1,7	1,75	1,8
50	1,35	1,45	1,60
100	1,25	1,35	1,50
150	1,18	1,26	1,405
200	1,13	1,195	1,32
250	1,10	1,15	1,25
300	1,085	1,125	1,21
350	1,075	1,11	1,185
400	1,065	1,1	1,155
450	1,058	1,085	1,128
500	1,05	1,07	1,10
550	1,042	1,055	1,072

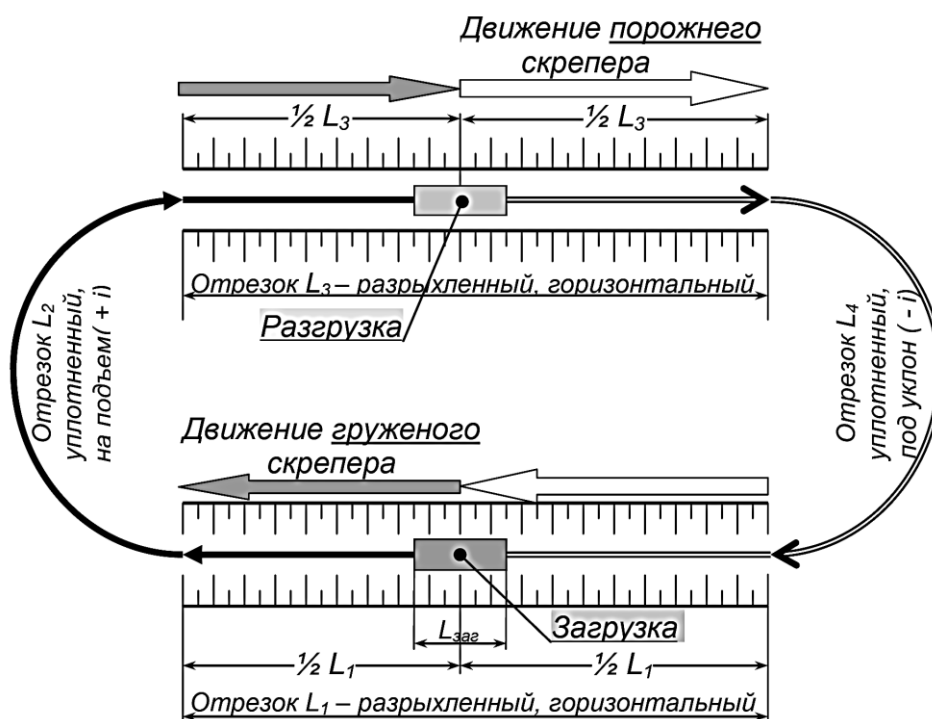
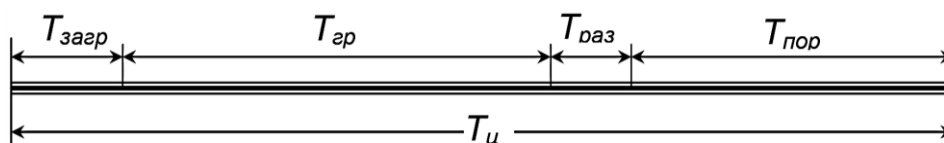


Рис. 1. Кольцевая схема движения скрепера



Масштаб: 1 см = 40 сек

Рис. 1. Схема рабочего цикла скрепера (пример)

