

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Методические указания к лабораторным и практическим занятиям

*Составители В. А. Филатов, В. В. Ярошик*



© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Волгоградский государственный  
архитектурно-строительный университет», 2013

Волгоград  
ВолГАСУ  
2013

УДК 69.002.5(076.5)  
ББК 38-5я73  
С863

**Строительные машины** [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным и практическим занятиям / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т ; сост. В. А. Филатов, В. В. Ярошик. — Электронные текстовые и графические данные (6,1 Мбайт). — Волгоград : ВолгГАСУ, 2013. — Учебное электронное издание комбинированного распространения : 1 CD-диск. — Систем. требования: PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; 2-скоростной дисковод CD-ROM; Adobe Reader 6.0. — Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/> — Загл. с титул. экрана.

Рассматриваются назначение и область применения строительных машин, устройство и принцип их работы, взаимодействие между собой основных узлов и частей, рабочие процессы. Приведены технико-экономические показатели. Изложена методика проведения лабораторных и практических работ, представлены необходимые для расчетов формулы.

Для студентов, обучающихся по профилю «Морские нефтегазовые сооружения».

Для удобства работы с изданием рекомендуется пользоваться функцией Bookmarks (Закладки) в боковом меню программы Adobe Reader.

УДК 69.002.5(076.5)  
ББК 38-5я73

Нелегальное использование данного продукта запрещено

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа 1. Электрореверсивная лебедка .....	4
Лабораторная работа 2. Определение производительности автогрейдера .....	12
Лабораторная работа 3. Определение кратности полиспаста .....	20
Практическая работа 1. Определение толщины срезаемого слоя грунта .....	24
Практическая работа 2. Управление отвалом бульдозера .....	26
Лабораторная работа 4. Определение длины подвижки экскаватора с прямой лопатой .....	29
Практическая работа 3. Электрооборудование транспортных средств .....	32
Библиографический список .....	41

## **Лабораторная работа 1**

### **ЭЛЕКТРОРЕВЕРСИВНАЯ ЛЕБЕДКА**

**Цель работы** — ознакомиться с устройством электрореверсивной лебедки грузоподъемных машин, а также с принципом работы основных узлов и элементов электротехнической схемы при спускоподъемных операциях; научиться подбирать электродвигатель.

#### **Теоретическая часть**

##### *Требования к электроприводу грузоподъемных машин*

**Требования к скоростям спуска-подъема.** Для монтажа строительных конструкций и деталей наряду с большими рабочими скоростями при опускании рабочего груза необходимы также и малые скорости — до 0,5 м/мин при монтаже ответственных конструкций. При опускании грузов электропривод может работать в следующих режимах: противовключения, генераторного и динамического торможения.

Наиболее рациональной для электропривода крановых механизмов является гиперболическая характеристика двигателей, которая свойственна электродвигателям постоянного тока с последовательным возбуждением. При такой характеристике скорость подъема груза зависит от его веса, что позволяет более эффективно использовать установленную мощность электропривода. Система электропривода должна предусматривать электрическое торможение. В этом режиме необходимы жесткие характеристики, чтобы скорость опускания груза не зависела от его веса.

**Требования к электродвигателю.** Двигатели и аппаратура в электроприводе кранов работают при циклическом режиме и большой частоте пусков. Предусматривается четыре режима работы кранов:

- 1) легкий (л);
- 2) средний (с);
- 3) тяжелый (т);
- 4) весьма тяжелый (вт).

Они определяются загрузкой механизмов, количеством часов их использования в течение суток, температурой окружающей среды и относительной продолжительностью включения (ПВ).

При выборе электродвигателя необходимо сочетать скоростные параметры соответствующего механизма крана с частотой вращения электродвигателя, т. е. должно соблюдаться условие

$$n_{\text{дв}} = v \frac{60i}{\pi d},$$

где  $v$  — скорость подъема груза, м/с;  $i$  — передаточное отношение механических и канатных передач;  $d$  — диаметр барабана, м.

При выборе электродвигателя переменного тока следует ориентироваться на реализацию наибольшей линейной скорости при наименьшем числе полюсов данной модели. Электродвигатель постоянного тока должен обеспечить наибольшую скорость подъема или спуска при наибольшей допустимой частоте вращения для данной модели электродвигателя.

В механизмах грузоподъемных машин электродвигатели применяют исходя из надежности эксплуатации по следующим основным признакам: роду тока; номинальному напряжению; номинальной мощности; пусковым и тормозным свойствам; виду естественной характеристики. С учетом этого применяют асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором моделей МТК, МТКН, МТКФ. Модели МТКН и МТКФ отличаются повышенной перегрузочной способностью ( $k = 2,3 \dots 3,0$ ). Среди асинхронных электродвигателей с фазным ротором применяют модели МТ, МВТ, МТФ и МТН. Среди двигателей постоянного тока нашли применение модели Д, МП, ДП, которые требуют глубокого регулирования скорости.

**Требования к аппаратуре управления и защиты.** В связи с особенностью работы крановых механизмов (перегрузки, повторно-кратковременные режимы работы, вибрации, удары, колебания температуры) к их электроаппаратуре предъявляются повышенные требования.

Крановая аппаратура должна отвечать требованиям стандарта по допустимому превышению температуры, электрической прочности и сопротивлению изоляции, уровню вибрации и тряски.

В электроприводах используют электромагнитные, индукционные, тепловые, контактно-тепловые аппараты.

По назначению и выполняемым функциям различают аппараты:

выполняющие функции защиты, контроля и сигнализации (автоматические выключатели, предохранители, реле защиты и контроля и т. д.);

для оперативного управления электроприводами, выполняющие операции включения/отключения в цепях главного тока и цепях управления (командоаппараты: командоконтроллеры, конечные и путевые выключатели, выключатели управления, реле, контакторы, магнитные контроллеры и т. д.).

### ***Устройство электрореверсивной лебедки***

**Кинематическая схема лабораторной установки.** Наиболее широкое применение среди механизмов подъема в настоящее время нашли канатные лебедки с электроприводом, которые служат для подъема и опускания груза с нерегулируемой скоростью (рис. 1).

Полиспаст представляет собой систему из подвижных и неподвижных блоков, огибаемых канатом для выигрыша в силе. На кинематической схеме (см. рис. 1) показан сдвоенный полиспаст, обеспечивающий строго вертикальный подъем груза. Он состоит из двух одинарных полиспастов с уравнительным блоком.

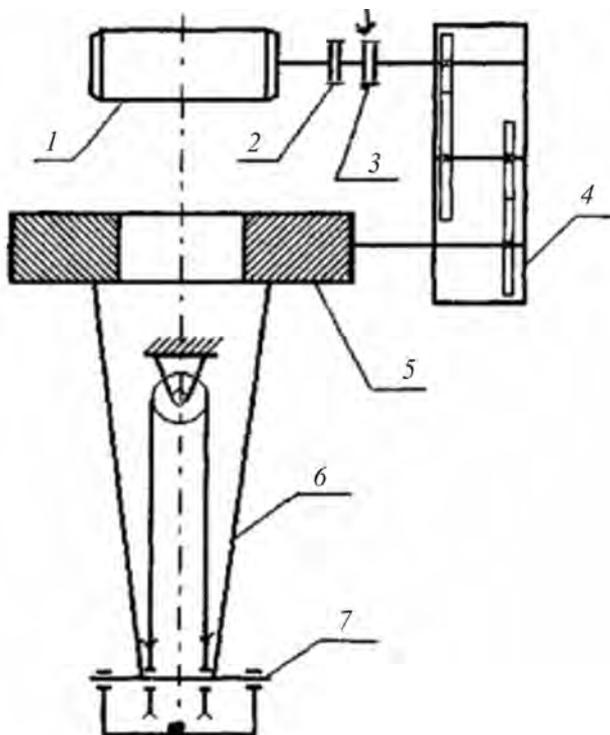


Рис. 1. Кинематическая схема механизма привода электрореверсивной лебедки:  
 1 — электродвигатель с короткозамкнутым ротором; 2 — соединительная муфта; 3 — колодочный тормоз;  
 4 — цилиндрический редуктор; 5 — грузоподъемный барабан; 6 — канатный полиспаст; 7 — грузозахватное приспособление

**Колодочный тормоз с электрогидравлическим толкателем.** В качестве тормозного механизма лебедки используется двухколодочный тормоз с электрогидравлическим толкателем (рис. 2).

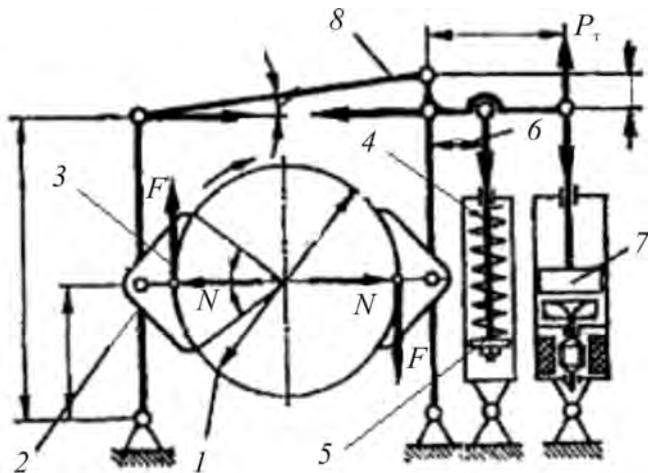


Рис. 2. Схема двухколодочного тормоза: 1 — тормозной барабан; 2 — тормозные рычаги; 3 — колодки; 4 — замыкающая пружина; 5 — скоба; 6 — шток; 7 — электрогидротолкатель; 8 — рычаг;  $F$  — сила трения;  $N$  — сила нормального давления;  $P_t$  — сила воздействия на рычаг

Тормоз состоит из тормозного барабана 1, тормозных рычагов 2, в которых шарнирно закреплены колодки 3 с фрикционными накладками; рабочей замыкающей пружины 4, находящейся в скобе 5 и закрепленной на штоке 6. Под действием тягового усилия электрогидротолкателя 7 на рычаг 8 колодки растормаживают барабан.

Электрогидравлический толкатель (рис. 3) представляет собой комплексное устройство, включающее электродвигатель 1, центробежный насос 2 и гидроцилиндр с поршнем 3, который обеспечивает поступательное движение штока с определенным усилием при вращении колеса насоса от электродвигателя. Внутренняя полость толкателя залита маслом.

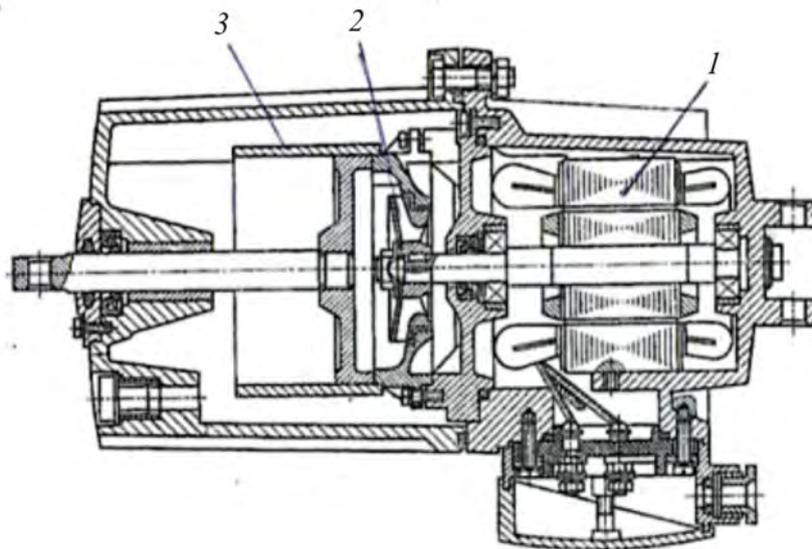


Рис. 3. Схема электрогидравлического толкателя типа ТЭГ-25: 1 — электродвигатель; 2 — центробежный насос; 3 — поршень

В нижней половине толкателя размещен маслonaполненный асинхронный короткозамкнутый электродвигатель, на валу которого насажено рабочее колесо центробежного насоса. При вращении вала электродвигателя давление, развивающееся в наполненной маслом камере насоса, перемещает поршень со штоком вверх до тех пор, пока не откроются каналы в цилиндре и масло не начнет перетекать в нижнюю часть. Весь прибор герметизирован, а обмотка электродвигателя пропитана маслостойкими лаками.

В тепловом отношении электрогидравлические толкатели рассчитаны на режим работы 100 % ПВ и 100 включений в час. Общее максимальное время подъема и опускания штока толкателя 0,3...0,5 с.

