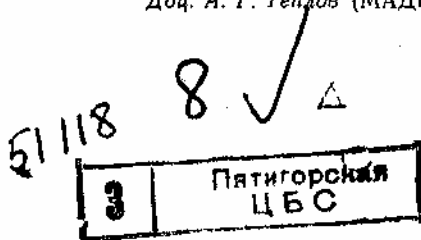


ББК 31.365:39.35  
П16  
УДК 621.43:629.113/114(075)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Рецензенты:

Предметная комиссия Московского автомеханического техникума.  
Доц. А. Г. Теплов (МАДИ)



Панкратов Г. П.  
П16 Двигатели внутреннего сгорания. Автомобили, тракторы и их эксплуатация.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Высш. школа, 1979.— 296 с., ил.

В пер.: 90 коп.

В книге излагаются основы технической термодинамики, устройство и принцип действия систем, агрегатов и механизмов двигателей внутреннего сгорания современных автомобилей и тракторов, а также основные положения по организации технического обслуживания автомобилей и тракторов в процессе их эксплуатации.

Второе издание переработано и дополнено лабораторно-практическими работами по двигателям внутреннего сгорания, автомобилям, тракторам и их эксплуатации.

Предназначается для учащихся строительных техникумов, обучающихся по специальности «Строительные машины и оборудование» и может служить практическим пособием для работников строительных организаций, связанных с эксплуатацией двигателей внутреннего сгорания, автомобилей и тракторов.

П 30305—330 6П2.24  
001(01)—79 БЗ—87—5—78 2303020200 ББК 31.365 : 39.35

Герман Петрович Панкратов

ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.  
АВТОМОБИЛИ, ТРАКТОРЫ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Редактор О. М. Смирницкая. Художник переплета В. Э. Казакевич. Худож. редактор Н. К. Гуртов. Технический редактор А. К. Нестерова. Корректор Г. А. Четкина

ИБ № 1992

Изд. № Стд.—292. Сдано в набор 04.01.79. Подл. в печать 05.06.79. Т-11157.  
Формат 60×90/16. Бум. тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.  
Объем 18,5 усл. печ. л. 19,61 уч.-изд. л. Тираж 20 000 экз. Заказ № 1726. Цена 90 коп.

Издательство «Высшая школа», Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/11.

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Хохловский пер., 7.

Второе издание настоящего учебника переработано и дополнено пятым разделом «Лабораторно-практические работы по двигателям внутреннего сгорания, автомобилям, тракторам и их эксплуатации».

Учебник содержит пять разделов.

В первом разделе «Основы технической термодинамики» рассмотрены основы технической термодинамики.

Во втором разделе «Двигатели внутреннего сгорания» подробно изложена теория, устройство и принцип действия систем и механизмов двигателей внутреннего сгорания.

В третьем разделе «Автомобили и тракторы» описано устройство и принцип действия систем, агрегатов и механизмов автомобилей и тракторов.

В четвертом разделе «Техническое обслуживание грузовых автомобилей, колесных тягачей и тракторов в процессе их эксплуатации» изложена система технического обслуживания автомобилей и тракторов.

В пятом разделе «Лабораторно-практические работы по двигателям внутреннего сгорания, автомобилям, тракторам и их эксплуатации» приведена методика и техника выполнения лабораторно-практических работ.

Устройство и принцип действия систем, агрегатов и механизмов рассмотрены на примерах современных автомобилей и тракторов, которые получили широкое применение в качестве транспортных машин на строительстве.

В учебнике использована Международная система единиц (СИ). Автор выражает благодарность кандидатам технических наук А. Г. Теплову и А. Г. Пузанкову за ценные замечания, сделанные ими при рецензировании книги.

Автор

номическими и эксплуатационными качествами, работающие на повышенных скоростях в тяжелых дорожных условиях.

Пятилетним планом развития народного хозяйства на 1976—1980 гг. предусмотрен выпуск в 1980 г. 580—600 тыс. тракторов, а также увеличение выпуска тракторов типов К-700, Т-150 и тракторов повышенной мощности.

На июльском (1978 г.) Пленуме ЦК КПСС большое внимание уделено вопросам сельскохозяйственной техники — тракторам, автомобилям и другим машинам. В новой пятилетке предусмотрено значительное увеличение выпуска современных энергооснащенных тракторов и специализированных грузовых автомобилей.

Глава I

ПАРАМЕТРЫ СОСТОЯНИЯ РАБОЧЕГО ТЕЛА  
И ЗАКОНЫ ИДЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ

§ 1. Основные параметры состояния рабочего тела

Технической термодинамикой называется наука, изучающая свойства тепловой энергии и законы взаимного превращения тепловой и механической энергии. Она является основой теории двигателей внутреннего сгорания.

Процесс преобразования тепловой энергии в механическую в д. в. с. осуществляется с помощью рабочего тела. Рабочим телом в д. в. с. являются газообразные продукты сгорания топлива. Свойства рабочего тела зависят от его состояния. Состояние рабочего тела определяется рядом параметров, основными из которых являются: удельный объем, давление и температура.

Удельный объем ( $\text{м}^3/\text{кг}$ ) представляет собой объем единицы массы вещества

$$v = V/M, \quad (1)$$

где  $V$  — объем тела,  $\text{м}^3$ ;  $M$  — масса вещества, кг.

Величину, обратную удельному объему, называют *плотностью*. Плотность ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) есть масса единицы объема

$$\rho = M/V. \quad (2)$$

Из уравнений (1) и (2) видно, что удельный объем и плотность тела — величины взаимно обратные, т. е.

$$v\rho = 1.$$

Давление ( $\text{Па}$ ) есть сила, приходящаяся на единицу поверхности:

$$p = P/F, \quad (3)$$

где  $P$  — сила, Н;  $F$  — поверхность,  $\text{м}^2$ .

Различают абсолютное и избыточное давления. Под абсолютным давлением понимают действительное давление рабочего тела внутри сосуда, а под избыточным — разность между абсолютным и баро-

метрическим давлением. Абсолютное давление может быть больше или меньше атмосферного (барометрического).

Если абсолютное давление больше атмосферного, то

$$p_{\text{абс}} = p_{\text{изб}} + p_{\text{бар}}, \quad (4)$$

где  $p_{\text{изб}}$  — избыточное давление, которое измеряется манометром;  $p_{\text{бар}}$  — барометрическое (атмосферное) давление, которое измеряется барометром.

Если абсолютное давление меньше атмосферного, то

$$p_{\text{абс}} = p_{\text{бар}} - p_{\text{разр}}, \quad (5)$$

где  $p_{\text{разр}}$  — разность давления атмосферного и абсолютного, обычно измеряемая вакуумметром, называется *разрежением*.

Давление можно измерять и высотой ртутного или водяного столба. Паскаль (Па) соответствует  $0,75 \cdot 10^{-5}$  м рт. ст. при температуре ртути  $0^\circ\text{C}$ , или  $10,2 \cdot 10^{-5}$  м вод. ст.

При измерении давления высотой ртутного столба следует иметь в виду, что если температура ртути отличается от  $0^\circ\text{C}$ , то показание прибора (барометра, манометра) необходимо привести к  $0^\circ\text{C}$ . Обычно показания прибора приводят к  $0^\circ\text{C}$  по формуле

$$H_0 = H(1 - 0,000172t),$$

где  $H_0$  — высота ртутного столба при  $0^\circ\text{C}$ ;  $H$  — высота ртутного столба при  $t, ^\circ\text{C}$ ; 0,000172 — коэффициент объемного расширения ртути.

*Температура* представляет собой степень нагретости рабочего тела. Температуру измеряют или по международной стоградусной шкале — шкале Цельсия с обозначением  $t, ^\circ\text{C}$ , или по абсолютной шкале Кельвина с обозначением  $T, \text{K}$ .

Соотношение между температурой в градусах Кельвина ( $T, \text{K}$ ) и в градусах Цельсия ( $t, ^\circ\text{C}$ ) по обеим шкалам следующее:

$$T = t + 273. \quad (6)$$

## § 2. Понятие об идеальном газе

При изучении свойств рабочего тела в технической термодинамике вводят понятие идеального газа. Под *идеальным газом* понимают такой газ, у которого отсутствуют силы сцепления между молекулами, а молекулы представляют собой материальные точки, объем которых бесконечно мал по сравнению с объемом, занимаемым газом. Реальный газ отличается от идеального тем, что у него молекулы имеют конечный объем и между ними действуют силы сцепления.

Газообразные продукты сгорания топлива, являясь рабочим телом в д. в. с., по своим свойствам близки к идеальным газам, поэтому в тепловых расчетах допустимо считать газообразные продукты сгорания идеальными газами.

## § 3. Основные законы идеальных газов

**Закон Бойля — Мариотта.** При постоянной температуре удельные объемы идеального газа обратно пропорциональны давлениям, т. е. при  $T = \text{const}$ :

$$v_1/v_2 = p_2/p_1, \quad (7)$$

где  $v_1$  и  $v_2$  — удельные объемы газа в начальном и конечном состояниях;  $p_1$  и  $p_2$  — абсолютные давления газа в начальном и конечном состояниях.

Из равенства (7) следует:

$$p_1 v_1 = p_2 v_2 = p v = \text{const}. \quad (8)$$

**Закон Гей-Люссака.** При постоянном абсолютном давлении удельные объемы идеального газа прямо пропорциональны абсолютным температурам, т. е. при  $p = \text{const}$ :

$$v_1/v_2 = T_1/T_2. \quad (9)$$

Из равенства (9) получаем

$$v_1/T_1 = v_2/T_2 = v/T = \text{const}. \quad (10)$$

**Закон Авогадро.** Все идеальные газы при одинаковых температурах и давлениях содержат в равных объемах одно и то же число молекул.

Из закона Авогадро следует, что плотности газов, находящихся при одинаковых температурах и давлениях, прямо пропорциональны их молекулярным массам:

$$\rho_1/\rho_2 = \mu_1/\mu_2, \quad (a)$$

где  $\mu_1, \mu_2$  — молекулярные массы газов.

Так как плотности газов обратно пропорциональны их удельным объемам, то равенство (a) можно записать в следующем виде:

$$v_2/v_1 = \mu_1/\mu_2$$

или

$$\mu_1 v_1 = \mu_2 v_2 = \mu v = \text{const}. \quad (11)$$

Произведение  $\mu v$  есть объем одного киломоля. *Киломоль* (кмоль) называют количество вещества, масса которого в килограммах численно равна его молекулярной массе. Киломоли различных идеальных газов при одинаковых температурах и давлениях занимают одинаковые объемы.

Объем одного киломоля при нормальных условиях для всех газов равен  $22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$ , т. е.  $\mu v = 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$ .