Оглавление

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ГРУНТА БУЛЬДОЗЕРОМ	3
1. Порядок выполнения:.....	3
2. Методика выполнения:	3
3. Пример расчета силы резания грунта.....	4
5. Отчетность по работе:	7
Приложение 1. Условные обозначения.....	7
Приложение 2. Исходные данные.....	8
Приложение 3. Технические характеристики бульдозеров	9
Приложение 4. Характеристика зоны разрушения грунта.....	9
Приложение 5. Коэффициент влияния угла резания	10
Приложение 6. К определению коэффициента, характеризующего влияние затупления режущей кромки.....	10
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАЛЬНОЙ СИЛЫ РЕЗАНИЯ И МОЩНОСТИ РЕЗАНИЯ ГРУНТА БУЛЬДОЗЕРОМ	12
1. Порядок выполнения.....	12
2. Дополнительные сведения о способах расчета сил резания грунтов.	12
3. Методика выполнения	14
4. Пример расчета нормальной силы и мощности резания.....	15
5. Отчетность по работе	15
Приложение 1. Условные обозначения.....	16
Приложение 2. Исходные данные.....	17
Приложение 3. Технические характеристики бульдозеров	18
Приложение 4. Характеристика зоны разрушения грунта.....	18
Приложение 5. Коэффициент влияния угла резания	19
Приложение 6. К определению коэффициента, характеризующего влияние затупления режущей кромки.....	19
3. РАСЧЕТ СИЛ И МОЩНОСТИ РЕЗАНИЯ РЫХЛИТЕЛЕМ	21
1. Порядок выполнения.....	21
2. Методика расчета	21
3. Пример выполнения расчета	23
Отчетность по работе	25
Приложение 1. Условные обозначения.....	25
Приложение 2. Исходные данные.....	26
Приложение 3. Характеристика базовых тракторов.....	27
Приложение 4. Размерная характеристика зоны разрушения грунта.....	27
Приложение 5. Значения коэффициентов к расчетным формулам	28
Приложение 6. Схема сечения зоны разрушения грунта	28

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

ГРУНТА.....	29
1. Цели и задачи работы.....	29
2. Общие сведения о грунтах.	30
3. Определение гранулометрического состава песчаных грунтов ситовым методом	31
4. Выполнение работы.....	32
5. Запись, обработка и оформление результатов испытаний.....	34
6. Пример выполнения работы.....	36
7. Оформление и защита отчета	38

2. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОДНОКОВШОВЫХ

УНИВЕРСАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ 39

1. Конструкция одноковшовых гидравлических экскаваторов	39
2. Состав, устройство и работа экскаватора	42
3. Устройство и работа составных частей экскаватора	44
4. Рабочее оборудование экскаватора	52
5. Гидравлическая схема одноковшового экскаватора.....	72
6. Оформление и защита отчета	74

3. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ БУЛЬДОЗЕРОВ-РЫХЛИТЕЛЕЙ.. 75

1. Классификация бульдозеров	75
2. Классификация бульдозеров-рыхлителей	77
3. Устройство бульдозеров и бульдозеров-рыхлителей.....	78
4. Гидравлическая система рабочего оборудования бульдозеров и бульдозеров-рыхлителей	80
5. Бульдозерное оборудование.....	83
6. Рыхлительное оборудование	89
7. Оформление и защита отчета	97

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

СКРЕПЕРА	98
Задание.....	98
1. Порядок выполнения.....	98
2. Методика выполнения	99
3. Пример расчета сменной производительности скрепера.....	102
4. Отчетность по работе	104
Приложение 1. Условные обозначения.....	104
Приложение 2. Исходные данные.....	105
Приложение 3. Параметры рабочего процесса	105

Приложение 4. Технические характеристики скреперов	106
Приложение 5. Технические характеристики тягачей	106
Приложение 6. К определению коэффициента k_y , учитывающего дополнительные затраты времени	107

Учебное издание

Симилейский Георгий Михайлович

**ПРАКТИКУМ по дисциплине
МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ**

Авторская редакция

Компьютерная верстка Г.М. Симилейский

Подписано в печать **19.07. 2017**

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Ризография

Усл. п.л. 6,8. Уч.-изд. л. 7,1. Тираж 30. Заказ **_____** .

Южно-Российский политехнический университет (НПИ)
имени М.И.Платова

346428, Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Отпечатано в ИД «Политехник»

idp-npi@mail.ru

ДФО БАК 2013-2014