**Электрическая схема управлением реверсивной лебедкой** приведена на рис. 4. Для подачи напряжения служит автоматический выключатель ОФ. Через включение этого автомата электрическая схема соединяется с источником питания. Асинхронный электродвигатель М1 служит для привода барабана лебедки, а асинхронный электродвигатель М2 приводит в действие центробежный насос. Для пуска, остановки и реверсирования двигателя М1 применяется реверсивный магнитный пускатель, который включает в себя два линейных контактора КМ1 и КМ2 и два тепловых реле КК1, защищающих



В схеме предусмотрена защита двигателей от коротких замыканий в цепях статора (осуществляется автоматическим выключателем OF), защита от коротких замыканий в цепях управления (предохранители F1 и F2). Также контакторами КМ1 и КМ2 обеспечивается нулевая защита от исчезновения или снижения напряжения сети.

Для выбора режима работы двигателей служит пакетный переключатель SA, который имеет два основных положения: 1 — рабочее; 2 — нейтральное. Положение 3 предназначено для пусконаладочных работ.

**Описание работы пуска электрогидравлического толкателя.** Одновременно с пуском основного электродвигателя включается контактор КМ3. Его силовые контакты подключаются к источнику питания, и электродвигатель центробежного насоса начинает работать. Наиболее опасен для толкателя обрыв одной фазы, произошедший перед включением. Если при однофазном включении электродвигатель будет находиться под током, то в результате перегрева может произойти возгорание масла. Поэтому толкатели необходимо защищать либо автоматическими выключателями с мгновенной и тепловой защитой, либо защитой в двух фазах тепловыми реле, причем номинальный ток тепловой защиты не должен превышать 1,2 номинального тока электрогидравлического толкателя.

Для проведения пусконаладочных работ (режим 2), пакетный выключатель SA переключается в положение 3. При этом включается только контактор КМ3, после чего происходит регулировка электрогидравлического тормоза без включения основного двигателя.

### Методика выполнения работы

Определить передаточное отношение редуктора  $i_n$  при выключенном двигателе установки и расторможенном механизме вращения вала электродвигателя. Поворачивать вал электродвигателя до тех пор, пока барабан не совершит один оборот, отсчитать при этом количество сделанных оборотов вала электродвигателя.

Используя штангенциркуль, измерить диаметр канатного барабана. Вычислить КПД механизма по формуле

$$\eta_m = \eta_{\text{ред}} \eta_{\text{полисп}} \eta_{\text{бар}}. \quad (1)$$

В соответствии со своим вариантом задания и на основании вычисленного КПД определить требуемую мощность электродвигателя по формуле

$$N = \frac{Qv}{102\eta_m}, \quad (2)$$

где  $Q$  — вес поднимаемого груза, кг (таблица исходных данных, выданная преподавателем);  $v$  — скорость подъема груза, м/с.

По справочнику Ф. К. Иванченко «Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин» (Киев, 1975) выбирают асинхронный электродвигатель, а также значения моментов инерции ротора и муфты.

Определить частоту вращения канатного барабана:

$$n_{\text{б}} = \frac{n_{\text{н}}}{i_{\text{п}}}, \quad (3)$$

где  $n_{\text{н}}$  — номинальная частота вращения вала двигателя, об/мин.

Определить скорость наматывания каната на барабан:

$$v_{\text{к}} = \frac{\pi D n_{\text{б}}}{60}, \quad (4)$$

где  $D$  — диаметр барабана, м;  $n_{\text{б}}$  — частота вращения барабана.

Определить действительную скорость подъема груза:

$$v_{\text{г}} = \frac{v_{\text{к}}}{i_{\text{п}}}, \quad (5)$$

где  $v_{\text{к}}$  — скорость наматывания каната, м/мин;  $i_{\text{п}}$  — кратность полиспаста.

Электродвигатель выбран правильно, если соблюдается следующее условие:

$$\psi = \frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{н}}} \leq [\psi]_{\text{max}}, \quad (6)$$

где  $M_{\text{п}}$  — пусковой момент;  $M_{\text{н}}$  — номинальный пусковой момент;  $[\psi]_{\text{max}} = 2 \dots 3$ .

Номинальный пусковой момент рассчитывается по формуле

$$M_{\text{н}} = 0,75 \frac{N_{\text{выб}}}{n_{\text{н}}}, \quad (7)$$

где  $N_{\text{выб}}$  — выбранная по каталогу номинальная мощность.

Пусковой момент двигателя следует определять по формуле

$$M_{\text{п}} = M_{\text{ст}} + M'_{\text{г}} + M''_{\text{г}}, \quad (8)$$

где  $M_{\text{ст}}$  — статический момент;  $M'_{\text{г}}$  — динамический момент от поступательного движения груза;  $M''_{\text{г}}$  — динамический момент от вращающихся масс.

Динамический момент от поступательного движения груза вычисляется следующим образом:

$$M'_{\text{г}} = I_{\text{п}} \varepsilon, \quad (9)$$

где  $I_{\text{п}}$  — приведенный момент инерции:

$$I_{\text{п}} = \frac{QD^2}{9,812 i_{\text{м}}^2 \eta_{\text{м}}}, \quad (10)$$

где  $i_{\text{м}}$  — передаточное отношение механизма:

$$i_m = i_p i_{\pi}, \quad (11)$$

$\varepsilon$  — угловое ускорение:

$$\varepsilon = \frac{\pi n}{30 t_{\pi}}, \quad (12)$$

где  $t_{\pi}$  — время пуска:

$$t_{\pi} = \frac{I_{\pi} \omega}{M_{\pi. \text{cp}} \pm M_{\text{ст}}}, \quad (13)$$

где  $\omega$  — угловая скорость:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}. \quad (14)$$

Средний пусковой момент находится по формуле

$$M_{\pi. \text{cp}} = \varphi_{\pi. \text{cp}} M_{\text{ст}}, \quad (15)$$

где  $\varphi_{\pi. \text{cp}} = 1,5$ ;  $M_{\text{ст}}$  — статический момент:

$$M_{\text{ст}} = \frac{QD}{2i_{\pi} \eta_{\text{H}}}. \quad (16)$$

Динамический момент от вращающихся масс определяется формулой

$$M_g'' = I_{\text{в}} \varepsilon, \quad (17)$$

где  $I_{\text{в}}$  — момент инерции вращающихся частей:

$$I_{\text{в}} = \delta(I_{\text{р}} + I_{\text{м}}), \quad (18)$$

где  $I_{\text{р}}$  — момент инерции ротора;  $I_{\text{м}}$  — момент инерции муфты.

## Содержание отчета

Отчет включает: название работы, требования к электроприводу грузоподъемных машин, кинематическую схему лабораторной установки (см. рис. 1), двухколодочный тормоз (см. рис. 2), электрическую схему управления электрореверсивной лебедки (см. рис. 4), теоретические зависимости (1—18) с численными значениями, выводы.

## Контрольные вопросы

1. Какие типы электродвигателей применяют в механизмах грузоподъемных машин?
2. Какие требования предъявляются к крановой электроаппаратуре?
3. Назначение и устройство полиспаста в грузоподъемных механизмах.
4. Принцип работы электрогидравлического толкателя в механизме тормоза лебедки.
5. Какой элемент в электрической схеме управления лебедкой защищает электродвигатель от короткого замыкания?

## **Лабораторная работа 2**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АВТОГРЕЙДЕРА**

**Цель работы** — ознакомиться с устройством и принципом работы автогрейдера, изучить силовое взаимодействие отвала автогрейдера с грунтом, определить производительность при профилировании земляного полотна.

#### **Теоретическая часть**

##### ***Устройство и принцип работы автогрейдера***

Грейдер — это землеройно-транспортная машина, предназначенная для профилирования и планировки поверхности земляного полотна дорог, разравнивания и перемещения грунта, гравия или щебня по полотну при постройке или ремонте грунтовых дорог, устройства кюветов, боковых канав и выемок, планировки площадей, очистки дорог от снега.

К основным параметрам и размерам грейдера (рис. 5) относятся: длина  $L$  и высота (по хорде)  $H$  отвала; боковой вынос отвала  $l$ ; дорожный просвет  $C$  и заглубление отвала  $h$ ; углы резания ножа  $\beta$ , захвата  $\alpha$  и наклона  $\gamma_1$  отвала; масса, колесная база  $L_6$  и колея; габаритные размеры  $A \times B \times D$ . Кроме того, грейдеры характеризуются параметрами базовой машины. Это тяговый класс или сила тяги, мощность двигателя, скорость, расход топлива.

Угол резания  $\beta$  измеряют между плоскостью, проведенной от режущей кромки ножа касательно цилиндрической поверхности отвала, и опорной поверхностью грейдера. Угол можно регулировать в зависимости от выполняемой грейдером работы.

Угол захвата  $\alpha$  — это угол в плане между отвалом и продольной осью грейдера, также регулируемый.

Углом наклона  $\gamma_1$  называется угол между опорной поверхностью и режущей кромкой отвала. При вынесенной в бок тяговой раме этот угол определяет угол  $\gamma$  срезания откосов.

Грейдерные работы представляют собой последовательные операции зарезания грунта, его перемещения, разравнивания и создания заданного уклона земляного сооружения.

Зарезание грунта — это начальная технологическая операция при всех видах земляных работ. При зарезании угол захвата должен составлять

30...45°, чтобы предотвратить занос грейдера в сторону из-за возникающих на отвале нагрузок. Перемещение валика в насыпь составляет очень большую часть технологического цикла работы. Количество проходов грейдера достигает 60...75 % от общего числа проходов, необходимых для устройства насыпи из боковых резервов.

При разравнивании перемещенного грунта и создании заданного уклона полотна земляного сооружения усилия на отвале, требуемые для разравнивания грунта, меньше, чем при предыдущих операциях. Поэтому отвал устанавливается с максимальным углом, позволяющим увеличить длину захвата. Скорость движения грейдера при разравнивании должна быть максимально возможной.

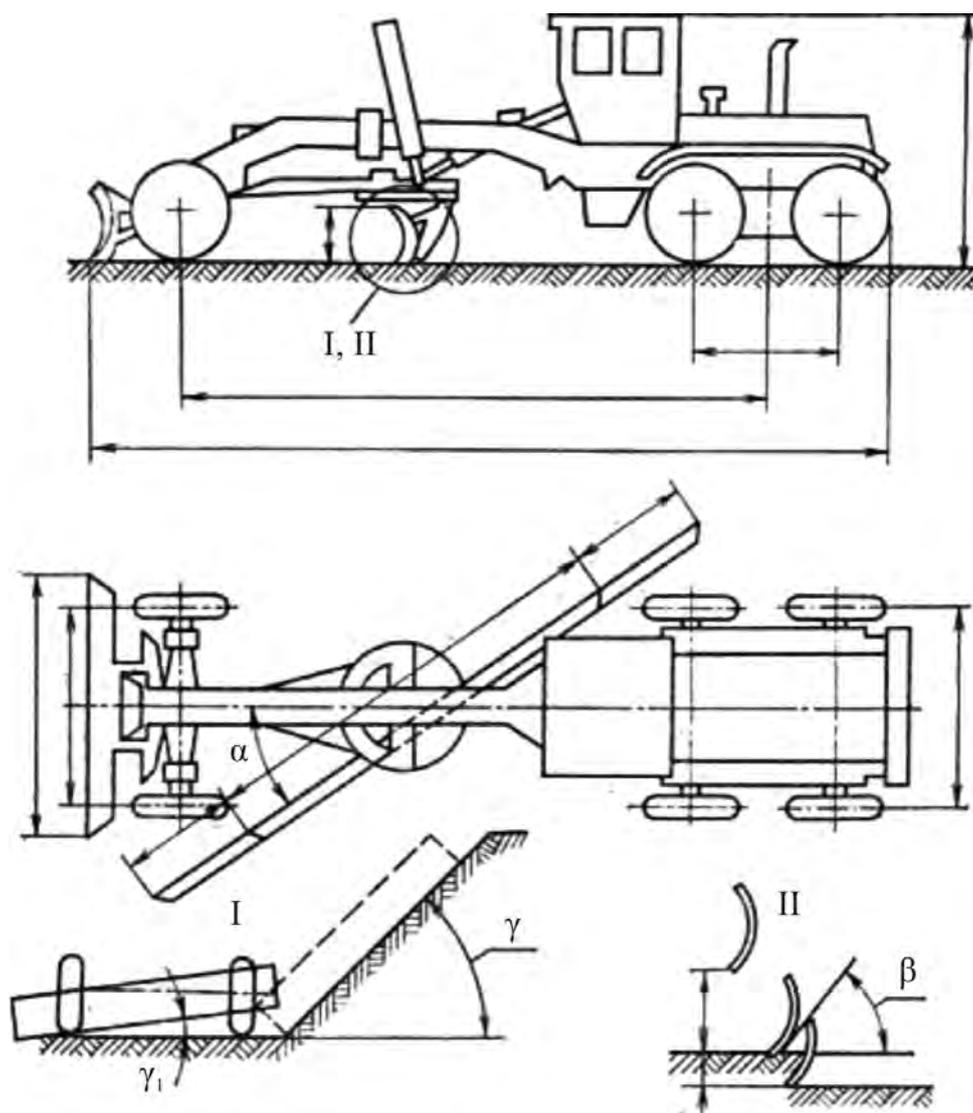


Рис. 5. Основные параметры грейдера: I — наклон отвала; II — изменения положения по высоте;  $\alpha$  — угол захвата;  $\beta$  — угол резания;  $\gamma$  — угол срезания откосов;  $\gamma_1$  — угол наклона

Автогрейдер (рис. 6) представляет собой самоходную машину на пневматических шинах. Основная рама автогрейдера опирается на переднюю ось и заднюю тележку. Двигатель и коробка передач прикреплены к раме и расположены в зоне задней тележки.