## § 4. Уравнение состояния идеального газа и универсальная газовая постоянная

Уравнение состояния газа устанавливает зависимость между основными параметрами состояния газов  $p, v$  и  $T$ . Зависимость между этими параметрами, характеризующими состояние газов, устанавливается из законов Бойля — Мариотта и Гей-Люссака.

Предположим, что идеальный газ массой 1 кг с начальными параметрами  $p_1$ ,  $v_1$  и  $T_1$  переходит в новое состояние, характеризуемое параметрами  $p_2$ ,  $v_2$  и  $T_2$ . Этот переход происходит сначала при постоянном давлении  $p_1$  до некоторого промежуточного объема  $v'$ , а затем при постоянной температуре  $T_2$  до конечного объема  $v_2$ .

Изменение состояния газа при постоянном давлении, согласно закону Гей-Люссака,

$$v_1/v' = T_1/T_2,$$

откуда

$$v' = v_1 T_2 / T_1. \quad (a)$$

Изменение состояния газа при постоянной температуре, согласно закону Бойля — Мариотта,

$$v'/v_2 = p_2/p_1,$$

откуда

$$v' = p_2 v_2 / p_1. \quad (б)$$

Приравнивая уравнения (а) и (б), получим

$$v_1 T_2 / T_1 = p_2 v_2 / p_1. \quad (в)$$

Умножив обе части уравнения (в) на  $p_1/T_2$ , получим

$$p_1 v_1 T_2 / (T_1 T_2) = p_1 p_2 v_2 / (p_1 T_2),$$

или

$$p_1 v_1 / T_1 = p_2 v_2 / T_2 = p v / T = \text{const}. \quad (12)$$

Постоянную величину const называют *удельной газовой постоянной* и обозначают буквой R, тогда уравнение (12) примет вид

$$p v / T = R$$

или

$$p v = R T. \quad (13)$$

Уравнение (13) называют *уравнением состояния идеального газа* или *уравнением Клапейрона*. Уравнение (13) называют также *характеристическим уравнением для 1 кг массы газа*.

Удельная газовая постоянная имеет различные значения для отдельных газов, величины которых берут из таблиц или вычисляют.

Размерность удельной газовой постоянной определяется из уравнения (13).

$$[R] = [p v / T] = \text{Па} \cdot \text{м}^3 / (\text{кг} \cdot \text{К}) = \text{Дж} / (\text{кг} \cdot \text{К}).$$

Уравнение состояния для произвольного количества идеального газа получается из (13) умножением обеих частей его на массу газа M с учетом, что  $V = v M$ , где V — объем газа,  $\text{м}^3$ , т. е.

$$p V = M R T. \quad (14)$$

Уравнение состояния для 1 кмоль газа получается из (13) умножением обеих частей его на молекулярную массу  $\mu$ , т. е.

$$\mu p v = \mu R T. \quad (15)$$

Из (15) получаем

$$\mu R = \mu p v / T. \quad (16)$$

Величина  $\mu R$  для всех идеальных газов одинакова и ее называют *универсальной газовой постоянной*.

Значение универсальной газовой постоянной при нормальных условиях, т. е.  $p = p_0 = 101\,325$  Па;  $T = T_0 = 273$  К и  $\mu v = \mu v_0 = 22,4$   $\text{м}^3/\text{кмоль}$ , можно определить из уравнения (16):

$$R_0 = \mu R = 22,4 \cdot 101\,325 / 273 = 8314,3 \text{ Дж} / (\text{кмоль} \cdot \text{К}). \quad (17)$$

Из (17) определим удельную газовую постоянную

$$R = 8314,3 / \mu \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{К}).$$

## Глава II

### ГАЗОВЫЕ СМЕСИ

#### § 5. Понятие о газовой смеси

Газообразные продукты сгорания топлива в д. в. с. неоднородны по своему составу и представляют собой газовую смесь, т. е. смесь химически не связанных между собой газов. Каждый газ, входящий в смесь, ведет себя так, как будто он один занимает весь объем, т. е. свободно распространяется по всему объему сосуда, имея температуру, одинаковую с температурой всей смеси, и оказывает на стенки сосуда свое собственное давление, называемое *парциальным*.

Газовые смеси подчиняются тем же законам и уравнениям, что и однородные идеальные газы.

#### § 6. Закон Дальтона и состав газовой смеси

Основной закон для газовых смесей — закон Дальтона, состоящий в том, что при отсутствии химических реакций давление газовой смеси равно сумме парциальных давлений отдельных газов, составляющих смесь, т. е.

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n = \sum_1^n p_i, \quad (18)$$

где  $p$  — давление газовой смеси;  $p_1, p_2, \dots, p_n$  — парциальные давления газов, составляющих смесь.

Состав газовой смеси обычно задается массовыми ( $m_i$ ) или объемными ( $r_i$ ) долями.

Массовой долей газа называют отношение массы каждого отдельного газа, входящего в смесь, к массе всей смеси, т. е.

$$m_1 = M_1/M; \quad m_2 = M_2/M; \quad \dots; \quad m_n = M_n/M, \quad (19)$$

где  $M_1, M_2, \dots, M_n$  — массы отдельных газов, составляющих смесь, кг;  $M$  — масса смеси, кг.

Масса смеси равна сумме масс газов, составляющих смесь, т. е.

$$M = M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_n. \quad (20)$$

Разделив обе части уравнения (20) на  $M$  и учтя, что отношения  $M_1/M, M_2/M, \dots, M_n/M$  есть массовые доли газов, получим

$$1 = m_1 + m_2 + \dots + m_n = \sum_1^n m_i, \quad (21)$$

т. е. сумма массовых долей газов, входящих в смесь, равна единице.

Объемной долей газов называют отношение парциального (приведенного) объема каждого отдельного газа, входящего в смесь, к объему всей смеси, т. е.

$$r_1 = V_1/V; \quad r_2 = V_2/V; \quad \dots; \quad r_n = V_n/V, \quad (22)$$

где  $V_1, V_2, \dots, V_n$  — парциальные (приведенные) объемы газов, составляющих смесь,  $m^3$  (парциальным или приведенным объемом отдельного газа называется такой объем, который имел бы этот газ до смешения при температуре и давлении смеси);  $V$  — объем смеси,  $m^3$ .

Объем смеси равен сумме парциальных объемов газов, составляющих смесь, т. е.

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n. \quad (23)$$

Разделив обе части уравнения (23) на  $V$ , получим

$$1 = r_1 + r_2 + \dots + r_n = \sum_1^n r_i, \quad (24)$$

т. е. сумма объемных долей газов, составляющих смесь, равна единице.

Массовые доли в объемные переводят по формуле

$$r_i = m_i (\rho_i/\rho). \quad (25)$$

Объемные доли в массовые переводят по формуле

$$m_i = r_i (\rho_i/\rho). \quad (26)$$

### § 7. Плотность, удельный объем и средняя молекулярная масса смеси газов

Плотность газовой смеси  $\rho_{см}$  можно определить по заданному ее составу, т. е. через массовые или объемные доли.

Чтобы определить плотность смеси через объемные доли, используем уравнение (20), в котором заменим  $M, M_1, M_2, \dots, M_n$  в соот-

ветствии с формулой (2) на  $M = \rho_{см}V; M_1 = \rho_1V_1; M_2 = \rho_2V_2, \dots$ , тогда

$$\rho_{см}V = \rho_1V_1 + \rho_2V_2 + \dots + \rho_nV_n. \quad (a)$$

Разделив обе части уравнения (a) на  $V$  и учитывая, что отношения  $V_1/V, V_2/V, \dots, V_n/V$  есть объемные доли газов, получим

$$\rho_{см} = \rho_1r_1 + \rho_2r_2 + \dots + \rho_nr_n = \sum_1^n \rho_i r_i. \quad (27)$$

Чтобы определить плотность смеси через массовые доли, воспользуемся уравнением (23), в котором заменим  $V, V_1, V_2, \dots, V_n$  соответственно на  $V = M/\rho_{см}; V_1 = M_1/\rho_1; V_2 = M_2/\rho_2; \dots$ , тогда

$$M/\rho_{см} = M_1/\rho_1 + M_2/\rho_2 + \dots + M_n/\rho_n. \quad (6)$$

Разделив обе части равенства (6) на  $M$  и учтя, что отношения  $M_1/M, M_2/M, \dots, M_n/M$  есть массовые доли газов, получим

$$1/\rho_{см} = m_1/\rho_1 + m_2/\rho_2 + \dots + m_n/\rho_n,$$

откуда

$$\rho_{см} = 1/(m_1/\rho_1 + m_2/\rho_2 + \dots + m_n/\rho_n) = 1/\sum_1^n (m_i/\rho_i). \quad (28)$$

Удельный объем смеси  $v_{см}$  определяют как величину, обратную плотности смеси  $\rho_{см}$ .

Удельный объем смеси, заданной объемными долями:

$$v_{см} = 1/\rho_{см} = 1/\sum_1^n (\rho_i r_i). \quad (29)$$

Удельный объем смеси, заданной массовыми долями:

$$v_{см} = 1/\rho_{см} = \sum_1^n (m_i/\rho_i). \quad (30)$$

Под средней, или кажущейся, молекулярной массой смеси  $\mu_{см}$  понимают среднюю массу действительных молекулярных масс отдельных газов, составляющих смесь.

Чтобы определить среднюю молекулярную массу смеси, заданную объемными долями, используем уравнение (27), в котором заменим плотности соответственно на молекулярные массы газов, так как плотности газов пропорциональны молекулярным массам, тогда

$$\rho_{см} = \mu_1 r_1 + \mu_2 r_2 + \dots + \mu_n r_n = \sum_1^n \mu_i r_i. \quad (31)$$

Чтобы определить среднюю молекулярную массу смеси через массовые доли, используем уравнение (28), в котором заменим плотности на молекулярные массы газов, тогда

$$\mu_{см} = 1/(m_1/\nu_1 + m_2/\nu_2 + \dots + m_n/\nu_n) = 1/\sum_1^n (m_i/\nu_i). \quad (32)$$

### § 8. Газовая постоянная смеси газов и парциальные давления газов

Газовую постоянную смеси газов  $R_{см}$  можно определить или по известному значению средней молекулярной массы смеси, или по известному массовому составу смеси и газовым постоянным отдельных газов, составляющих смесь.

Газовая постоянная смеси по известному значению  $\mu_{см}$

$$R_{см} = R_0/\mu_{см} = 8314,3/\mu_{см}. \quad (33)$$

Чтобы определить газовую постоянную смеси по известному массовому составу смеси и газовым постоянным отдельных газов, составляющих смесь, в уравнении (32) заменим  $\mu_{см}$ ,  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ , ...,  $\mu_n$  соответственно на  $\mu_{см} = R_0/R_{см}$ ;  $\mu_1 = R_0/R_1$ ; ..., тогда

$$R_0/R_{см} = 1/(m_1R_1/R_0 + m_2R_2/R_0 + \dots + m_nR_n/R_0).$$

После соответствующих преобразований равенство примет вид

$$R_{см} = m_1R_1 + m_2R_2 + \dots + m_nR_n = \sum_1^n m_iR_i. \quad (34)$$

Парциальное давление газа, входящего в газовую смесь, можно определить по заданному ее составу, т. е. через массовые или объемные доли.