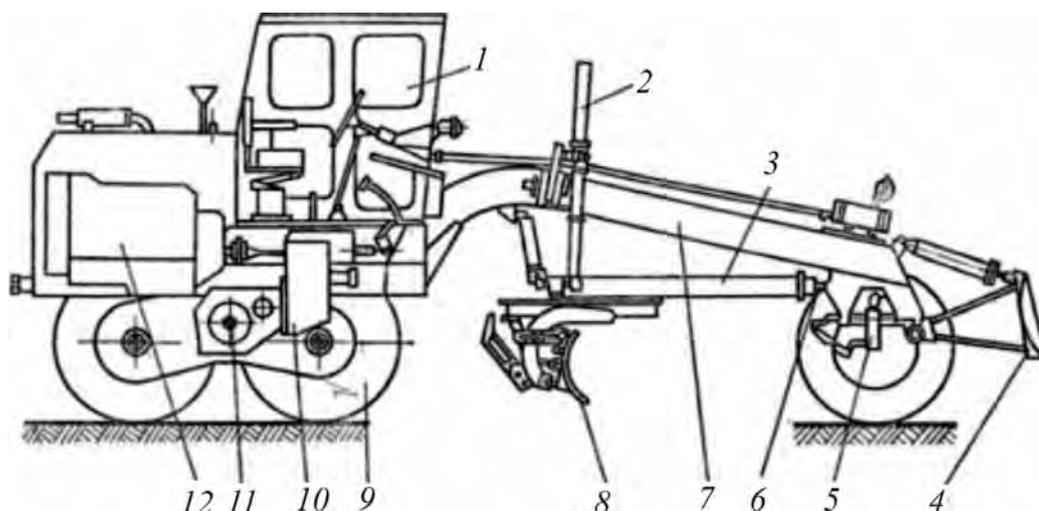


Рис. 6. Схема автогрейдера: 1 — кабина; 2 — механизм управления отвалом; 3, 7 — тяговая и основная рамы; 4 — дополнительное оборудование; 5 — передняя ось; 6 — шарнир; 8 — отвал; 9 — задняя тележка; 10 — коробка передач; 11 — ось качания; 12 — двигатель

Основной рабочий элемент автогрейдера — отвал — закреплен на поворотном круге и установлен на тяговой раме, которая присоединена к основной передним концом с помощью шарового шарнира. Задняя часть тяговой рамы подвешена с помощью гидроцилиндров механизма управления отвалом. Механизм управления обеспечивает подъем и опускание отвала в грунт, наклон и боковое перемещение, вынос за пределы основной рамы для среза откосов и выемки кюветов, а также полный поворот отвала в плане. Кабина автогрейдера размещается над средней осью, что создает хороший обзор рабочей зоны отвала автогрейдера. Кроме того, близкое расположение кабины к коробке передач и двигателю позволяет упростить механизмы управления машиной.

Благодаря трехосной компоновке с отвалом, размещенным в базе между передними и задними колесами, а также балансирной подвеске автогрейдеры обеспечивают более высокую точность планировочных работ по сравнению с другими машинами, например двухосными бульдозерами и скреперами.

Двигатель автогрейдера с помощью трансмиссии создает на ведущих колесах окружную силу  $P_k$ , которая благодаря силе сцепления шин с опорной поверхностью дороги вызывает равную и противоположно направленную ей силу тяги  $T_k$ . Эта сила, возникающая на всех ведущих колесах, определяет общую силу  $T$ , т. е. движущую силу машины (рис. 7).

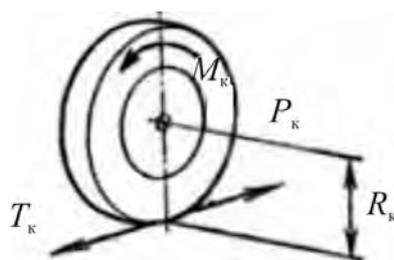


Рис. 7. Движущие силы автогрейдера:  $T_k$  — движущая сила тяги на колесе;  $P_k$  — окружная сила на колесе;  $M_k$  — крутящий момент;  $R_k$  — радиус качения колеса

Основные параметры автогрейдеров представлены в табл. 1.

Таблица 1

*Технические характеристики автогрейдеров*

Параметры	Индекс машины	
	ДЗ-143	ДЗ-122А
Тип	Средний	
Мощность двигателя, кВт	100	96
Тип трансмиссии	Гидромеханическая	
Колесная формула	1 × 2 × 3	
Угол наклона передних колес, град.	15	
Скорость движения вперед, км/ч	6,5...43	7,4...43
Размеры грейдерного отвала (длина × высота), мм	3740 × 620	72,4 × 610
Наибольшее заглубление, мм	250	
Высота подъема, мм	350	
Угол поворота в плане, град.	0...360	
Угол резания, град.	30...70	
Боковой вынос, мм	800	
Габаритные размеры, мм	9760 × 2500 × 3470	9450 × 2500 × 3500
Эксплуатационная масса, кг	13 500	14 400

### ***Силовое взаимодействие отвала автогрейдера с грунтом***

Машина находится в движении без пробуксовки при условии, что сцепная сила тяги больше общего сопротивления движению:

$$T_{с.ц} = G_{ц}\varphi > W, \quad (19)$$

где  $G_{ц}$  — сцепной вес;  $\varphi$  — коэффициент сцепления с поверхностью пути;  $W$  — общее сопротивление передвижению автогрейдера.

Усилие, которое необходимо преодолеть автогрейдеру, определяется по формуле

$$W = \sum W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4, \quad (20)$$

где  $W_1$  — сопротивление грунта резанию:

$$W_1 = bsk \sin \alpha, \quad (21)$$

где  $b$  — длина отвала, м;  $s$  — толщина срезаемого слоя, м;  $k$  — коэффициент сопротивления грунта резанию для грейдеров;  $\alpha$  — угол поворота отвала в плане относительно оси трактора, град.;  $W_2$  — сопротивление волочению призмы грунта впереди отвала:

$$W_2 = 0,5h \frac{h}{\operatorname{tg} \varphi} b \sin \alpha \gamma g (\mu \pm i), \quad (22)$$

где  $\varphi$  — угол естественного откоса грунта, равный 40...45°;  $\gamma$  — плотность грунта;  $g$  — ускорение свободного падения;  $\mu$  — коэффициент трения грунта

по грунту, равный 0,4...0,8 (меньшие значения берут для влажных и глинистых грунтов);  $i$  — уклон пути;  $W_3$  — сопротивление трению грунта по отвалу:

$$W_3 = 0,5bh^2g\gamma \cos^2 \delta\mu, \quad (23)$$

где  $\delta$  — угол резания, равный 50...55°;  $\mu$  — коэффициент трения грунта по стали (для глины  $\mu = 0,7...0,8$ , для суглинка и супеси  $\mu = 0,5...0,6$ , для песка  $\mu = 0,35...0,5$ );  $W_4$  — сопротивление движению автогрейдера:

$$W_4 = G(w_0 \pm i), \quad (24)$$

где  $G$  — вес автогрейдера;  $w_0$  — удельное сопротивление движению.

### ***Производительность автогрейдера***

Производительность автогрейдера зависит от вида производимых работ, состояния грунта, организации и использования времени работы, квалификации машиниста и других факторов.

При профилировании земляного полотна и гравийных дорог, планировке обочин, патрульной очистке дорог техническую производительность автогрейдера определяют по протяженности участка земляного полотна или дороги, сооружаемой за час работы, км/ч, и выражают следующей зависимостью:

$$P_{\text{т}} = \frac{L}{T_{\text{ц}}},$$

где  $L$  — длина участка дороги, км;  $T_{\text{ц}}$  — время, затрачиваемое на сооружение этого участка дороги, ч.

Время  $T_{\text{ц}}$  определяют из выражения

$$T_{\text{ц}} = n_1 \frac{L}{v_1} + n_2 \frac{L}{v_2} + (n_1 + n_2)t_{\text{п}} \frac{1}{3600},$$

где  $n_1$  — число проходов при резании грунта;  $n_2$  — число проходов при перемещении грунта;  $t_{\text{п}}$  — время, необходимое для разворота грейдера на концах участка, равное 20...25 с;  $v_1$  — скорость движения грейдера при резании грунта, км/ч;  $v_2$  — скорость движения грейдера при перемещении грунта, км/ч;  $1 / 3600$  — переводной коэффициент, позволяющий получать из этой формулы время, выраженное в часах.

### ***Профилирование грунтовых дорог***

Под профилированием грунтовой дороги понимается устройство поперечного профиля полотна в виде невысоких насыпей из боковых канав. Грунт из вырезаемого кювета перемещают к оси дороги и используют при возведении повышенной проезжей части полотна. С этой целью инженерно-технический персонал составляет графики и схемы, в которых предлагает для каждой операции углы установки отвала, глубину резания, скорость передвижения машины и другие технологические параметры.

Существует определенная последовательность операций профилирования земляного полотна. На рис. 8 показана односторонняя схема профиля сооружаемого земляного полотна дороги, а рекомендуемые технологические параметры приведены в табл. 2.

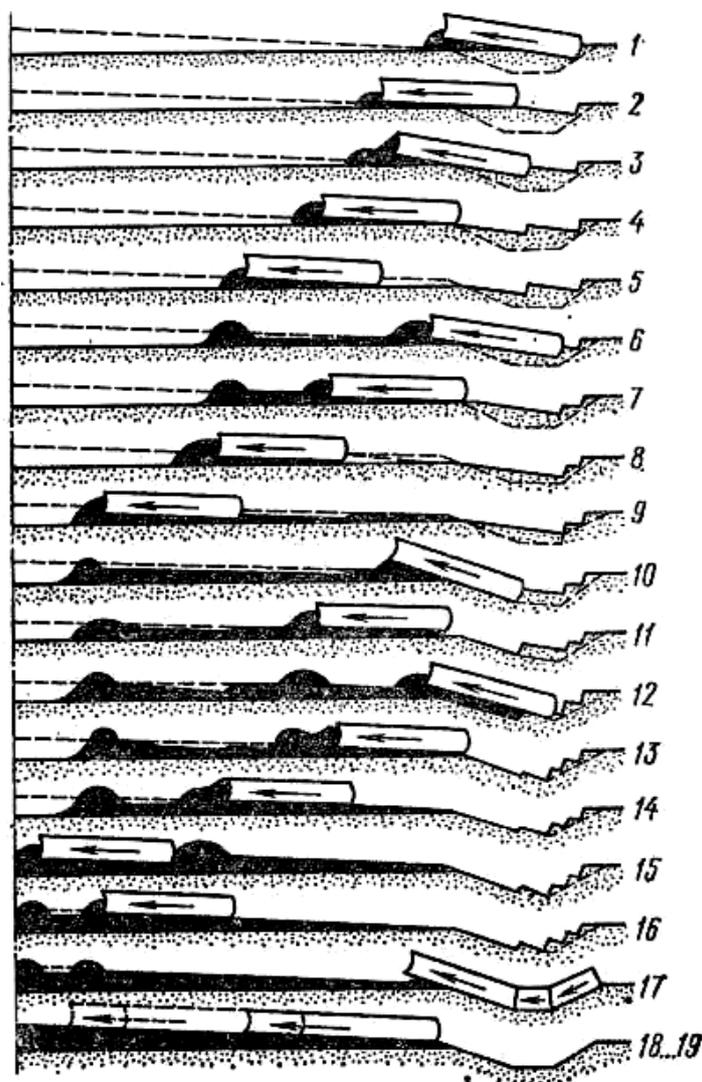


Рис. 8. Схема проходов (1—19) автогрейдера при профилировании дорожного полотна

Практически же профилирование заключается в последовательных круговых проходах автогрейдера с обеих сторон полотна. При первом проходе зарезание начинают от внешней бровки канавы с большим заглублением отвала. Вырезанный грунт отваливают на внутреннюю бровку. При втором проходе вырезанный валик грунта перемещают отвалом по полотну насыпи. Таким образом, постепенным зарезанием и перемещением грунта по насыпи сооружают заданный профиль полотна. Зарезание заканчивается при проходе 12, последний грунт перемещается к оси дороги проходами 14 и 15, а затем разравнивается проходом 16. Заключительный этап профилирования включает в себя отделку канавы с помощью стандартного откосника, установленного на отвале (проход 17), и чистовое разравнивание грунта по полотну дороги (проходы 18 и 19).

Таблица 2

Углы установки отвала и глубина резания при профилировании земляного полотна

№ прохода	Операция	Углы установки отвала, град.			Глубина резания, мм
		захвата	резания	наклона	
1	Зарезание	35	28	9	200
2	Перемещение	50	41	1	—
3	Зарезание	35	28	11	200
4	Перемещение	50	41	1	—
5	Перемещение	50	41	1	—
6	Зарезание	35	29	11	150
7	Перемещение	50	41	2	—
8	Перемещение	50	41	2	—
9	Перемещение	50	41	2	—
10	Зарезание	35	29	19	150
11	Перемещение	50	41	3	—
12	Зарезание	35	29	17	150
13	Перемещение	50	41	3	—
14	Перемещение	50	41	3	—
15	Разравнивание	50	41	3	—
16	Разравнивание	50	41	3	—
17	Отделка канав	45	41	19	—
18	Разравнивание	55	41	3	—
19	Разравнивание	55	41	3	—

### Методика выполнения работы

1. Определить сопротивление грунта резанию. Численные значения необходимых параметров и коэффициентов взять из табл. 1—3. При этом длину грейдерного отвала, находящегося во взаимодействии с грунтом, брать с учетом его наклона к полотну дороги.

Таблица 3

Физические параметры и свойства грунтов

Наименование грунта	Категория	Объемная масса в плотном теле $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	Удельное сопротивление резанию грунта, МПа	Коэффициент сцепления с поверхностью пути $\phi$	Удельное сопротивление движению $w_0$
Песок влажный, супесь, суглинок	I	1400...1800	0,05...0,1	0,6	0,3
Средний и мелкий гравий, легкая глина	II	1500...1800	0,09...0,18	0,65	0,2
Глина, плотный суглинок	III	1600...1900	0,16...0,3	0,7	0,15

2. Найти сопротивление волочению призмы грунта впереди грейдерного отвала.

3. Рассчитать трение грунта по отвалу.

4. Определить сопротивление движению от сил трения автогрейдера.
5. Найти полное сопротивление движению автогрейдера.
6. Определить силу тяги по сцеплению автогрейдера.
7. Рассчитать тяговое усилие и скорость, развиваемые автогрейдером при зарезании и перемещении, Н:

$$T_N = 0,9 \frac{1000 N_{\text{дв}} \eta_{\text{м}}}{v},$$

где  $N_{\text{дв}}$  — мощность двигателя, кВт;  $\eta_{\text{м}}$  — КПД передачи от двигателя к ходовому колесу ( $\eta_{\text{м}} \approx 0,8$ );  $v$  — скорость движения, м/с (выбрать из диапазона скоростей, км/ч: 3,5; 4,5; 5,13; 6,5; 7,4; 8,8; 10,2). При этом должно выполняться условие движения без буксования  $T_{\text{сц}} > T_N > W$ , где  $W$  — общее сопротивление. Рекомендуемая скорость при зарезании 2,4...6,5 км/ч, при перемещении 4,5...7,4 км/ч. При перемещении запас тягового усилия следует взять без учета сопротивления грунта резанию:  $T_N > (W - W_1)$ .

8. Определить техническую производительность автогрейдера.

### Содержание отчета

Отчет включает: название работы, устройство и принцип работы автогрейдера (рис. 6), теорию силового воздействия отвала автогрейдера с грунтом, теоретические зависимости (19—24) с численными значениями, выводы.

### Контрольные вопросы

1. Основные движения главного рабочего органа автогрейдера, осуществляемые механизмом управления.
2. Как определить запас тягового усилия автогрейдера  $T_N$  при перемещении грунта?
3. Каким силовым механизмом автогрейдера устанавливается необходимый угол захвата грейдерного отвала?
4. Основные параметры, от которых зависит сопротивление грунта резанию.
5. Как определить производительность автогрейдера при профилировании земляного полотна?

### Лабораторная работа 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРАТНОСТИ ПОЛИСПАСТА

**Цель работы** — изучить устройство полиспаста и получить навыки в определении его кратности теоретическим и опытным путем.

#### Теоретическая часть

##### *Определение теоретической кратности полиспаста*

Полиспаст состоит из подвижного и неподвижного однорольных или многорольных блоков, огибаемых одним общим канатом. Чаще применяется для выигрыша в силе, который характеризуется кратностью полиспаста, т. е. отношением усилия на крюке к усилию на свободной ветви. Так как все ветви полиспаста без учета сил трения нагружены одинаково, то его теоретическая кратность определяется числом грузовых ветвей каната.

##### *Обоснование метода наименьших квадратов для сглаживания опытных данных*

Если непосредственно замеренные величины являются функциями от подлежащих определению неизвестных величин, то задача решается следующим образом.

После  $n$  замеров, например, двух связанных величин  $q$  и  $Q$ , наносят полученные точки на график  $Q = f(q)$ . Линия, проходящая через них, определяет вид зависимости  $Q$  от  $q$ , например  $Q = a + bq$ . Замеренные величины  $Q$  и  $q$  зависят от подлежащих определению неизвестных величин  $a$  и  $b$ , которые являются параметрами прямой линии, наиболее близкой к опытным точкам.

Запишем отклонения теоретических значений величины  $Q = a + bq$  от замеренных  $Q_i$ :

$$\begin{cases} Q_1 - (a + bq_1) = \Delta_1, \\ \dots\dots\dots, \\ Q_i - (a + bq_i) = \Delta_i, \\ \dots\dots\dots, \\ Q_n - (a + bq_n) = \Delta_n. \end{cases}$$

Так как измерения содержат погрешности, то в правых частях  $n$  уравнений будут получены ошибки, отличные от нуля. Из-за погрешностей уравнения не вполне совместимы друг с другом, поэтому их называют условными, и система из таких уравнений не решается способом исключения неизвестных. Можно было бы сложить уравнения в двух группах и получить систему двух уравнений с двумя неизвестными, но потеря индивидуальных уравнений при сложении существенно понижает точность обработки результатов измерений.

В результате совместной обработки результатов измерений должны быть решены две задачи:

- 1) за счет подбора неизвестных величин  $a$  и  $b$  уменьшить ошибки  $\Delta_i$ ;
- 2) оценить точность измерений и обработки их результатов, т. е. найти интервал истинного значения определяемой величины.

Рассмотрим варианты решения.

Вариант 1. Сумма отклонений измеряемой величины  $Q_i$  и ее теоретического значения  $(a + bq_i)$  равна нулю, т. е.  $\sum_1^n \Delta_i = 0$ . Этому условию отвечает, кроме нашей прямой линии, еще множество других (например, горизонтальная), так как отклонения  $\Delta_i$  имеют как положительные, так и отрицательные значения. Поэтому такой вариант решения дает неопределенность параметров прямой линии.

Вариант 2. Сумма абсолютных значений отклонений минимальна, т. е.  $\sum_1^n |\Delta_i| = \min$ . Этот вариант решения однозначно определяет параметры прямой  $a$  и  $b$ , но только численными методами, т. е. не позволяет получить аналитическое выражение в общем виде.

Вариант 3. Метод наименьших квадратов предполагает, что из всех возможных неизвестных величин наиболее удовлетворительны те, при которых сумма квадратов отклонений наименьшая, т. е.  $\sum_1^n \Delta_i^2 = \min$ . Опираясь на геометрический смысл производной, получаем решение с помощью частных производных.

Берем частную производную от  $\sum_1^n [Q_i - (a + bq_i)]^2$  по  $a$ :

$$\frac{\partial \sum_1^n \Delta_i^2}{\partial a} = \sum_1^n 2[Q_i - (a + bq_i)](-1) = 0,$$

$$\sum_1^n Q_i - na - b \sum_1^n q_i = 0,$$

$$a = \frac{1}{n} \sum_1^n Q_i - \frac{b}{n} \sum_1^n q_i.$$

Берем частную производную от  $\sum_1^n [Q_i - (a + bq_i)]^2$  по  $b$ :

$$\frac{\partial \sum_1^n \Delta_i^2}{\partial b} = \sum_1^n 2[Q_i - (a + bq_i)](-q_i) = 0.$$

Вместо  $a$  подставляем единицу и находим  $b$ :

$$b = \frac{\sum_1^n Q_i q_i - \frac{1}{n} \sum_1^n Q_i \sum_1^n q_i}{\sum_1^n q_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_1^n q_i \right)^2}.$$

Угловым коэффициентом прямой линии  $b$  численно равен кратности полиспаста, так как

$$K = \frac{dQ}{dq} = \frac{d(a + bq)}{dq} = b.$$

Точность оценивается по правилу «трех сигм»:

$$b \pm 3G = b \pm 3 \frac{G_i}{\sqrt{n}},$$

где  $G$  — среднее квадратичное отклонение величины  $b$  от ее истинного значения;  $n$  — количество замеров.

Среднее квадратичное отклонение кратности, соответствующей каждому замеру  $b_i$ , от истинного значения кратности полиспаста определяется по формуле

$$G_i = \sqrt{\frac{\sum_1^n (b_i - b)^2}{n - 1}},$$

где  $b_i$  — кратность полиспаста, соответствующая каждому замеру:

$$b_i = \frac{Q_i - a}{q_i},$$

$b$  — среднее арифметическое значение кратности полиспаста по всем замерам.

### Методика выполнения работы

1. Изучить устройство и составить схему полиспаста. Определить его кратность теоретическим путем.

2. Замерить динамометрами усилия на крюке  $Q$  и на свободной ветви полиспаста  $q$ . Полученные величины нанести на график с координатами  $Q$  и  $q$ .

3. Используя сглаживание прямой линии по методу наименьших квадратов, определить параметры зависимости  $Q = a + bq$ ; показать ее на графике и сравнить опытную кратность полиспаста, равную  $b$ , с теоретической.

### **Содержание отчета**

Отчет включает: название работы, кинематическую схему полиспаста и график зависимости  $Q = a + bq$ .

### **Контрольные вопросы**

1. Как определяется теоретическая и опытная кратность полиспаста?
2. Как нагружены ветви каната при подъеме груза без учета сил трения?
3. Почему величина опытной кратности полиспаста меньше теоретической?
4. К какому элементу полиспаста прикладывается сила для выигрыша в расстоянии и к какому — для выигрыша в силе?

## Практическая работа 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ СРЕЗАЕМОГО СЛОЯ ГРУНТА

**Цель работы** — изучить силовое взаимодействие бульдозера с грунтом и получить навыки определения максимальной толщины срезаемого слоя при резании грунта отвалом.

### Теоретическая часть

На величину силы резания грунта  $P$  оказывают влияние следующие параметры: толщина и ширина срезаемого слоя, физико-механические свойства грунта, геометрия отвала бульдозера. Оценка силы резания базируется на понятии удельного сопротивления резанию грунта, которое показывает величину усилия при резании слоя грунта площадью поперечного сечения  $1 \text{ см}^2$ :

$$P = kbc, \quad (25)$$

где  $P$  — сила резания грунта, характеризующая взаимодействие грунта и отвала, Н;  $k$  — удельное сопротивление резанию грунта, Н/см<sup>2</sup>;  $b$  — длина отвала, т. е. ширина захвата, см;  $c$  — толщина срезаемого слоя грунта, см.

У бульдозеров для резания грунта используется тяговое усилие, которое создается при взаимодействии грунта с ходовым аппаратом. В качестве базовых машин для бульдозеров в основном принимают гусеничные тракторы, у которых больше, чем у колесных, сил сцепления с основанием и номинальное тяговое усилие равно

$$T = \varphi Q, \quad (26)$$

где  $T$  — номинальное тяговое усилие, т. е. наибольшее тяговое усилие, развиваемое бульдозером при незначительном буксовании ходового аппарата, Н;  $\varphi$  — коэффициент сцепления грунта с гусеничным трактором, его осредненное значение в нашем случае составляет 0,62;  $Q$  — сцепной вес (приходящийся на ведущие звенья) бульдозера, Н.

Наибольшую величину силы резания грунта принимаем равной номинальному тяговому усилию бульдозера. Тогда из равенства (25) и (26) максимальная толщина слоя при резании грунта будет

$$c = \varphi Q / kb. \quad (27)$$

Данные для вычисления максимальной толщины слоя при резании грунта бульдозерами сведены в табл. 4.