Чтобы определить парциальное давление любого газа, входящего в смесь, заданную объемными долями, используем закон Бойля — Мариотта, т. е.

$$p_i V = p V_i,$$

откуда

$$p_i = p(V_i/V) = p r_i. \quad (35)$$

Если нужно определить парциальное давление любого газа, входящего в смесь, заданную массовыми долями, то воспользуемся уравнением Клапейрона, т. е.

$$p_i = M_i R_i T / V = p [M_i R_i / (M R_{см})] = p m_i (R_i / R_{см}). \quad (36)$$

### § 9. Понятие о термодинамическом процессе. Обратимые и необратимые процессы

Под термодинамическим процессом понимают последовательное изменение состояния рабочего тела. Изменение состояния рабочего тела происходит под влиянием механического (сжатие или расширение рабочего тела) или термического (нагрев или охлаждение рабочего тела) воздействия окружающей среды.

Различают равновесные и неравновесные процессы. Под равновесным понимают процесс, который протекает с бесконечно малой скоростью так, что в каждый момент времени в рабочем теле успевает установиться равновесное состояние.

Основное условие равновесного процесса — механическое и термическое равновесие, т. е. одинаковость давления и температуры по всей массе рабочего тела, а также отсутствие трения. Равновесный процесс есть процесс идеальный. Равновесные процессы называют *обратимыми*, так как они могут протекать сначала в прямом, а затем в обратном направлении через одну и ту же последовательность равновесных состояний. При этом вся система тел, принимающих участие в процессах, возвращается в исходное состояние.

Под неравновесным процессом понимают все действительные процессы (реальные), в которых рабочее тело проходит через неравновесное состояние. Неравновесные процессы называют *необратимыми*, так как они протекают с конечными скоростями и, следовательно, давления и температуры по всей массе рабочего тела не могут быть одинаковыми в каждый момент времени.

В технической термодинамике изучают главным образом обратимые процессы, которые подчиняются уравнению состояния идеального газа.

При изучении необратимых процессов (действительных) можно пользоваться результатами исследований обратимых процессов, вводя опытные коэффициенты, учитывающие отклонения необратимых процессов от обратимых.

### § 10. Графическое изображение процесса в $\bar{p}$ - $v$ -координатах. Работа расширения или сжатия газа

Обратимые (равновесные) процессы изображают графически в прямоугольной системе  $\bar{p}$  —  $v$ -координат. Рассмотрим процесс изменения параметров рабочего тела в цилиндре со свободно перемещающимся поршнем (рис. 1). Допустим, что в цилиндре находится 1 кг газа с начальными параметрами  $p_1$ ,  $v_1$ ,  $T_1$ . Это состояние газа в  $\bar{p}$  —  $v$ -координатах изображается точкой 1. Давление газа на поршень в начальном состоянии уравновешивается внешней силой  $P_{шт}$ , приложенной к штоку поршня, и давлением атмосферы. При умень-

## § 11. Внутренняя энергия газа. Энтальпия газа

Под внутренней энергией газа понимают сумму внутренней кинетической энергии и внутренней потенциальной энергии.

Величина внутренней энергии газа зависит от его состояния. При изменении состояния газа изменяется и его внутренняя энергия. Но так как состояние газа определяется удельным объемом, давлением и температурой, то величина внутренней энергии есть функция этих параметров. Следовательно, внутренняя энергия — параметр состояния газа.

В идеальном газе, как известно, отсутствуют силы сцепления между молекулами, следовательно, отсутствует и потенциальная энергия, поэтому изменение внутренней энергии идеального газа зависит только от изменения внутренней кинетической энергии, определяемой температурой газа. Из сказанного следует, что изменение внутренней энергии не зависит от характера промежуточных процессов, а зависит от параметров начального и конечного состояний газов.

Изменение внутренней энергии 1 кг массы идеального газа зависит от начальной и конечной температур газа, т. е. (Дж/кг)

$$\Delta u = u_2 - u_1 = f(T_2) - f(T_1), \quad (39)$$

где  $u_1$  и  $u_2$  — величины внутренней энергии 1 кг массы газа в начальном и конечном состояниях.

Для  $M$  кг газа уравнение (39) примет вид

$$\Delta U = U_2 - U_1 = f(T_2) - f(T_1). \quad (40)$$

Газ, находящийся в любом состоянии, обладает определенным запасом внутренней и потенциальной энергий. Потенциальная энергия пропорциональна величине давления и величине удельного объема и равна  $pv$ . Произведение  $pv$  численно равно работе, которую следует совершить, чтобы ввести газ с удельным объемом  $v$  в среду с давлением  $p$ . Величину суммы внутренней энергии  $u$  и потенциальной энергии  $pv$  называют *энтальпией*, которую обозначают буквой  $i$  и выражают уравнением (для 1 кг массы в Дж/кг)

$$i = u + pv \quad (41)$$

или для  $M$  кг газа (Дж)

$$I = U + pV. \quad (42)$$

Как видно из уравнения (41), энтальпия определяется тремя параметрами состояния:  $u$ ,  $p$  и  $v$ , поэтому величина  $i$  тоже параметр состояния. Следовательно, изменение энтальпии не зависит от характера процесса, а зависит от параметров начального и конечного состояний газов.

Изменение энтальпии 1 кг массы идеального газа зависит от начальной и конечной температур газа, т. е.

$$\Delta i = i_2 - i_1, \quad (43)$$

где  $i_2$  и  $i_1$  — величины энтальпии в конечном и начальном состояниях газов, Дж/кг.

шени внешней силы поршень под действием давления газов начнет перемещаться в цилиндре вправо, увеличивая объем газа до  $v_2$  и уменьшая давление и температуру соответственно до  $p_2$  и  $T_2$ . Состояние газа в конце процесса в  $p-v$ -координатах изобразится

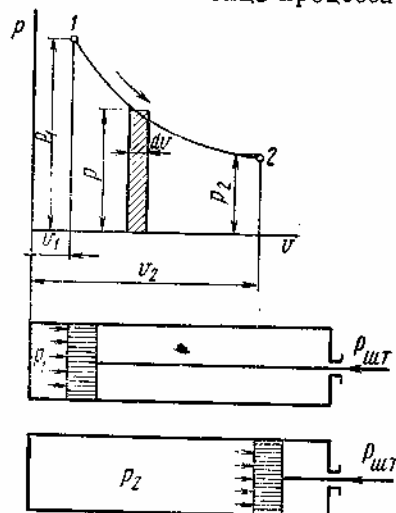


Рис. 1. Процесс расширения газа в  $p-v$ -диаграмме

точкой 2. Взяв ряд промежуточных состояний газа между точками 1 и 2 и соединив их, получим кривую 12, которая отражает процесс расширения (сжатия) газа.

Чтобы определить работу расширения или сжатия газа, разобьем процесс расширения, изображенный кривой 12 (рис. 1), на бесконечно малые участки, в пределах которых давление принимают постоянным. Тогда величина элементарной работы  $dl$  при бесконечно малом перемещении поршня  $dh$  равна произведению силы на путь, т. е.

$$dl = pFdh,$$

где  $p$  — давление газа на единицу площади поршня, Па;  $F$  — площадь поршня, м<sup>2</sup>.

Так как  $Fdh = dv$ , где  $dv$  — приращение объема в элементарном процессе, то

$$dl = pdv. \quad (a)$$

Интегрируя уравнение (a) в пределах от начального  $v_1$  до конечного  $v_2$  удельных объемов газа, получим значение полной работы расширения или сжатия 1 кг газа, т. е.

$$l = \int_{v_1}^{v_2} pdv. \quad (37)$$

Работа расширения или сжатия газа массой  $M$  кг (Дж)

$$L = Ml. \quad (38)$$

В  $p-v$ -координатах (см. рис. 1) элементарная работа характеризуется площадью заштрихованного прямоугольника, а полная работа расширения или сжатия — площадью, расположенной под кривой процесса и ограниченной двумя ординатами и осью абсцисс. Работа расширения газа считается положительной, а работа при сжатии — отрицательной.

## § 12. Первый закон термодинамики

Первый закон термодинамики — одна из формулировок универсального закона сохранения и превращения энергии, открытого в 1748 г. М. В. Ломоносовым. Этот закон устанавливает, что взаимный переход теплоты в работу и работы в теплоту совершается в равнозначных количествах, т. е.

$$Q=L, \quad (44)$$

где  $Q$  — количество теплоты, Дж;  $L$  — количество работы, Дж.

Для установления аналитического выражения первого закона термодинамики рассмотрим процесс изменения состояния газа. Пусть в цилиндре со свободно перемещающимся поршнем находится 1 кг газа. Подведем к нему бесконечно малое количество тепла  $dq$ . В результате подвода тепла состояние газа изменится, т. е. температура и объем газа увеличатся и поршень займет новое положение. Повышение температуры газа указывает на увеличение его внутренней кинетической энергии  $du_k$ . Увеличение объема газа и связанное с этим увеличение расстояний между молекулами свидетельствует об увеличении внутренней потенциальной энергии газа  $du_n$ . Изменение состояния газа сопровождается преодолением сил внешнего давления, т. е. совершением внешней механической работы  $dl$ . Следовательно, подведенная к газу теплота  $dq$  (Дж/кг) была израсходована на изменение внутренней кинетической и потенциальной энергии и на совершение внешней механической работы.

Согласно закону сохранения и превращения энергии,

$$dq=du_k+du_n+dl, \quad (45)$$

где  $du_k+du_n=du$  — изменение внутренней энергии, Дж/кг, или

$$dq=du+dl. \quad (46)$$

Уравнение (46) представляет собой аналитическое выражение первого закона термодинамики и показывает, что подведенное к газу тепло расходуется на изменение внутренней энергии и на совершение внешней механической работы.

Проинтегрировав (46), получим

$$q=\Delta u+l, \quad (47)$$

где  $\Delta u$  — изменение внутренней энергии 1 кг массы газа, Дж/кг.