Таблица 4

*Определение максимальной толщины срезаемого слоя грунта*

Наименование показателей	Марка бульдозера								
	ДЗ-19	ДЗ-17	ДЗ-18	ДЗ-259	ДЗ-101	ДЗ-104	ДЗ-276	ДЗ-28	ДЗ-109
Марка трактора	Т-100			Т-4А			Т-130		
Вес бульдозера, кН	140,7	147,6	144	148,1	94,4	97,7	190,6	200	197,9
Длина отвала, см	303	394	397	415	386	328	320	394	412
при $k$ , Н/см <sup>2</sup> , равном	8,5								
	21								
	30								

### Методика выполнения работы

1. Изучить количественную связь между силой резания грунта, удельным сопротивлением резанию, толщиной и шириной срезаемого слоя, номинальным тяговым усилием, сцепным весом и коэффициентом сцепления.

2. Определить максимальную толщину слоя при резании грунта бульдозерами различных марок.

### Содержание отчета

Отчет включает: название и содержание работы, зависимости (25—27), с численными значениями и заполненную табл. 4.

### Контрольные вопросы

1. Взаимодействие каких тел характеризует сила резания грунта и номинальное тяговое усилие?

2. Что показывает удельное сопротивление резанию грунта?

3. Как зависит максимальная толщина срезаемого слоя грунта от параметров бульдозера?

## Практическая работа 2 УПРАВЛЕНИЕ ОТВАЛОМ БУЛЬДОЗЕРА

**Цель работы** — изучить принцип действия гидравлического управления отвалом бульдозера и получить навыки в определении сроков разработки грунта бульдозерами.

### Теоретическая часть

#### *Гидравлическое управление отвалом бульдозера*

Бульдозер — землеройно-транспортная машина. Применяется для копания и транспортировки легких и средних (по трудоемкости разработки) грунтов на расстояние до 80...100 м. На тяжелых грунтах из-за больших сил сопротивления копанию уменьшается толщина срезаемого слоя, что снижает производительность бульдозера. Расстояние транспортировки ограничивается из-за потерь грунта по краям отвала.

Рабочий цикл бульдозера состоит из следующих операций:

- 1) заглубление отвала при движении вперед;
- 2) резание грунта с накоплением его перед отвалом в виде призмы волочения;
- 3) подъем отвала на уровень забоя после приближения грунта к его верхней кромке;
- 4) транспортировка грунта волоком;
- 5) разгрузка и возвращение в забой.

На рис. 9 показана схема гидравлического управления отвалом бульдозера.

При работе отвал бульдозера выполняет четыре вида движений:

1. Опускание отвала — золотник находится в положении I. Масло из напорной магистрали Н поступает в надпоршневое пространство цилиндра по линии А. Из подпоршневого пространства масло вытесняется в сливную магистраль С по линии Б.

2. Фиксация отвала — золотник находится в положении II. Напорная Н и сливная С магистрали, а также линии А и Б закрыты. Масло из напорной магистрали через предохранительный клапан поступает в сливную магистраль.

3. Подъем отвала — золотник находится в положении III. Масло из напорной магистрали Н поступает в подпоршневое пространство цилиндра по линии Б. Из надпоршневого пространства масло вытесняется в сливную магистраль С по линии А.

4. Плавающее положение отвала — золотник находится в положении IV. Напорная магистраль закрыта, и масло из силового цилиндра сливается по линиям А и Б в сливную магистраль С. В этом положении отвал копирует поверхность забоя, т. е. может подниматься или опускаться в зависимости от сопротивления грунта.

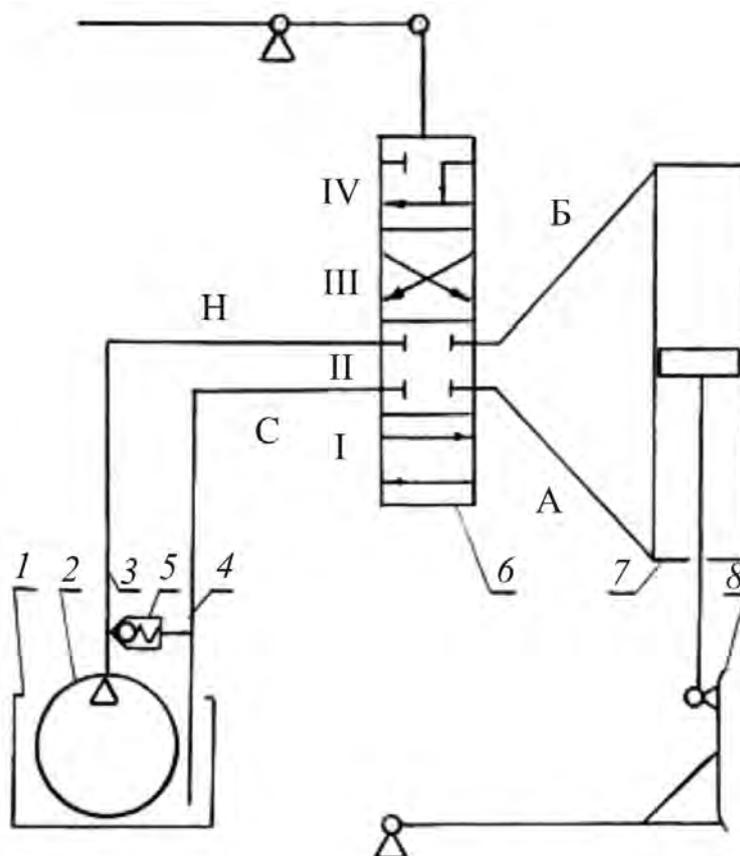


Рис. 9. Гидравлическое управление отвалом бульдозера: 1 — масляный бак; 2 — гидравлический насос; 3 — напорная магистраль; 4 — сливная магистраль; 5 — предохранительный клапан; 6 — подвижный золотник гидравлического распределителя; 7 — силовой цилиндр; 8 — отвал

### ***Засыпка траншей и котлованов с помощью бульдозера***

Срок засыпки выемки (траншей или котлованов) бульдозерами (табл. 5) составляет

$$C = \frac{NV}{100zр},$$

где  $C$  — срок засыпки выемки, рабочие дни;  $N$  — норма времени или трудозатраты звена обслуживающего бульдозер на засыпку  $100 \text{ м}^3$  грунта, чел.-ч;  $V$  — объем грунта на засыпку в состоянии природной плотности,  $\text{м}^3$ ;  $z$  — число рабочих в звене, чел.;  $p$  — продолжительность рабочего дня, ч.

*Срок разработки грунта*

Группа грунта	Показатель	Марка бульдозера			
		ДЗ-29	ДЗ-8	ДЗ-18	ДЗ-9
		Марка трактора			
		Т-74	Т-100		
I	Н, чел.-ч	0,66	0,35	0,31	0,25
	С, раб. дни				
II	Н, чел.-ч	0,77	0,43	0,38	0,28
	С, раб. дни				
III	Н, чел.-ч	0,9	0,49	0,43	0,32
	С, раб. дни				

При определении срока засыпки траншеи принимаем во внимание, что каждым бульдозером управляет один рабочий и продолжительность рабочего дня составляет 8 ч.

**Методика выполнения работы**

1. Изучить схему работы гидравлического управления отвалом бульдозера.
2. Освоить принцип определения сроков разработки грунта бульдозерами и вычислить срок засыпки выемки.

**Содержание отчета**

Отчет включает: название работы, ее содержание, рис. 9 и заполненную табл. 5.

**Контрольные вопросы**

1. В каком направлении перемещаются детали и рабочая жидкость гидравлической системы управления при опускании, подъеме, фиксации и плавающем положении отвала?
2. Как определяется срок разработки грунта?

## **Лабораторная работа 4** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ПОДВИЖКИ ЭКСКАВАТОРА** **С ПРЯМОЙ ЛОПАТОЙ**

**Цель работы** — изучить принцип действия и назначение механизмов одноковшового экскаватора с прямой лопатой. Получить навыки определения длины подвижки и полосы захвата одноковшового экскаватора.

### **Теоретическая часть**

#### *Механизмы одноковшового экскаватора*

Ходовой механизм служит для передачи давления экскаватора на опорную поверхность, его передвижения и надежного удерживания на месте.

Поворотный механизм служит для вращения относительно вертикальной оси и фиксации поворотной платформы экскаватора вместе с его рабочим оборудованием.

Механизм поворота стрелы относительно горизонтальной оси служит для ее подъема, опускания и фиксации.

Механизм поворота рукояти с ковшом относительно горизонтальной оси служит для их подъема, опускания и фиксации.

Напорный механизм служит для поступательного движения и фиксации рукояти с ковшом относительно стрелы, что обеспечивает заглубление ковша и его наведение на место разгрузки.

#### *Принцип действия экскаватора с прямой лопатой*

Рабочий цикл экскаватора включает:

- 1) опускание с ковшом к подошве забоя;
- 2) выдвижение рукояти для врезания ковша;
- 3) подъем ковша с одновременным заполнением его грунтом;
- 4) выведение ковша из забоя после его наполнения с последующим поворотом платформы и выдвижением ковша для установки его над местом разгрузки;
- 5) разгрузку ковша открытием его днища;
- 6) поворот платформы для возвращения ковша в исходное положение;
- 7) закрытие днища ковша.

При увеличении радиуса резания до максимальной величины копание прекращается, ходовой аппарат экскаватора растормаживается и он передвигается вдоль проходки на длину подвижки  $L = R_{\max} - R_{\min}$ , ходовой аппарат затормаживается, и копание продолжается с минимальным радиусом резания грунта.

Параметры экскаватора, связанные с длиной его подвижки, показаны на рис. 10.

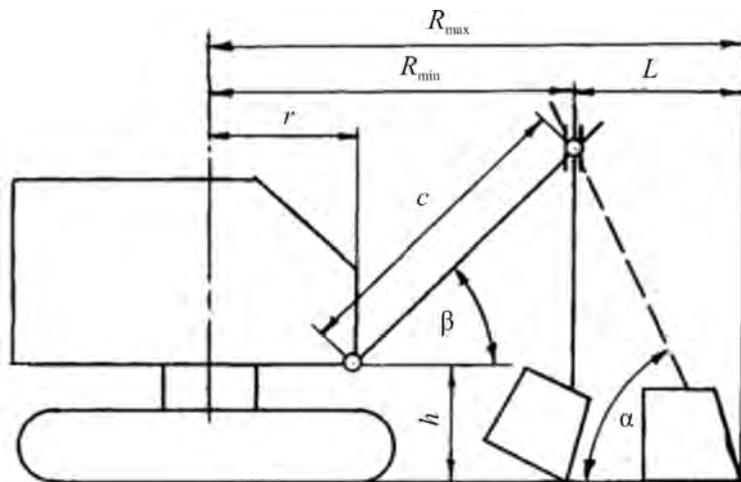


Рис. 10. Параметры, определяющие длину подвижки экскаватора:  $c$  — расстояние между шарнирами крепления стрелы и рукояти, см;  $h$  — высота шарнира крепления стрелы над уровнем опорной поверхности, см;  $r$  — радиус расположения шарнира крепления стрелы относительно оси поворотной платформы, см;  $L$  — максимальная длина одной подвижки экскаватора вдоль проходки, см;  $R_{\max}$  — максимальный радиус резания грунта по дну забоя, см;  $R_{\min}$  — минимальный радиус резания грунта по дну забоя, см;  $\alpha$  — угол между рукоятью и передней стенкой ковша, град.;  $\beta$  — угол наклона стрелы относительно опорной поверхности, град.

Схема на рис. 10 позволяет получить следующие зависимости для максимальных значений длины подвижки экскаватора и его радиуса резания по дну забоя:

$$L = (h + c \sin \beta) \operatorname{ctg} \alpha, \quad (28)$$

$$R_{\max} = r + c \cos \beta + L. \quad (29)$$

На рис. 11 показана схема экскаваторного забоя в плане.

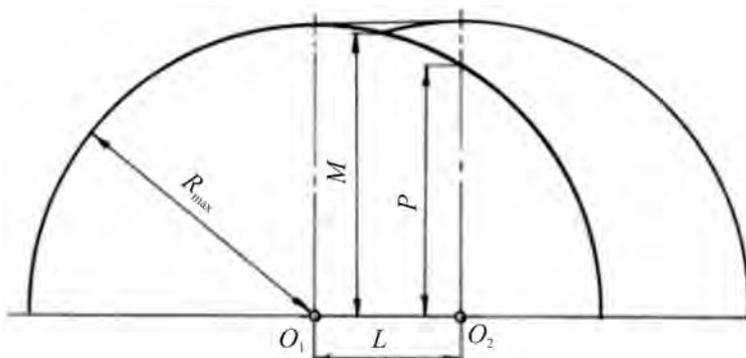


Рис. 11. Схема забоя одноковшового экскаватора:  $O_1$  и  $O_2$  — горизонтальные координаты двух стоянок экскаватора, разделенных одной подвижкой;  $M$  — максимальная величина полосы захвата, см;  $P$  — рабочая полоса захвата, т. е. расстояние от оси движения экскаватора до стенки выемки по ее дну, см;  $L$  — максимальная длина одной подвижки экскаватора вдоль проходки, см;  $R_{\max}$  — максимальный радиус резания грунта по дну забоя, см

Проектировать экскаваторный забой с максимальной величиной полосы захвата, равной максимальному радиусу резания, нецелесообразно, так как в этом случае получается боковой недобор грунта.