### Глава IV ТЕПЛОЕМКОСТЬ ГАЗОВ

#### § 13. Основные определения. Теплоемкости: массовая, объемная и мольная

Под удельной теплоемкостью, или просто теплоемкостью, понимают то количество тепла, которое следует подвести к единице количества вещества (или отвести от него) для нагревания его на

1 град. Так как единицами количества вещества для газов могут быть 1 кг, 1 м<sup>3</sup> и 1 кмоль (при нормальных физических условиях), то различают три вида теплоемкостей: *массовую*, отнесенную к 1 кг массы и обозначаемую через  $c$ ; *объемную*, отнесенную к 1 м<sup>3</sup> газа при нормальных физических условиях и обозначаемую через  $c'$ ; и *мольную*, отнесенную к 1 кмоль газа и обозначаемую через  $\mu c$ .

Массовая теплоемкость выражается в кДж/(кг·К), объемная — в кДж/(м<sup>3</sup>·К) и мольная — в кДж/(кмоль·К).

Между массовой, объемной и мольной теплоемкостями существуют следующие зависимости:  $c=c'/\rho=c'v$ ;  $c=\mu c/\mu$ ;  $c'=\mu c/22,4$ .

#### § 14. Средняя и истинная теплоемкости. Определение количества тепла

Для идеальных газов теплоемкость не зависит от давления, а зависит от температуры, атомности и условий нагрева или охлаждения, причем с увеличением температуры газа его теплоемкость повышается.

Так как теплоемкости — переменные величины, то различают среднюю и истинную теплоемкости.

Под *средней теплоемкостью* понимают отношение количества тепла  $q$ , подведенное к единице количества вещества (газа), к изменению его температуры от  $t_1$  до  $t_2$  при условии, что разность температур  $t_2-t_1$  является величиной конечной.

Средние массовая, объемная и мольная теплоемкости соответственно обозначаются через  $c_m$ ,  $c'_m$  и  $\mu c_m$ .

Из определения средней теплоемкости следует, что если температура газа повышается от  $t_1$  до  $t_2$ , то его средняя теплоемкость [кДж/(кг·К)]

$$c_m \Big|_{t_1}^{t_2} = q/(t_2 - t_1). \quad (48)$$

Под *истинной теплоемкостью* понимают теплоемкость газа, соответствующую бесконечно малому изменению температуры  $dt$ , т. е.

$$c=dq/dt, \quad (49)$$

откуда

$$dq=c dt.$$

Количество тепла, которое следует сообщить 1 кг газа при его нагревании от температуры  $t_1$  до  $t_2$ .

$$q = \int_{t_1}^{t_2} c dt. \quad (50)$$

При определении количества подведенного тепла пользуются значениями средней теплоемкости газа.



Если известна средняя теплоемкость газа для заданного интервала температур, то количество тепла, которое сообщается 1 кг газа, определяется из уравнения (48), т. е.

$$q = c_m \int_{t_1}^{t_2} (t_2 - t_1). \quad (51)$$

Так как значения средних теплоемкостей для различных газов обычно даются в интервале температур от 0 до  $t$  в форме таблиц, то количество тепла  $q$ , которое сообщается 1 кг газа при его нагревании от температуры  $t_1$  до  $t_2$ , можно определить, пользуясь таблицами средних теплоемкостей.

### § 15. Теплоемкости при постоянном давлении и постоянном объеме

Теплоемкость газов зависит не только от их температуры и атомности, но и от тех условий, при которых осуществляются процессы нагрева или охлаждения. Процесс нагрева газа или его охлаждения может происходить как при постоянном давлении, так и при постоянном объеме.

Теплоемкость в процессе при постоянном давлении называют *изобарной* и обозначают через  $c_p$ , а теплоемкость при постоянном объеме — *изохорной* и обозначают через  $c_v$ .

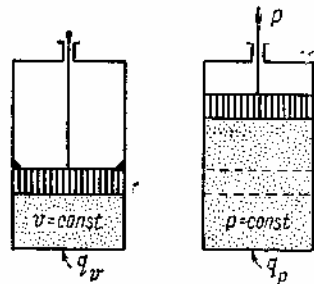


Рис. 2. Процессы подвода тепла к газу

Изобарная и изохорная теплоемкости газа могут быть массовыми, объемными и мольными и соответственно обозначаются через  $c_p, c_v, c_p', c_v', \mu c_p$  и  $\mu c_v$ .

Между изобарной и изохорной теплоемкостями идеальных газов имеется определенная зависимость, которая устанавливается уравнением Майера, вывод которого приведен ниже.

Пусть в двух одинаковых по размерам цилиндрах (рис. 2) находится по 1 кг одного и того же газа при равной начальной температуре  $t_1$ . При подводе тепла возросла температура газа в обоих цилиндрах до  $t_2$  и объем газа во втором цилиндре увеличился, а в первом остался без изменения. Количество тепла, потребное для нагрева газа в цилиндрах до температуры  $t_2$ , различно. Это объясняется тем, что в первом цилиндре все тепло, сообщенное газу, идет лишь на увеличение внутренней энергии газа, тогда как во втором цилиндре тепло расходуется не только на увеличение внутренней энергии, но и на совершение работы расширения. Следовательно, количество подведенного тепла  $q_p$  к газу при постоянном давлении больше, чем количество тепла  $q_v$ , подведенного при постоянном объеме, т. е.

$$q_p - q_v = l, \quad (52)$$

где  $l$  — работа расширения 1 кг газа.

Работа расширения газа (Дж/кг) во втором цилиндре равна давлению газа  $p$ , действующему на поршень, умноженному на изменение удельного объема  $v_2 - v_1$ , т. е.

$$l = p(v_2 - v_1). \quad (a)$$

Количество тепла, затрачиваемого на нагревание 1 кг газа при постоянном давлении и постоянном объеме, соответственно

$$q_p = c_p(T_2 - T_1) \quad \text{и} \quad q_v = c_v(T_2 - T_1).$$

Подставляя значения  $q_p, q_v$  и  $l$  в уравнение (52), получим

$$c_p(T_2 - T_1) - c_v(T_2 - T_1) = p(v_2 - v_1). \quad (6)$$

Так как  $p(v_2 - v_1) = R(T_2 - T_1)$ , то равенство (6) примет вид

$$c_p(T_2 - T_1) - c_v(T_2 - T_1) = R(T_2 - T_1).$$

Сокращая на  $(T_2 - T_1)$ , получим

$$c_p - c_v = R. \quad (53)$$

Эту зависимость между  $c_p$  и  $c_v$  и называют *уравнением Майера*. Умножив обе части уравнения (53) на молекулярную массу  $\mu$ , получим

$$\mu c_p - \mu c_v = \mu R, \quad (54)$$

где  $\mu R$  — универсальная газовая постоянная, которая равна 8314,3 Дж/(кмоль·К), тогда  $\mu c_p - \mu c_v = 8,3$  кДж/(кмоль·К).

В термодинамике широко используют коэффициент  $k$ , называемый *показателем адиабаты*, который представляет собой отношение изобарной теплоемкости к изохорной, т. е.

$$k = c_p / c_v = \mu c_p / (\mu c_v). \quad (55)$$

Для идеальных газов  $k$  — постоянная величина, а для реальных газов — переменная, зависящая от температуры и давления. Зная  $k$ , можно получить математическое выражение для вычисления  $c_p$  и  $c_v$ . Для этого в уравнение (53) вместо  $c_v$  подставим  $c_p/k$ , тогда

$$c_p = [k/(k-1)] R. \quad (56)$$

Так как  $c_p = k c_v$ , то, подставляя в уравнение (53) вместо  $c_p$  это значение, получим

$$c_v = R/(k-1). \quad (57)$$

### § 16. Теплоемкость газовой смеси

Теплоемкость газовой смеси определяют исходя из ее состава и теплоемкости отдельных газов.

Если состав газовой смеси задан массовыми долями, то массовая теплоемкость смеси газов

$$c_{см} = c_1 m_1 + c_2 m_2 + \dots + c_n m_n = \sum_1^n c_i m_i. \quad (58)$$

где  $c_1, c_2, \dots, c_n$  — массовые теплоемкости отдельных газов, входящих в смесь;  $m_1, m_2, \dots, m_n$  — массовые доли отдельных газов, входящих в смесь.

Если состав газовой смеси задан объемными долями, то объемная теплоемкость смеси газов

$$c_{см} = c'_1 r_1 + c'_2 r_2 + \dots + c'_n r_n = \sum_1^n c'_i r_i, \quad (59)$$

где  $c'_1, c'_2, \dots, c'_n$  — объемные теплоемкости отдельных газов, входящих в смесь;  $r_1, r_2, \dots, r_n$  — объемные доли отдельных газов, входящих в смесь.

## Глава V

### ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИДЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ

#### § 17. Основные процессы изменения состояния газов

Основные процессы изменения состояния идеальных газов в двигателях внутреннего сгорания: а) процесс, протекающий при постоянном объеме,  $v = \text{const}$  — изохорный; б) процесс, протекающий при постоянном давлении,  $p = \text{const}$  — изобарный; в) процесс, протекающий при постоянной температуре,  $T = \text{const}$  — изотермический; г) процесс, протекающий без теплообмена между рабочим телом и внешней средой,  $dq = 0$  — адиабатный.

В термодинамике кроме перечисленных четырех основных процессов рассматривают еще так называемые политропные процессы. В политропных процессах происходит одновременно изменение всех параметров газа при подводе или отводе тепла.

При исследовании этих процессов следует вывести уравнение процесса, установить зависимость между параметрами состояния газа ( $p, v$  и  $T$ ), а также определить количество тепла, сообщаемого газу, изменение его внутренней энергии и величину совершенной работы.

#### § 18. Изохорный процесс

Под *изохорным процессом* понимают процесс изменения состояния газа при его постоянном объеме. Изохорный процесс может происходить при нагревании или охлаждении газа в закрытом сосуде постоянного объема.

Уравнение изохорного процесса  $v = \text{const}$ .

Изохорный процесс в  $p-v$ -координатах изображается изохорой — прямой — прямой линией, параллельной оси  $p$  (рис. 3). В  $p-v$ -координатах нагревание газа изображается прямой  $1-2$ , а процесс охлаждения — прямой  $1-2'$ . Если точка  $1$  характеризует начальное состо-

яние 1 кг газа с параметрами  $p_1, v_1$  и  $T_1$ , то при подводе тепла конечное состояние газа характеризуется точкой  $2$  с параметрами  $p_2, v_2$  и  $T_2$ .

Зависимость между параметрами газа в процессе определяется из характеристических уравнений начального и конечного состояний, т. е.  $p_1 v_1 = RT_1$ ;  $p_2 v_2 = RT_2$ . Разделив первое уравнение на второе и сократив равные величины, получим

$$p_1/p_2 = T_1/T_2. \quad (60)$$

Так как в изохорном процессе  $v = \text{const}$ , то  $dv = 0$  и работа  $l = \int_{v_1}^{v_2} p dv = 0$ .

Из уравнения первого закона термодинамики  $q = \Delta u + l$  следует, что при  $l = 0$  тепло, сообщаемое газу, идет только на изменение его внутренней энергии, т. е.  $q_v = \Delta u$ .

Согласно уравнению (51) количество тепла (Дж/кг), сообщенное 1 кг газа,

$$q_v = c_{vm}(T_2 - T_1). \quad (61)$$

Следовательно, изменение внутренней энергии (Дж/кг) 1 кг массы газа в процессе определяется по формуле (61), т. е.

$$\Delta u = c_{vm}(T_2 - T_1), \quad (62)$$

или для  $M$  кг газа (Дж)

$$Q_v = \Delta U = M c_{vm}(T_2 - T_1). \quad (63)$$

#### § 19. Изобарный процесс

Под *изобарным процессом* понимают процесс изменения состояния газа при его постоянном давлении. Изобарный процесс может происходить при нагревании или охлаждении газа в условиях постоянного его давления.

Уравнение изобарного процесса  $p = \text{const}$ .

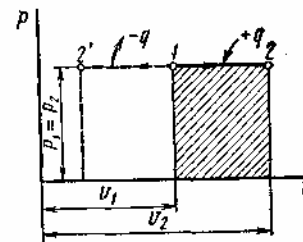


Рис. 4. Изобарный процесс в  $p-v$ -диаграмме

Изобарный процесс в  $p-v$ -координатах изображается изобарой — прямой линией, параллельной оси  $v$  (рис. 4). В  $p-v$ -координатах процесс нагревания газа изображается прямой  $1-2$ , а процесс охлаждения — прямой  $1-2'$ . Если точка  $1$  характеризует начальное состояние 1 кг газа с параметрами  $p_1, v_1$  и  $T_1$ , то при подводе тепла конечное состояние газа характеризуется точкой  $2$  с параметрами  $p_2, v_2$  и  $T_2$ . Зависимость между параметрами газа в процессе определяется из характеристических уравнений начального и конечного состояний, т. е.  $p_1 v_1 = RT_1$ ;  $p_1 v_2 = RT_2$ . Разделив первое уравнение на второе и сократив равные величины, получим

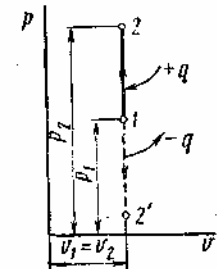


Рис. 3. Изохорный процесс в  $p-v$ -диаграмме

$$v_1/v_2 = T_1/T_2. \quad (64)$$

Учитывая, что изменение внутренней энергии не зависит от характера процесса, а зависит только от начальной и конечной температур газа, то изменение внутренней энергии в изобарном процессе, как и в любом другом процессе, определяют по формуле (62), т. е.

$$\Delta u = c_{vm}(T_2 - T_1).$$

Работу, совершаемую массой газа 1 кг (Дж/кг), определяют по формуле (37), т. е.

$$l = \int_{v_1}^{v_2} p dv = p(v_2 - v_1), \quad (65)$$

или для  $M$  кг газа (Дж)

$$L = Mp(v_2 - v_1). \quad (66)$$

Определив значения  $v_1$  и  $v_2$  из характеристических уравнений состояния газов и подставив их значения в уравнение (65), получим новое выражение работы 1 кг массы газа, т. е.

$$l = R(T_2 - T_1), \quad (67)$$

или для  $M$  кг газа

$$L = MR(T_2 - T_1). \quad (68)$$

Количество тепла (Дж/кг), сообщенное 1 кг газа, определяют из уравнения первого закона термодинамики, т. е.

$$q = \Delta u + l$$

или

$$q_p = c_{vm}(T_2 - T_1) + p(v_2 - v_1), \quad (69)$$

но

$$p(v_2 - v_1) = R(T_2 - T_1),$$

следовательно,

$$q_p = c_{vm}(T_2 - T_1) + R(T_2 - T_1). \quad (a)$$

Так как  $c_{vm} + R = c_{pm}$ , то равенство (a) примет вид

$$q_p = c_{pm}(T_2 - T_1), \quad (70)$$

или для  $M$  кг газа

$$Q_p = Mc_{pm}(T_2 - T_1). \quad (71)$$

## § 20. Изотермический процесс

Под *изотермическим процессом* понимают процесс изменения состояния газа при его постоянной температуре. Изотермический процесс в  $p-v$ -координатах изображается равнобокой гиперболой,

называемой *изотермой* (рис. 5), уравнение которой  $pv = \text{const}$ . В  $p-v$ -координатах процесс расширения газа изображается кривой  $12$ , а процесс сжатия — кривой  $1'2'$ .

В изотермическом процессе давление и объем газа изменяются. Зависимость между параметрами газа в процессе определяют из характеристических уравнений начального и конечного состояний, т. е.

$$p_1 v_1 = RT, \quad (a)$$

$$p_2 v_2 = RT. \quad (б)$$

Из уравнений (a) и (б) находим, что

$$p_1 v_1 = p_2 v_2 = pv = \text{const}, \quad (72)$$

откуда

$$p_1/p_2 = v_2/v_1. \quad (73)$$

Так как в изотермическом процессе  $T = \text{const}$ , то изменение внутренней энергии газа равно нулю, т. е.  $\Delta u = 0$ .

Работа в изотермическом процессе, совершенная массой газа 1 кг, может быть определена по формуле (37) при замене в ней  $p$  на  $RT/v$ , т. е.

$$l = \int_{v_1}^{v_2} (RT/v) dv = \int_{v_1}^{v_2} RT (dv/v) = RT \ln(v_2/v_1) = 2,3RT \lg(v_2/v_1). \quad (74)$$

Заменяя  $v_2/v_1$  в уравнении (74) на  $p_1/p_2$ , получим новое выражение работы 1 кг массы газа, т. е.

$$l = 2,3RT \lg(p_1/p_2). \quad (75)$$

Работа газа массой  $M$  кг

$$L = Ml. \quad (76)$$

Из уравнения первого закона термодинамики  $q = \Delta u + l$  следует, что при  $\Delta u = 0$  тепло, сообщаемое газу, идет только на работу расширения, т. е.  $q = l$ , или на основании уравнений (74) и (75)

$$q = 2,3RT \lg(v_2/v_1); \quad q = 2,3RT \lg(p_1/p_2). \quad (77)$$

При изотермическом сжатии газа тепло от газа следует отводить в окружающую среду в количестве, эквивалентном работе сжатия.

## § 21. Адиабатный процесс

Под *адиабатным процессом* понимают процесс изменения состояния газа, протекающий без теплообмена между газом и внешней средой, т. е.  $dq = 0$  и  $q = 0$ . Уравнение адиабатного процесса

$$pv^k = \text{const}, \quad (78)$$

где  $k = c_p/c_v$  — показатель адиабаты.

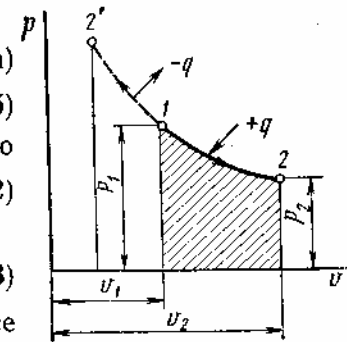
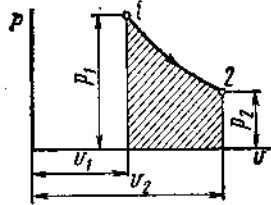


Рис. 5. Изотермический процесс в  $p-v$ -диаграмме

Адиабатный процесс в  $p-v$ -координатах, как показывает его уравнение, изображается неравнобокой гиперболой 1 2 (рис. 6), называемой *адиабатой*.

В адиабатном процессе параметры состояния  $p$ ,  $v$  и  $T$  — величины переменные. Зависимость между параметрами газа  $p$  и  $v$  в процессе определяют из уравнения адиабаты для начального и конечного состояний, т. е.



$$p_1 v_1^k = p_2 v_2^k,$$

откуда следует, что

$$p_1/p_2 = (v_2/v_1)^k. \quad (79)$$

Зависимость между параметрами газа  $v$  и  $T$  в процессе находят из характеристических уравнений начального и конечного состояний, т. е.  $p_1 v_1 = RT_1$ ;  $p_2 v_2 = RT_2$ .

Рис. 6. Адиабатный процесс в  $p-v$ -диаграмме

Разделив первое уравнение на второе, получим

$$p_1 v_1 / (p_2 v_2) = T_1 / T_2. \quad (a)$$

Подставим отношение давлений из (79) в уравнение (a), тогда

$$(v_2/v_1)^{k-1} = T_1/T_2. \quad (80)$$

Чтобы найти зависимость между параметрами газа  $p$  и  $T$  в процессе, следует решить совместно уравнения (79) и (80)

$$(p_1/p_2)^{(k-1)/k} = T_1/T_2. \quad (81)$$

Изменение внутренней энергии в процессе определяют по формуле (62), т. е.

$$\Delta u = c_{vm} (T_2 - T_1).$$

Работа в адиабатном процессе, совершенная массой газа 1 кг, может быть определена из уравнения первого закона термодинамики в дифференциальной форме, т. е.

$$du + dl = 0,$$

или

$$-du = dl,$$

или

$$-(u_2 - u_1) = u_1 - u_2 = l, \quad (6)$$

т. е. работа расширения в адиабатном процессе совершается за счет уменьшения внутренней энергии газа.

Если принять  $c_v = \text{const}$ , то  $u_1 - u_2 = c_v (T_1 - T_2)$  и уравнение (6) примет вид

$$l = c_v (T_1 - T_2).$$

Заменив  $c_v$  на  $R/(k-1)$ , получим

$$l = [R/(k-1)] (T_1 - T_2) \quad (82)$$

или, подставив  $T_1$  и  $T_2$  из уравнений начального и конечного состояний, найдем

$$l = [1/(k-1)] (p_1 v_1 - p_2 v_2). \quad (83)$$

Работа газа массой  $M$  кг

$$L = Ml. \quad (84)$$

## § 22. Политропные процессы

Под *политропным процессом* понимают процесс изменения состояния газа, протекающий при одновременном изменении всех параметров газа и при наличии теплообмена. Уравнение политропного процесса

$$p v^n = \text{const}, \quad (85)$$

где  $n$  — показатель политропы, который изменяется для разных процессов от 0 до  $\pm\infty$ .

Рассмотренные ранее процессы являются частными случаями политропных процессов при определенных значениях показателя политропы: если  $n=k$ , то  $p v^k = \text{const}$  — адиабатный процесс;

если  $n=1$ , то  $p v = \text{const}$  — изотермический процесс;

если  $n=0$ , то  $p v^0 = \text{const}$  — изобарный процесс;

если  $n=\pm\infty$ , то  $p^{\pm 1/\infty} v = v = \text{const}$  — изохорный процесс.