Схема на рис. 11 позволяет получить зависимость для максимальной величины полосы захвата:

$$M = \sqrt{R_{\max}^2 - (0,5L)^2}. \quad (30)$$

Практически для уменьшения угла поворота поворотной платформы до  $90^\circ$  полосу захвата принимают меньшей и определяют по формуле

$$P = \sqrt{R_{\max}^2 - L^2} = \sqrt{(r + c \cos \beta)^2 + 2L(r + c \cos \beta)}. \quad (31)$$

### Методика выполнения работы

1. Изучить принцип действия и назначение механизмов одноковшового экскаватора с помощью макетов и плакатов.

2. Замерить на макете одноковшового экскаватора с помощью рулетки и транспортира данные, сведенные в табл. 6.

Таблица 6

*Замеряемые параметры*

$\beta$ , град.	$c$ , см	$h$ , см	$\alpha$ , град.	$r$ , см

Используя зависимости (28) и (31), вычислить длину подвижки  $L$  и полосу захвата  $B$  одноковшового экскаватора в соответствии с табл. 7.

Таблица 7

*Длина подвижки  $L$  и полоса захвата  $B$*

$\beta$ , град.	30	40	$\beta_{\text{зам}}$	50	60
$L$ , см					
$B$ , см					

### Содержание отчета

Отчет включает: название работы, порядок выполнения, заполненные табл. 6 и 7, рис. 10 и 11.

### Контрольные вопросы

1. Операции, составляющие рабочий цикл экскаватора с прямой лопатой.
2. Рабочие движения одноковшового экскаватора с прямой лопатой.
3. Параметры, определяющие длину подвижки экскаватора и полосу захвата.
4. Характер изменения длины подвижки и полосы захвата при увеличении угла наклона стрелы.

## **Практическая работа 3**

### **ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

**Цель работы** — ознакомиться с работой и устройством электрооборудования транспортных средств, изучить принцип действия основных элементов электрооборудования и их взаимосвязь между собой в процессе работы.

#### **Теоретическая часть**

##### *Схемы электрооборудования*

Электрооборудование транспортных средств предназначено для зажигания рабочей смеси в пусковом двигателе, его пуска с помощью стартера, освещения, звуковой, световой сигнализации и контроля работы различных систем. В транспортных средствах электрооборудование также используют для прямого пуска основного двигателя.

Кроме того, применяют дополнительное электрооборудование для привода вентилятора отопителя и вентиляционной установки, стеклоочистителя.

Схема электрооборудования трактора типа ДТ-75НР представлена на рис. 12. Это электрооборудование постоянного тока с номинальным напряжением 12 В.

Электрооборудование транспортных средств разделяют на следующие основные группы: источники электроэнергии, потребители электроэнергии, коммутационная аппаратура и провода, контрольно-измерительные приборы.

Источники электроэнергии — аккумуляторы 20 и генератор 3, работающий с реле-регулятором 30. Источником электроэнергии является также магнето 33 системы зажигания пускового двигателя.

К потребителям электроэнергии относят стартер 32 пускового двигателя, электродвигатель 27 отопителя и электродвигатель 25 вентиляционной установки, приборы, фары, стеклоочиститель 8.

Коммутационная аппаратура и провода включают в себя соединительные штепсельные разъемы и панели, выключатель «массы» 21, другие выключатели и переключатели.

К контрольно-измерительным приборам относят преобразователь температуры масла 4, преобразователь 35 и указатель температуры воды 28, амперметр 14.

Аппаратура и приборы электрооборудования соединены по однопроводной схеме, при которой ко всем элементам подходит только один провод, а второй заменен металлическими деталями трактора — «массой». К «массе» подсоединяют отрицательные выводы источников электроэнергии, а также один из полюсов всех потребителей.

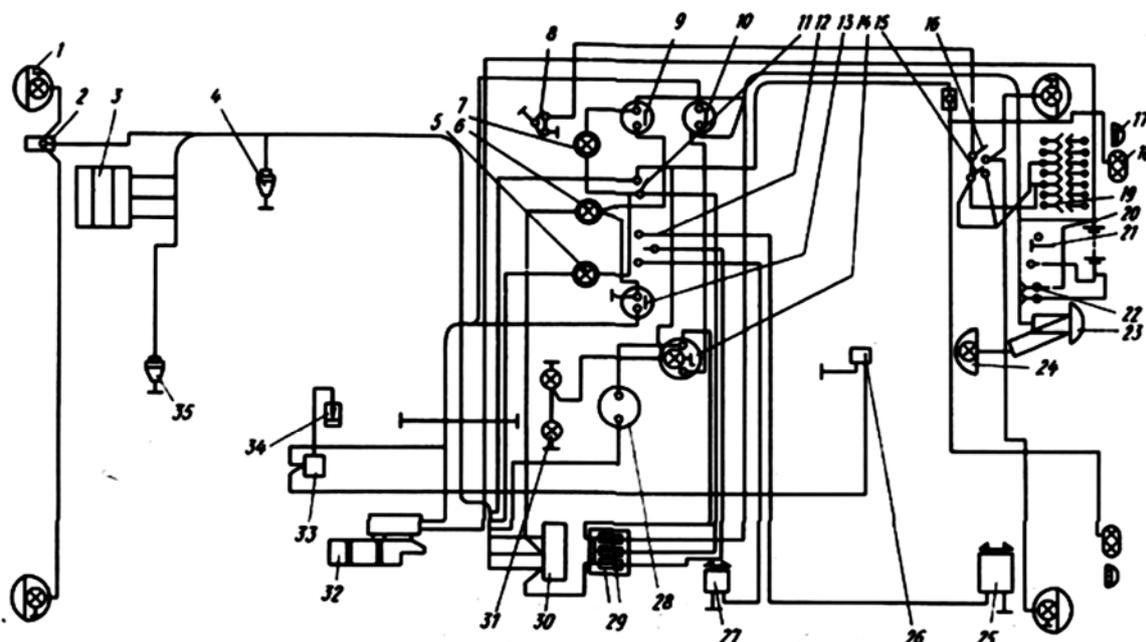


Рис. 12. Схема электрооборудования трактора: 1 — фара; 2 — соединительная панель; 3 — генератор; 4 — преобразователь температуры масла; 5 — контрольная лампа перегрева масла в дизеле; 6 — фонарь контрольной лампы включения «массы»; 7 — фонарь контрольной лампы включения звукового сигнала; 8 — стеклоочиститель; 9 — выключатель звукового сигнала; 10 — выключатель стартера; 11 — выключатель передних фар; 12 — выключатель электродвигателей; 13 — выключатель «Стоп» пускового двигателя; 14 — амперметр; 15 — выключатель плафона; 16 — выключатель задних фар; 17 — светоотражатель; 18 — задний фонарь; 19 — штепсельная розетка; 20 — аккумулятор; 21 — выключатель «массы»; 22 — розетка для переносной лампы; 23 — звуковой сигнал; 24 — плафон; 25, 27 — электродвигатели; 26 — выключатель блокировки пускового двигателя; 28 — указатель температуры воды; 29 — предохранители; 30 — реле-регулятор; 31 — лампочка щитка приборов; 32 — стартер; 33 — магнето; 34 — свеча зажигания; 35 — преобразователь температуры воды

### Основные элементы электрооборудования

**Аккумуляторные батареи** (рис. 13) заряжаются во время работы генератора и отдают электроэнергию потребителям (разряжаются) при неработающем генераторе.

Батарея состоит из шести аккумуляторов 5 напряжением 2 В каждый, соединенных последовательно планками 10.

Аккумулятор 5 включает в себя несколько положительных 3 и отрицательных 1 пластин, причем одноименные пластины соединены параллельно. Пластины размещены очень близко одна к другой, и для предохранения от короткого замыкания между ними устанавливают сепараторы 2 из изоляционного материала (мипласта со стекловолоком). Пластины 3 выполнены из перекиси свинца, пластины 1 — из губчатого свинца. Электролитом служит раствор плотностью 1,23...1,34 г/см<sup>3</sup> серной аккумуляторной кислоты в дистиллированной воде. Аккумуляторные батареи собирают в эбонитовых баках 7.

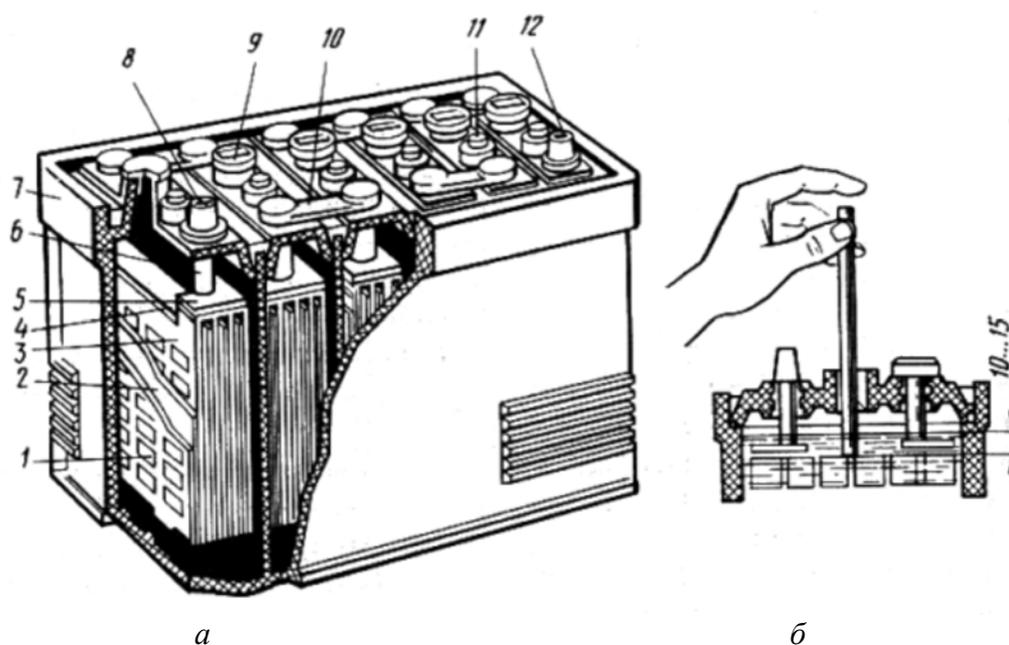


Рис. 13. Аккумуляторная батарея: *а* — общий вид: 1, 3 — пластины; 2 — сепаратор; 4 — предохранительный щиток; 5 — аккумулятор; 6 — полюсный штырь; 7 — бак; 8, 12 — положительный и отрицательный выводы; 9 — пробка; 10 — планка; 11 — вентиляционное отверстие; *б* — замер уровня электролита

Маркировка, например, батареи 6СТ-50 ЭМС, установленной на тракторе типа ДТ-75НР, означает следующее: 6 — число аккумуляторов в батарее; СТ — стартерная батарея; 50 — емкость, А · ч, (по СИ 1 А · ч = 3,6 кКл); Э — материал бака (эбонит); МС — материал сепаратора.

Работа аккумулятора основана на действии гальванического элемента, в котором свинцовые пластины, взаимодействуя с серной кислотой, заряжаются, и вокруг них образуются электрическое поле и электрический ток.

**Генератор** преобразует механическую энергию в электрическую. Энергия, вырабатываемая генератором, питает потребители и заряжает аккумуляторные батареи при работающем двигателе.

По роду вырабатываемого тока генераторы бывают переменного и постоянного тока. Практически на всех базовых машинах применяют генераторы переменного тока, так как они проще по конструкции при той же мощности, более надежны в эксплуатации из-за отсутствия коллектора и поддерживают заряд аккумуляторов во время работы двигателя на малой частоте вращения. Генераторы, применяемые на базовых машинах, конструктивно подобны и различаются в основном мощностью.

На рис. 14 показана конструкция генератора Г-306Г, установленного на тракторах типа ДТ-75НР, Т-4АП2.

Генератор представляет собой бесконтактную электрическую машину трехфазного переменного тока с односторонним магнитным возбуждением. Состоит генератор из статора 7, ротора 8, обмотки возбуждения 9, блока 11 выпрямителей и приводится в действие от вала двигателя с помощью клинового ремня, надетого на шкив 13. Статор включает в себя пакет штампованных пластин, на которых закреплены катушки с трехфазной обмоткой 6.

Ротор 8 выполнен из пакета пластин в виде шестилучевой звезды, на-прессованного на вал 15. К передней крышке 10 крепят обмотку возбуждения 9.