На рис. 7 в системе  $p-v$ -координат приведено возможное расположение изохоры, изобары, изотермы и адиабаты.

Показатель политропы  $n$  можно определить, если известны два состояния в политропном процессе. Если начальное состояние характеризуется параметрами  $p_1$  и  $v_1$ , а конечное —  $p_2$  и  $v_2$ , то уравнение политропы для этих двух состояний будет

$$p_1 v_1^n = p_2 v_2^n,$$

или

$$p_1/p_2 = (v_2/v_1)^n. \quad (a)$$

Логарифмируя уравнение (a), получим

$$n = \lg(p_1/p_2) / \lg(v_2/v_1). \quad (86)$$

Уравнение политропного процесса отличается от уравнения адиабатного процесса только показателем степени при объеме. Поэтому зависимость между параметрами  $p$ ,  $v$  и  $T$  определяется по

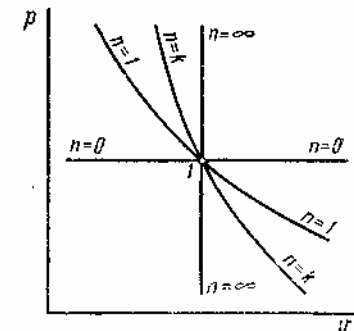


Рис. 7. Совмещенный график процессов изменения состояния газов в  $p-v$ -диаграмме

тем же уравнениям, что и для адиабатного процесса с заменой в них показателя  $k$  адиабаты на показатель  $n$  политропы, т. е.

$$p_1/p_2 = (v_2/v_1)^n; \quad T_1/T_2 = (v_2/v_1)^{n-1}; \quad T_1/T_2 = (p_1/p_2)^{(n-1)/n}. \quad (87)$$

Изменение внутренней энергии в процессе определяется по формуле (62), т. е.

$$\Delta u = c_{vm}(T_2 - T_1).$$

Работу в политропном процессе, совершаемой массой газа 1 кг, определяют по тем же уравнениям, что и для адиабатного процесса с заменой показателя  $k$  на показатель  $n$ , т. е.

$$l = [R/(n-1)](T_1 - T_2); \quad l = [1/(n-1)](p_1 v_1 - p_2 v_2). \quad (88)$$

Работа газа массой  $M$  кг

$$L = Ml. \quad (89)$$

Количество тепла, сообщенное 1 кг газа в политропном процессе, определяют из уравнения первого закона термодинамики, т. е.

$$q = \Delta u + l = c_{vm}(T_2 - T_1) + [R/(n-1)](T_1 - T_2). \quad (90)$$

Если считать теплоемкость в процессе постоянной, что допустимо для очень малых интервалов изменения температуры, то количество тепла, сообщенное 1 кг газа,

$$q = c_n(T_2 - T_1), \quad (91)$$

где  $c_n$  — теплоемкость политропного процесса.

Из уравнений (90) и (91) следует, что

$$c_n(T_2 - T_1) = c_v(T_2 - T_1) + [R/(n-1)](T_1 - T_2). \quad (a)$$

Разделив почленно обе части уравнения (a) на  $T_2 - T_1$  и учтя, что  $R = c_p - c_v = k c_v - c_v = c_v(k - 1)$ , получим выражение для определения теплоемкости политропного процесса

$$c_n = c_v(n - k)/(n - 1). \quad (92)$$

Подставляя значение  $c_n$  в уравнение (91), получим (Дж/кг)

$$q = c_v[(n - k)/(n - 1)](T_2 - T_1), \quad (93)$$

или для  $M$  кг газа (Дж)

$$Q = Mq. \quad (94)$$

## Глава VI

### ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

#### § 23. Понятие о круговом процессе (цикле) теплового двигателя

Под *круговым процессом*, или *циклом*, понимают процесс, при котором рабочее тело (газ) после ряда изменений возвращается в первоначальное состояние, т. е. к начальным параметрам состояния. Круговые процессы осуществляются в тепловых двигателях

и холодильных машинах как процессы, периодически повторяющиеся. Круговые процессы изображаются в системе  $p-v$ -координат замкнутыми кривыми.

Рассмотрим изменение состояния газа в непрерывно работающем тепловом двигателе. Допустим, что газ с начальными параметрами, характеризующимися точкой 1 (рис. 8), вводится в соприкосновение с источником тепла, в результате чего газ расширяется до конечного состояния, характеризующегося точкой 2.

В процессе расширения газ совершает работу, измеряемую площадью  $11'2341$ . Чтобы вернуть газ в начальное состояние, его следует сжимать до первоначального объема  $v_1$ . Если газ сжимать при той же температуре, при которой он расширялся, то работа, затрачиваемая на сжатие, равна работе, получаемой при расширении, и в результате такого процесса работа равна нулю. Следовательно, процесс сжатия необходимо вести при меньшей температуре, чем процесс расширения, т. е. при сжатии газ следует охлаждать. Процесс сжатия в системе  $p-v$ -координат изображается кривой  $22'1$ , которая располагается ниже кривой расширения  $11'2$ . Работа, затрачиваемая на сжатие, изображается площадью  $22'1432$ . В результате кругового процесса получается полезная работа, равная разности работ расширения и сжатия, которая изображается площадью  $11'22'1$ , ограниченной замкнутой кривой обоих процессов.

Чтобы осуществить круговой процесс (цикл) и получить полезную работу, необходимо к газу в процессе расширения подвести тепло  $q_1$ , а в процессе сжатия отвести от него тепло  $q_2$ .

Так как в круговом процессе конечное и начальное состояния газа совпадают, то изменение внутренней энергии газа за цикл равно нулю, т. е.  $\Delta u = 0$ .

Следовательно, в круговом процессе количество тепла  $q$ , равное разности подведенного  $q_1$  и отведенного  $q_2$  тепла, затрачивается только на совершение полезной работы.

Рассмотренный круговой процесс (цикл) называют *прямым*, он направлен по часовой стрелке. Прямые циклы имеют место в тепловых двигателях.

Экономичность цикла оценивают термическим коэффициентом полезного действия (к. п. д.), обозначаемым  $\eta_t$  и равным отношению тепла, превращенного в полезную работу, к теплу подведенному, т. е.

$$\eta_t = q/q_1 = (q_1 - q_2)/q_1 = 1 - q_2/q_1. \quad (95)$$

Из уравнения (95) видно, что термический к. п. д. меньше единицы, так как тепло  $q_2$  не может равняться нулю.

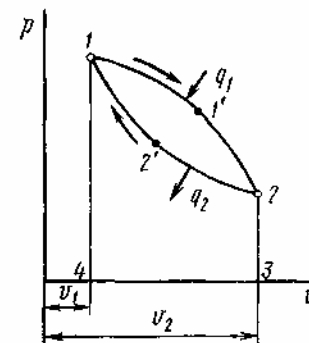


Рис. 8. Круговой процесс (цикл) в  $p-v$ -диаграмме

Круговые процессы, у которых линия процесса сжатия расположена над линией расширения, называют *обратными*. Обратные процессы направлены против часовой стрелки и имеют место в холодильных машинах.

## § 24. Цикл Карно

Исследуя круговые процессы тепловых машин с целью установления наивыгоднейших условий превращения тепла в полезную работу, французский инженер Сади Карно в 1824 г. разработал идеальный круговой процесс (цикл) теплового двигателя и определил его термический к. п. д. Этот цикл имеет важное значение для сравнения работы действительных тепловых двигателей с работой идеального двигателя. Рассмотрим протекание прямого кругового процесса (цикла) Карно идеального теплового двигателя, состоящего из двух изотермических и двух адиабатных процессов (рис. 9). Если газ с начальными параметрами  $p_1, v_1$  и  $T_1$  (точка 1 на рис. 9) вводится в соприкосновение с источником тепла, имеющим постоянную температуру  $T_1$ , то газ, получая от него тепло в количестве  $q_1$ , расширяется изотермически до точки 2, совершая при этом работу расширения, равную площади  $1\ 2\ 6\ 8\ 1$ . В точке 2 подвод тепла прекращается и газ расширяется адиабатически до точки 3, совершая работу, равную площади  $2\ 3\ 5\ 6\ 2$ , за счет изменения внутренней энергии, вследствие чего его температура падает до  $T_2$ .

В точке 3 газ с температурой  $T_2$  соприкасается с охладителем, имеющим температуру  $T_2$ , и изотермически сжимается до точки 4 вследствие отдачи тепла в количестве  $q_2$ . В процессе изотермического сжатия газ совершает работу, равную площади  $3\ 4\ 7\ 5\ 3$ . В точке 4 отвод тепла прекращается и газ адиабатически сжимается до точки 1, совершая работу, равную площади  $4\ 7\ 8\ 1\ 4$ .

В результате проведенных процессов получается полезная работа цикла, равная разности работ изотермического и адиабатного расширений и работ изотермического и адиабатного сжатий, которая изображается площадью  $1\ 2\ 3\ 4\ 1$ , ограниченной двумя изотермами  $1\ 2$  и  $3\ 4$  и двумя адиабатами  $2\ 3$  и  $4\ 1$ .

Термический к. п. д. цикла Карно, как и для любого кругового процесса, определяется по формуле (95), т. е.

$$\eta_t = 1 - q_2/q_1,$$

где  $q_1$  — тепло, подведенное к газу за цикл;  $q_2$  — тепло, отведенное от газа за цикл.

Так как в данном цикле подвод и отвод тепла происходят по изотермам  $1\ 2$  и  $3\ 4$ , то в соответствии с уравнением (77) количе-

ство тепла

$$q_1 = 2,3RT_1 \lg(v_2/v_1); \quad q_2 = 2,3RT_2 \lg(v_3/v_4).$$

Подставляя значения  $q_1$  и  $q_2$  в формулу (95), получим

$$\eta_t = 1 - [T_2 \lg(v_3/v_4)] / [T_1 \lg(v_2/v_1)]. \quad (a)$$

Для адиабат  $2\ 3$  и  $4\ 1$  можно написать, что

$$v_2/v_3 = (T_2/T_1)^{1/(k-1)}, \quad (б)$$

$$v_1/v_4 = (T_2/T_1)^{1/(k-1)}. \quad (в)$$

Из равенств (б) и (в) следует, что  $v_2/v_3 = v_1/v_4$  или  $v_3/v_4 = v_2/v_1$ . Подставляя в формулу (a) значение  $v_3/v_4 = v_2/v_1$ , получим

$$\eta_t = 1 - T_2/T_1. \quad (96)$$

Из уравнения (96) видно, что термический к. п. д. цикла Карно не зависит от свойств газа, а зависит от абсолютных температур горячего и холодного источников. Уравнение (96) справедливо для обратимого кругового процесса. Для необратимого кругового процесса количество тепла, превращенного в работу, меньше чем в обратимом процессе, за счет потерь на трение, завихрение и т. д. Поэтому к. п. д. необратимого цикла Карно будет меньше, чем  $1 - T_2/T_1$ .