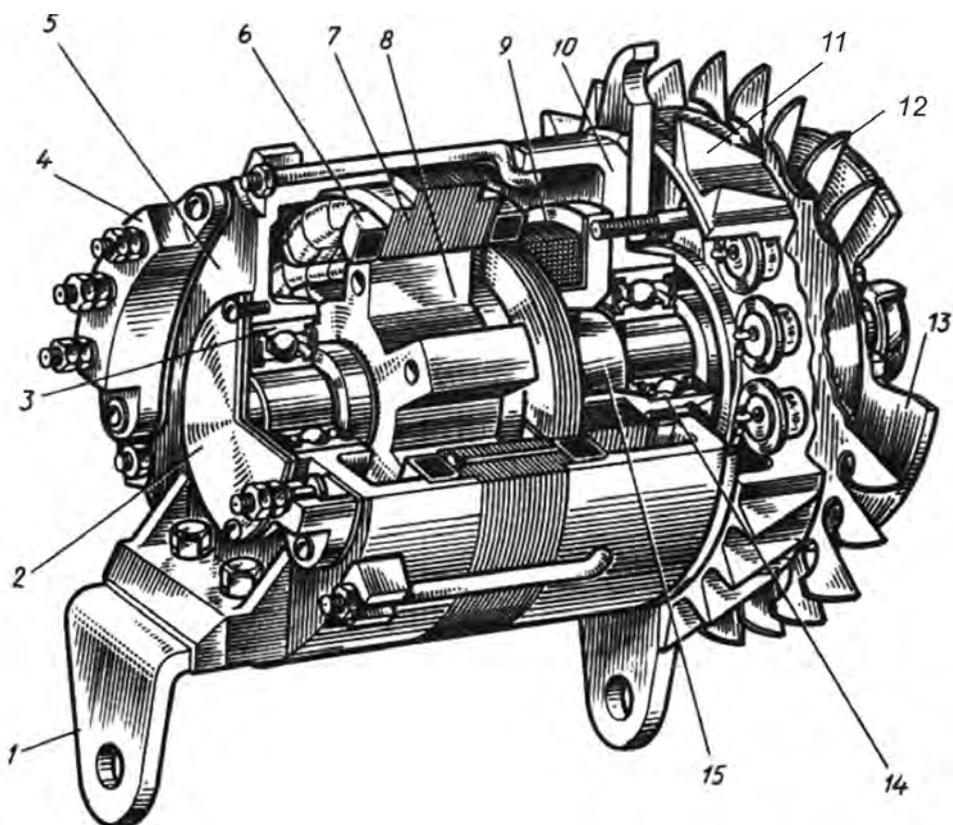


Рис. 14. Генератор переменного тока Г-306Г: 1 — задняя лапа; 2, 5, 10 — крышки; 3, 14 — шарикоподшипники; 4 — панель выводов; 6 — обмотка катушки статора; 7 — статор; 8 — ротор; 9 — обмотка возбуждения; 11 — блок выпрямителей; 12 — крыльчатка вентилятора; 13 — шкив; 15 — вал ротора

Принцип работы генератора основан на явлении электромагнитной индукции. При работе генератора обмотка возбуждения 9 получает питание постоянным током от аккумулятора, а затем — от блока 11 выпрямителей и сильно намагничивает ротор, который в результате становится мощным электромагнитом.

Во время вращения ротора возникает переменный магнитный поток, который, пересекая витки обмотки статора, наводит на них переменную ЭДС. Индуцируемая ЭДС создает трехфазный переменный ток, который с помощью кремниевых диодов блока выпрямителей преобразуется в постоянный ток, поступающий потребителям.

Генератор не смазывают, так как его шарикоподшипники 3 и 14 закрытого типа и не требуют замены или добавления смазочного материала. Генератор не регулируют.

**Реле-регулятор** устанавливают в комплекте с генератором Г-306Г и аккумуляторной батареей. Контактнo-транзисторный реле-регулятор РР-362 (рис. 15) предназначен для автоматического поддержания заданного уровня напряжения и защиты регулирующего органа — транзистора — в аварийном режиме при коротком замыкании в цепи.

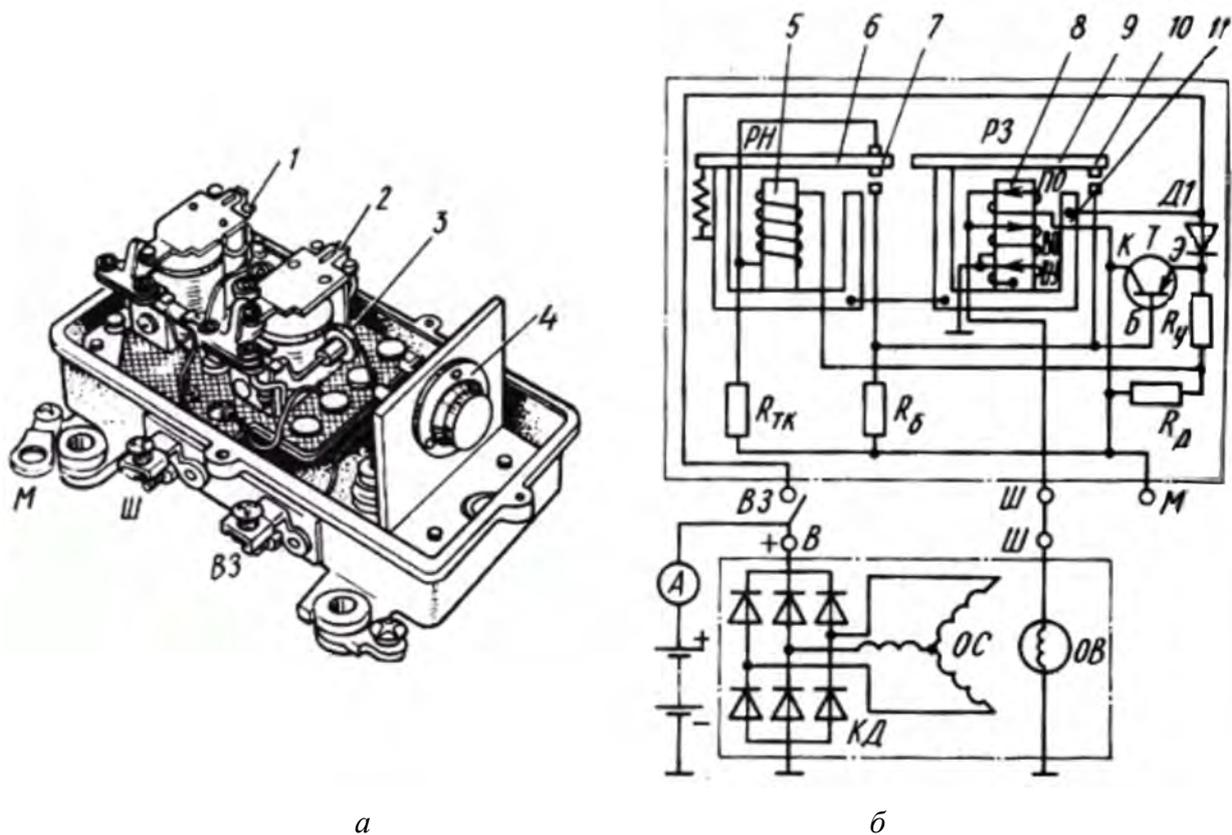


Рис. 15. Реле-регулятор РР-362: *а* — конструкция; *б* — электрическая схема: 1 — регулятор напряжения РН; 2 — реле защиты РЗ; 3 — диод; 4 — транзистор Т; 5, 8 — сердечники; 6, 9 — якорьки; 7, 10 — контакты; 11 — ярмо; М — «масса»; Ш — выводы; ВЗ — выключатель зажигания; В — выпрямитель; КД — кремниевые диоды; ОС — резистор обратной связи; ОВ — обмотка возбуждения;  $R_{TK}$  — резистор температурной компенсации;  $R_B$  — сопротивление базы;  $R_D$  — добавочное сопротивление;  $R_Y$  — ускоряющее сопротивление; Б — база; К — коллектор; Э — эмиттер; Д1 — диод обратной связи; ПО — последовательная обмотка

Реле-регулятор РР-362 состоит из регулятора напряжения 1, реле защиты 2, диодов 3 и транзистора 4.

Транзистор состоит из трех выполненных из полупроводников электродов: эмиттера Э, базы Б и коллектора К. Транзистор включен в цепь возбуждения генератора и может быть в открытом или закрытом состоянии. При открытом транзисторе сопротивление между электродами Э, Б, К очень мало и в обмотке возбуждения генератора протекает ток. При закрытом транзисторе сопротивление увеличивается в несколько сотен раз и сила тока в обмотке возбуждения генератора практически равна нулю.

Регулятор напряжения работает следующим образом. В нерабочем состоянии контакты 7, 10 регулятора напряжения РН и реле защиты РЗ разомкнуты и транзистор Т закрыт. При включении цепи зажигания ВЗ замыкается цепь базы Б. Путь тока в цепи базы транзистора: положительный вывод батареи — вывод ВЗ — диод обратной связи Д1 — эмиттер Э — база Б — сопротивление базы  $R_B$  — «масса» М — отрицательный вывод батареи.

Вследствие прохождения тока между эмиттером и базой транзистора резко снижается сопротивление переходов эмиттер — коллектор (Э — К), и транзистор открывается, включая цепь обмотки возбуждения ОВ генератора.

Путь тока в цепи ОВ генератора при этом будет таким: положительный вывод батареи — вывод ВЗ — диод обратной связи Д1 — эмиттер Э — база Б — коллектор К — последовательная обмотка ПО реле РЗ — выводы Ш — обмотка ОВ генератора — «масса» М — отрицательный вывод батареи.

Ток обмотки возбуждения ОВ создает сильное магнитное поле ротора, при вращении которого в обмотке статора индуцируется большая ЭДС, поэтому генератор возбуждается до рабочего напряжения даже при низкой частоте вращения вала двигателя, заряжая аккумуляторную батарею.

При работе генератора цепь базы и обмотка возбуждения ОВ питаются током от кремниевых диодов КД выпрямителя.

Одновременно ток проходит также по обмотке регулятора РН следующим путем: зажим выпрямителя +В — вывод ВЗ — диод Д1 — сопротивление  $R_y$  — обмотка регулятора РН — сопротивление  $R_{тк}$  — «масса» М — отрицательный вывод выпрямителя — В. Если напряжение генератора меньше регулируемой величины, контакты 7 регулятора РН разомкнуты. С увеличением напряжения генератора возрастает сила тока в обмотке, усиливается намагничивание сердечника 5. При напряжении 13,5...15 В якорек 6 притягивается к сердечнику 5, и контакты 7 замыкаются.

В момент замыкания контактов регулятора РН закрывается транзистор, так как база Б транзистора соединяется с положительными выводами батареи и выпрямителя, а в цепь обмотки ОВ включается добавочное  $R_d$  и ускоряющее  $R_y$  сопротивления. Путь тока в цепи при этом будет: вывод +В — вывод ВЗ — диод Д1 — сопротивления  $R_y$  и  $R_d$  — обмотка ПО — выводы Ш — обмотка ОВ — вывод — В.

Вследствие увеличения сопротивления сила тока возбуждения уменьшается и напряжение генератора понижается, что вызывает ослабление намагничивания сердечника 5 и размыкание контактов 7. В этот момент открывается транзистор, увеличивается сила тока в обмотке ОВ, и напряжение генератора снова увеличивается до рабочей нормы.

Преимущество таких реле-регуляторов — исключение окисления и изнашивания контактов регулятора РН, потому что через них проходит только ток управления транзистором, который в 15 раз меньше тока возбуждения генератора.

Работа реле защиты РЗ сводится к автоматической защите транзистора от большой силы тока при случайном замыкании выводов Ш и обмотки ОВ на массу.

В реле РЗ обмотка ПО последовательно включена в цепь обмотки ОВ генератора. Кроме того, включаются вспомогательные обмотки — встречная ВО и удерживающая УО. Встречная обмотка ВО соединена с массой и включена параллельно обмотке возбуждения ОВ генератора.

При нормальной работе генератора ток от выпрямителя идет через обмотку ПО, а затем разветвляется на две параллельные ветви — в обмотку возбуждения генератора и в обмотку ВО — реле защиты. Так как направле-

ния тока в витках обмоток ВО и ПО противоположны и одинаковые магнитные потоки их действуют встречно, то сердечник 8 не намагничивается и контакт 10 размыкается.

В случае замыкания выводов Ш генератора или реле-регулятора на «массу» обмотка ОВ обоими концами подключается к «массе», что исключает возбуждение генератора. При этом в течение 2...3 с ток из батареи через диод Д1, а затем транзистор проходит по обмотке ПО и через замкнутый вывод Ш возвращается в батарею. Это повышает силу тока в обмотке ПО и магнитный поток в сердечнике 8. Кроме того, замыкание на массу вывода Ш закорачивает обмотку ВО, так как оба ее конца соединяются с массой и тока в ней нет. В результате магнитный поток сердечника 8, создаваемый обмоткой ПО, резко возрастает, и при силе тока 3,2...3,6 А контакт 10 замыкается.