## § 25. Второй закон термодинамики

Первый закон термодинамики устанавливает количественную зависимость между теплотой и работой при их взаимных превращениях. Но первый закон термодинамики не рассматривает условия, при которых возможен переход теплоты в работу.

Второй закон термодинамики, дополняя первый закон, рассматривает условия, при которых возможно превращение теплоты в работу. Существует много эквивалентных друг другу формулировок второго закона, например немецкого ученого Клаузиуса: «Теплота не может переходить сама собой от более холодного тела к более нагретому».

Сущность второго закона термодинамики состоит в том, что нельзя построить тепловой двигатель, который имел бы термический к. п. д., равный единице. Другими словами, невозможен так называемый «вечный двигатель», который бы полностью превращал теплоту в работу.

## § 26. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Энтропия

Известно, что для обратимого цикла Карно, как и для любого кругового процесса, термический к. п. д.

$$\eta_t = 1 - q_2/q_1 = 1 - T_2/T_1,$$

откуда

$$q_2/q_1 = T_2/T_1 \quad \text{или} \quad q_1/T_1 = q_2/T_2. \quad (a)$$

Если учесть, что тепло  $q_1$ , подведенное к газу, положительно, а тепло  $q_2$ , отведенное от газа, отрицательно, то уравнение (a) можно записать следующим образом:

$$q_1/T_1 + q_2/T_2 = 0,$$

или в общем виде

$$\sum(q/T) = 0,$$

т. е. алгебраическая сумма отношений  $q/T$  в обратимом цикле Карно равна нулю. Отношение  $q/T$  представляет собой приведенное тепло.

Рассмотрим произвольный обратимый цикл (рис. 10), который разбит с помощью адиабат  $1\ 8$ ,  $2\ 7$ ,  $3\ 6$ ,  $4\ 5$ , ... на бесконечно большое число элементарных циклов Карно  $1\ 2\ 7\ 8$ ,  $2\ 3\ 6\ 7$ ,  $3\ 4\ 5\ 6$ , ..., где линии  $1\ 2$ ,  $8\ 7$  и т. д. можно считать изотермами с температурами  $T_1$  и  $T_2$ . Для каждого из элементарных циклов Карно сумма отношений  $dq/T$  равна нулю, т. е.  $\oint dq/T = 0$ . Следовательно, для рассматриваемого цикла

$$\oint dq/T = 0, \quad (97)$$

где  $\oint$  — интеграл, взятый по всему замкнутому контуру.

Если интеграл, взятый по всему замкнутому контуру, равен нулю, то подынтегральная величина  $dq/T$  — полный дифференциал некоторой термодинамической функции  $S$ , которую Клаузиус назвал *энтропией*. Следовательно,

$$dq/T = dS. \quad (98)$$

Если круговой цикл необратимый, то, проводя рассуждения, аналогичные обратимому циклу, получим

$$\oint dq/T < 0, \quad (99)$$

$$dq/T < dS. \quad (100)$$

Объединив выражения (98) и (100), получим

$$dS \geq dq/T, \quad (101)$$

или

$$dq \leq TdS, \quad (102)$$

где знак равенства относится к обратимым круговым процессам, а знак меньше — к необратимым.

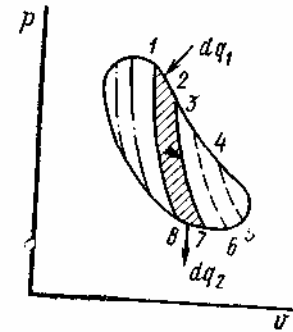


Рис. 10. Произвольный обратимый круговой цикл

Уравнение (102) — аналитическое выражение второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов.

Из уравнения (98) следует, что *энтропией* называют термодинамическую функцию, элементарное приращение  $dS$  которой равно отношению элементарного количества тепла  $dq$  к абсолютной температуре  $T$ , при которой происходит процесс. Так как  $dS$  — полный дифференциал термодинамической функции  $S$ , то значение  $\int dS$  определяется только начальным и конечным состояниями газа. Следовательно, энтропия — параметр состояния и величина изменения ее при переходе 1 кг газа из одного состояния в другое [Дж/(кг·К)] будет

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 dS = \int_1^2 dq/T. \quad (103)$$

### § 27. Диаграмма $T-S$

Каждому состоянию газа соответствуют определенные значения температуры  $T$  и энтропии  $S$ , пользуясь которыми можно построить диаграмму  $T-S$  для графического изображения как отдельных состояний газа, так и процессов, в которых он участвует.

На рис. 11 приведена диаграмма  $T-S$ , где начальное и конечное состояния газа отмечены точками 1 и 2, а процесс изменения состояния газа показан кривой 1 2. Если на диаграмме взять элементарную площадку высотой  $T$  и шириной  $dS$ , то произведение  $TdS$  определит согласно уравнению (102) элементарное количество тепла  $dq$ . Тогда площадь 1 2 3 4 1, ограниченная кривой процесса 1 2 и осью абсцисс, в известном масштабе определяет количество тепла, участвующего в процессе.

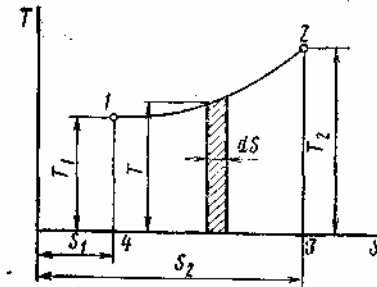


Рис. 11. Диаграмма  $T-S$

Диаграмму  $T-S$  часто называют *тепловой* или *энтропийной*.

### § 28. Изображение основных процессов изменения состояния газов и цикла Карно в системе координат $T-S$

**Изохорный процесс.** В тепловой диаграмме  $T-S$  изохора изображается логарифмической кривой 1 2 (рис. 12, а). Количество тепла, участвующего в процессе, определяется площадью 1 2 3 4 1. Процесс 1 2 протекает с подводом тепла, а процесс 1 2' — с отводом тепла.

**Изобарный процесс.** В тепловой диаграмме  $T-S$  изобара изображается логарифмической кривой 1 2 (рис. 12, б). Так как  $c_p > c_v$ , то изобара 1 2 располагается более полого, чем изохора.

Количество тепла, участвующего в процессе, определяется площадью  $1 2 3 4 1$ . Процесс  $1 2$  (расширения) протекает с подводом тепла, а процесс  $1 2'$  (сжатия) — с отводом его.

**Изотермический процесс.** В тепловой диаграмме  $T-S$  изотерма расширения изображается прямой  $1 2$ , параллельной оси абсцисс, а изотерма сжатия — прямой  $1 2'$  (рис. 12, в). Количество тепла, участвующего в процессе, определяется площадью  $1 2 3 4 1$ .

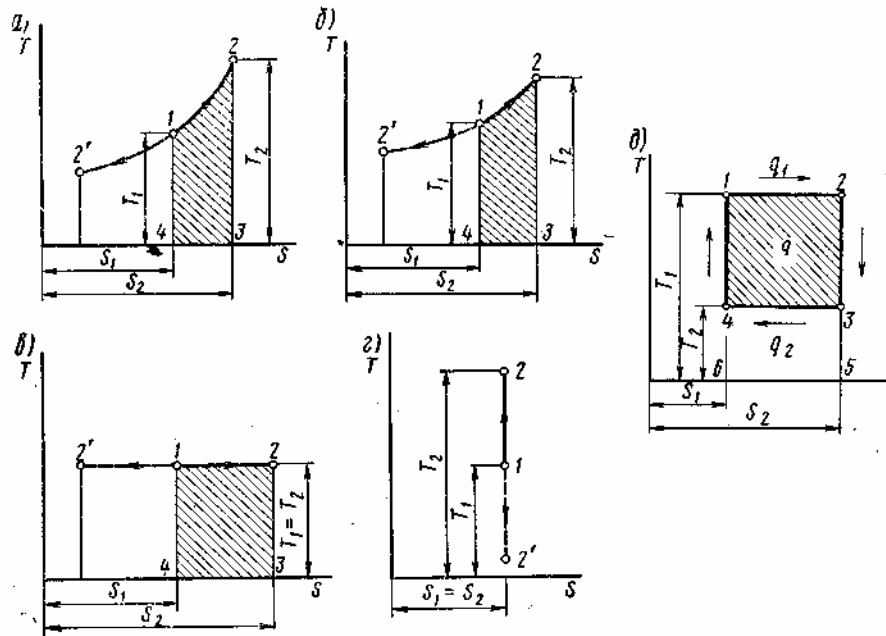


Рис. 12. Процессы изменения состояния газов и цикл Карно в  $T-S$ -диаграмме

**Адиабатный процесс.** В тепловой диаграмме  $T-S$  адиабата расширения изображается кривой  $1 2$ , параллельной оси ординат, а адиабата сжатия — прямой  $1 2'$  (рис. 12, г).

**Цикл Карно.** В тепловой диаграмме  $T-S$  обратимый цикл Карно изображается в виде прямоугольника  $1 2 3 4$  (рис. 12, д), в котором  $1 2$  — изотерма расширения,  $2 3$  — адиабата расширения,  $3 4$  — изотерма сжатия и  $4 1$  — адиабата сжатия. Количество тепла, подведенное к газу за цикл, определяется площадью  $1 2 5 6 1$  и равно  $q_1 = T_1(S_2 - S_1)$ . Количество тепла  $q_2$ , отведенное от газа за цикл, определяется площадью  $4 3 5 6 4$ . Количество тепла, затраченное на получение полезной работы, определяется площадью  $1 2 3 4 1$  и равно  $q = q_1 - q_2$ .



**РАЗДЕЛ ВТОРОЙ**  
**ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

---

**Глава VII**  
**ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**  
**И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ**

**§ 29. Классификация двигателей**

*Двигателем внутреннего сгорания* называют поршневой тепловой двигатель, в котором процессы сгорания топлива, выделение теплоты и превращение ее в механическую работу происходят непосредственно в его цилиндре.

Двигатели внутреннего сгорания классифицируют по следующим основным признакам:

По виду применяемого топлива: а) двигатели, работающие на легком жидком топливе (бензине и керосине); б) двигатели, работающие на тяжелом жидком топливе (газойле и дизельном топливе); в) двигатели, работающие на газовом топливе (сжатом и сжиженном газе).

По способу смесеобразования: а) с внешним смесеобразованием, когда горючая смесь образуется вне цилиндра; к ним относятся карбюраторные и газовые двигатели; б) с внутренним смесеобразованием, когда горючая смесь образуется непосредственно внутри цилиндра; к ним относятся дизели и двигатели с впрыском легкого топлива в цилиндр.