В этот момент база Б транзистора через контакт 10, ярмо 11, соединительные проводники, затем вывод ВЗ соединяется с положительным выводом батареи, что вызывает резкое возрастание сопротивления между эмиттером Э и коллектором К. Транзистор закрывается, и сила тока снижается.

При замкнутых контактах реле РЗ удерживающая обмотка УО подключается к источникам тока через контакты. Так как магнитные потоки ее и обмотки ПО действуют в одном направлении, то намагничивание сердечника 8 возрастает, способствуя замыканию контактов 10.

В реле-регуляторе регулируют зазоры между якорем и сердечником и между контактами. Для этого перемещают держатель контакта и подгибают ограничитель хода якоря или натягивают (ослабляют) пружину за счет того, что подгибают хвостовик, на котором закреплен ее конец. Так как реле находится под напряжением, то касание корпуса металлическим инструментом вызывает короткое замыкание.

На тракторе Т-170 реле-регулятор Я-112Б встроен в генератор переменного тока и автоматически поддерживает напряжение в заданных пределах.

**Магнето** используют в качестве источника энергии для системы зажигания пусковых двигателей гусеничных тракторов. Оно создает импульсы тока высокого напряжения и подает его на свечу зажигания.

Магнето (рис. 16) представляет собой электрическую машину небольшой мощности и приводится в действие от вала пускового двигателя через полушлицы 8. Оно включает в себя двухполюсный постоянный магнит-ротор 10, вращающийся между двумя полюсными башмаками 9. Башмаки вверху соединены сердечником 21 катушки 5, имеющей первичную 20 и вторичную 22 обмотки. На диске 1 установлен прерыватель, состоящий из стойки 14, неподвижных 12 и подвижных 13 контактов, поджимаемых один к другому пружиной 15.

При вращении магнита-ротора 10 магнитный поток в сердечнике 21 изменяется по величине и направлению, наводя ЭДС в обмотках 20 и 22. В первичной обмотке ЭДС достигает нескольких десятков вольт, а во вторичной — 1000 В.

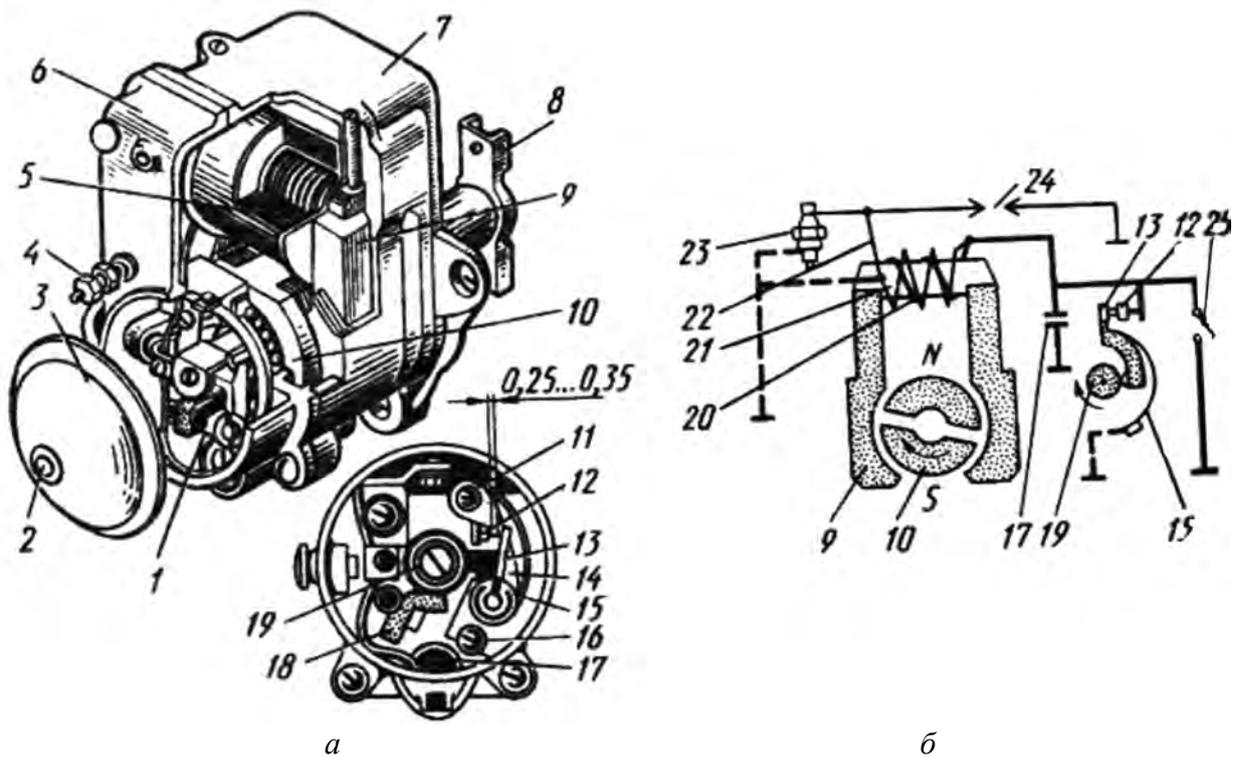


Рис. 16. Магнето: *а* — конструкция; *б* — схема работы: 1 — диск; 2 — винт крепления крышки; 3 — крышка прерывателя; 4 — вывод; 5 — катушка; 6 — крышка магнето; 7 — корпус; 8 — полумуфта; 9 — башмак; 10 — магнит-ротор; 11 — винт; 12, 13 — контакты; 14 — стойка; 15 — пружина подвижного контакта; 16 — эксцентрик; 17 — конденсатор; 18 — войлок; 19 — кулачок прерывателя; 20, 22 — обмотки; 21 — сердечник; 23 — свеча; 24 — предохранитель; 25 — выключатель

При замкнутых контактах 12 и 13 ЭДС наводится в первичной обмотке и ток низкого напряжения идет по цепи: обмотка 20 — контакты 12 и 13 — «масса» — обмотка 20. Ток, протекающий по первичной обмотке 20, создает магнитное поле и достигает наибольшего значения (2...3 А) при повороте магнита-ротора 10 на 8...10° от вертикали. При этом кулачок 19 прерывателя разъединяет контакты, что вызывает резкое прекращение подачи тока, уничтожение магнитного поля катушки и наведение в витках первичной обмотки ЭДС самоиндукции, достигающей 300...400 В, а во вторичной — 18...24 кВ. Ток высокого напряжения от обмотки 22 проходит по проводу к свече зажигания 23.

**Стартер** (рис. 17) предназначен для прямого пуска основного двигателя и пускового двигателя тракторов. Он представляет собой четырехполюсный электродвигатель постоянного тока, рассчитанный на кратковременный режим работы от аккумулятора. Стартеры различаются передаваемой мощностью.

Включают стартер из кабины машиниста. При этом включается тяговое реле, у которого под действием электромагнитного поля обмоток якорь 3 втягивается в катушку, увлекая за собой верхний конец рычага 2. Нижний конец рычага 2 перемещает вдоль вала якоря 13 стартера муфту свободного хода 1 и шестерню 14 до зацепления ее с венцом маховика двигателя. В конце хода якорь 3 через контактный диск 7 замыкает главные контакты 6,

включая тем самым стартер в цепь питания от аккумулятора. После пуска якорь 3 под действием пружин 4 и 8 возвращается в исходное положение, размыкает контакты 6 и обесточивает стартер. В процессе эксплуатации стартер не регулируют.

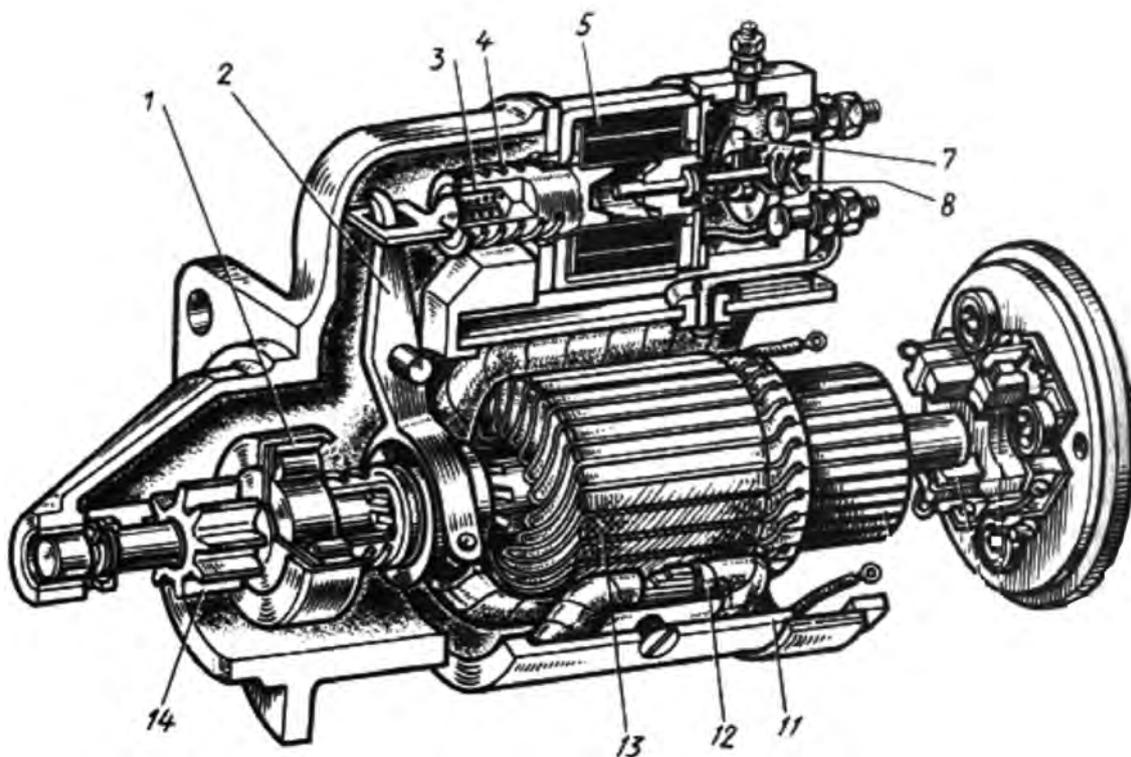


Рис. 17. Стартер: 1 — муфта; 2 — рычаг включения стартера; 3, 13 — якоря; 4, 8 — пружины; 5 — катушка; 6 — контакт; 7 — диск; 9 — щетки; 10 — коллектор; 11 — корпус; 12 — обмотка возбуждения; 14 — шестерня

**Система освещения и сигнализации** предназначена для работы машин в темное время суток, а также указания направления движения в транспортном режиме (для одноосных тягачей и колесных тракторов).

К системе освещения и сигнализации относят фары, подфарники, плафон кабины, лампы освещения приборов, задние фонари, указатели поворота.

Применяемые на тракторах и тягачах фары по принципу работы одинаковы, но различаются конструкцией, что связано, в частности, с разницей в скорости передвижения машины и, следовательно, с требованиями к дальности освещения.

На всех тракторах и тягачах установлены электрические или пневматические звуковые сигналы. Наиболее распространены электрические звуковые сигналы постоянного тока с электромагнитной системой.

### Содержание отчета

Отчет включает: название работы, основные группы электрооборудования, электросхему (см. рис. 12), основные элементы и описание их работы.

### **Контрольные вопросы**

1. Основные группы электрооборудования, применяемые в конструкции трактора, их назначение.
2. Принцип работы генератора переменного тока Г-306Г.
3. Принцип работы реле-регулятора РР-362.
4. Какой элемент электрооборудования применяется в качестве источника энергии для системы зажигания пусковых двигателей гусеничных тракторов?

### **Библиографический список**

1. *Добронравов, С. С.* Строительные машины и основы автоматизации / С. С. Добронравов, В. Г. Дронов. — М. : Высшая школа, 2003.
2. *Доценко, А. И.* Строительные машины / А. И. Доценко. — М. : Высшая школа, 2007.
3. *Иванченко, Ф. К.* Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин / Ф. К. Иванченко. — Киев : Вища школа, 1975. — 520 с.

План выпуска учеб.-метод. документ. 2013 г., поз. 52

Начальник РИО *М. Л. Песчаная*  
Зав. редакцией *О. А. Шипунова*  
Редактор *Н. Э. Фотина*  
Компьютерная правка и верстка *А. Г. Сиволобова*

Подписано в свет 28.11.2013.  
Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 2,6. Объем данных 6,1 Мбайт.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»  
Редакционно-издательский отдел  
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1  
<http://www.vgasu.ru>, [info@vgasu.ru](mailto:info@vgasu.ru)