По способу воспламенения горючей смеси: а) с воспламенением горючей смеси от электрической искры (карбюраторные, газовые и с впрыском легкого топлива); б) с воспламенением топлива от сжатия (дизели).

По способу осуществления рабочего цикла: а) четырехтактные, у которых рабочий цикл в каждом цилиндре совершается за четыре хода поршня или за два оборота коленчатого вала; б) двухтактные, у которых рабочий цикл в каждом цилиндре совершается за два хода поршня или за один оборот коленчатого вала.

По числу и расположению цилиндров: а) одно- и многоцилиндровые (двух-, четырех-, шести-, восьмицилиндровые и т. д.); б) однопорядные (вертикальные и горизонтальные); в) двухрядные (V-образные и с противоположащими цилиндрами).

По способу охлаждения: а) с жидкостным охлаждением; б) с воздушным охлаждением.

По назначению: а) транспортные, устанавливаемые на автомобилях, тракторах, строительных машинах и других транспортных машинах; б) стационарные; в) специального назначения.

### § 30. Основные понятия и определения

На рис. 13 приведена принципиальная схема д. в. с., пользуясь которой рассмотрим основные понятия и определения, принятые для двигателей.

При перемещении поршня в цилиндре различают два крайних его положения — верхнее и нижнее, которые называют верхней и нижней мертвыми точками. *Верхней мертвой точкой* (в. м. т.) называют положение поршня в цилиндре, наиболее удаленное от оси коленчатого вала; *нижней мертвой точкой* (н. м. т.) — минимально удаленное положение поршня от оси коленчатого вала. В мертвых точках скорость поршня равна нулю, так как в них изменяется направление перемещения поршня.

Перемещение поршня от в. м. т. до н. м. т. или от н. м. т. до в. м. т. называют *ходом поршня* и обозначают буквой  $S$ . Ход поршня соответствует половине оборота коленчатого вала и равен двум радиусам кривошипа, т. е.  $S=2R$ .

Ряд периодически повторяющихся процессов (впуск, сжатие, сгорание, расширение и выпуск) в каждом цилиндре двигателя, в результате которых осуществляется преобразование тепловой энергии в механическую работу, называют *рабочим циклом* или *рабочим процессом* двигателя. Часть рабочего цикла двигателя, совершаемого за один ход поршня, называют *тактом*.

Двигатель, рабочий цикл которого совершается за четыре такта (хода поршня) или за два оборота коленчатого вала, называют *четырёхтактным*. Двигатель, у которого рабочий цикл совершается за два такта или за один оборот коленчатого вала, называют *двухтактным*.

Объем, описываемый поршнем при его перемещении от в. м. т. до н. м. т., называют *рабочим* и обозначают через  $V_h$  ( $m^3$ ):

$$V_h = (\pi D^2 / 4) S,$$

где  $D$  — диаметр цилиндра, м;  $S$  — ход поршня, м.

Объем внутренней полости цилиндра при положении поршня в в. м. т. называют *объемом камеры сгорания* и обозначают через  $V_c$ . Объем внутренней полости цилиндра при положении поршня в н. м. т. называют *полным объемом цилиндра* и обозначают через  $V_a$ . Полный объем цилиндра равен сумме рабочего объема  $V_h$  цилиндра и объема  $V_c$  камеры сгорания, т. е.

$$V_a = V_h + V_c.$$

Сумму рабочих объемов всех цилиндров называют *литражом двигателя* и обозначают через  $V_d$ :

$$V_d = V_h i,$$

где  $i$  — число цилиндров двигателя.

Отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания называют *степенью сжатия* и обозначают через  $\epsilon$ :

$$\epsilon = V_a / V_c = (V_h + V_c) / V_c = V_h / V_c + 1. \quad (104)$$

Степень сжатия показывает, во сколько раз уменьшается объем цилиндра над поршнем при перемещении поршня из н. м. т. в в. м. т. У современных карбюраторных двигателей степень сжатия  $\epsilon = 6 \div 10$ , а у дизельных двигателей  $\epsilon = 16 \div 22$ . Степень сжатия влияет на мощность и экономичность двигателя. С увеличением степени сжатия повышается мощность двигателя и улучшается его экономичность.

### § 31. Общее устройство и принцип действия двигателей

**Основные механизмы и системы двигателей.** Двигатель состоит из кривошипно-шатунного механизма, механизма газораспределения и систем: охлаждения, смазки, питания, зажигания и пуска.

Кривошипно-шатунный механизм предназначен для восприятия сил давления газов и преобразования прямолинейного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала. Он состоит из цилиндра 16 (рис. 14), головки цилиндра 6, поршня 5 с кольцами 13, поршневого пальца 15, шатуна 17, коленчатого вала 19, маховика 18 и картера 20.

Механизм газораспределения служит для очистки цилиндра от продуктов сгорания и заполнения его горючей смесью или воздухом. Он состоит из клапанов 10 и 12, пружин 11 и 14, кулачка 8, кулачкового вала 7, кулачкового механизма 9, кулачкового механизма 10, кулачкового механизма 11, кулачкового механизма 12, кулачкового механизма 13, кулачкового механизма 14, кулачкового механизма 15, кулачкового механизма 16, кулачкового механизма 17, кулачкового механизма 18, кулачкового механизма 19, кулачкового механизма 20.

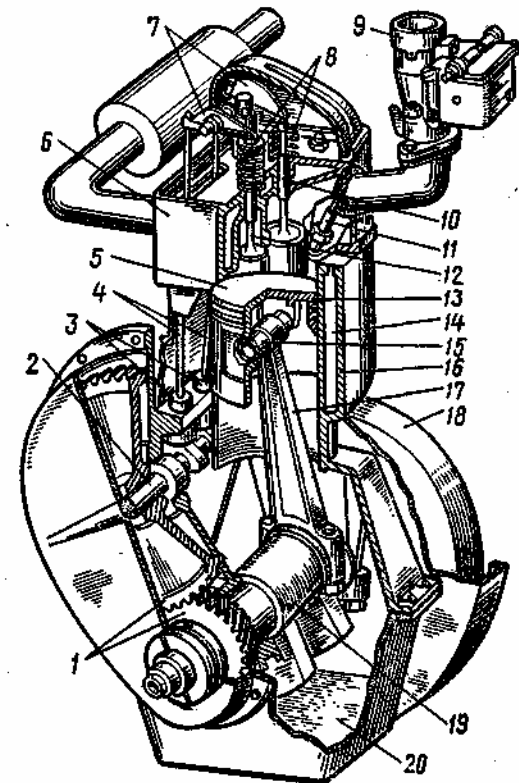


Рис. 14. Устройство одноцилиндрового четырёхтактного карбюраторного двигателя

жин 8, распределительного вала 2, шестерен 1, толкателей 3, штанг 4 и коромысел 7.

Система охлаждения предназначена для принудительного отвода тепла от нагретых деталей. Системы охлаждения по роду вещества, отводящего тепло (теплоносителя), бывают: жидкостные, в которых в качестве теплоносителя применяют воду, и воздушные, когда охлаждение деталей осуществляется потоком воздуха. Если система охлаждения жидкостная, то она состоит из водяного насоса, радиатора, вентилятора, рубашек 14 охлаждения цилиндров и головки цилиндров и термостата.

Система смазки служит для непрерывного подвода смазки к узлам трения движущихся деталей; она состоит из масляного насоса, масляных фильтров, маслопроводов и масляного радиатора.

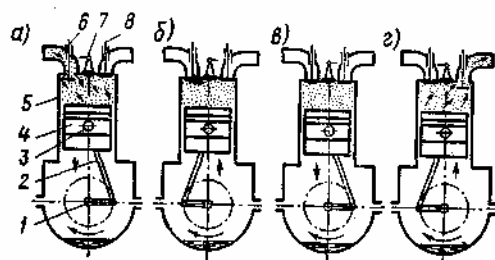


Рис. 15. Схема работы четырехтактного карбюраторного двигателя

воздухоочистителей, топливных насосов, карбюраторов 9 или форсунок.

Система зажигания служит для принудительного воспламенения рабочей смеси от электрической искры, возникающей между электродами свечи зажигания 11 под действием импульса электрического тока высокого напряжения. Система зажигания применяется в карбюраторных и газовых двигателях и состоит из аккумуляторной батареи, генератора, катушки зажигания, свечей зажигания, проводов и прерывателя-распределителя.

Система пуска предназначена для быстрого и надежного пуска двигателя. К ней относятся пусковой бензиновый двигатель с механизмом передачи (на тракторных дизелях) и электрический стартер (на карбюраторных двигателях).

**Принцип действия четырехтактного карбюраторного двигателя** (рис. 15). Рабочий цикл в четырехтактном одноцилиндровом карбюраторном двигателе по тактам осуществляется таким образом.

Первый такт — впуск (см. рис. 15, а). Во время такта впуска впускной клапан 6 открыт, а поршень 4 перемещается от в. м. т. к н. м. т., увеличивая объем надпоршневого пространства в цилиндре 5. Вследствие увеличения объема над поршнем в цилиндре образуется разрежение. Под действием разрежения цилиндр заполняется горючей смесью (смесь паров топлива и воздуха), поступающей из карбюратора через открытый впускной клапан 6

в течение всего такта. Горючая смесь в цилиндре смешивается с остаточными газами, оставшимися от предыдущего цикла в пространстве сжатия, и образует рабочую смесь.

Второй такт — сжатие (рис. 15, б). Во время такта сжатия впускной и выпускной клапаны 6 и 8 закрыты, а поршень 4 перемещается от н. м. т. к в. м. т., сжимая находящуюся в цилиндре рабочую смесь. При сжатии рабочей смеси в цилиндре ее температура и давление повышаются, что создает лучшие условия сгорания смеси. В конце такта сжатия рабочая смесь воспламеняется от электрической искры.

Третий такт — рабочий ход (рис. 15, в). Во время такта рабочего хода оба клапана 6 и 8 закрыты. В начале такта при положении поршня 4, близком к в. м. т., сжатая рабочая смесь воспламеняется электрической искрой от свечи 7, в результате чего температура и давление газов повышаются. Под действием силы давления газов поршень перемещается от в. м. т. к н. м. т. Поршень 4 передает воспринимаемое им усилие через палец 3 и шатун 2 на шейку коленчатого вала 1, заставляя его вращаться и производить механическую работу.

Четвертый такт — выпуск (рис. 15, г). Во время такта выпуска выпускной клапан 8 открыт, а поршень 4 перемещается от н. м. т. к в. м. т., выталкивая в атмосферу отработавшие газы из цилиндра.

**Принцип работы четырехтактного дизеля** (рис. 16). Первый такт — впуск (см. рис. 16, а). При такте впуска впускной кла-

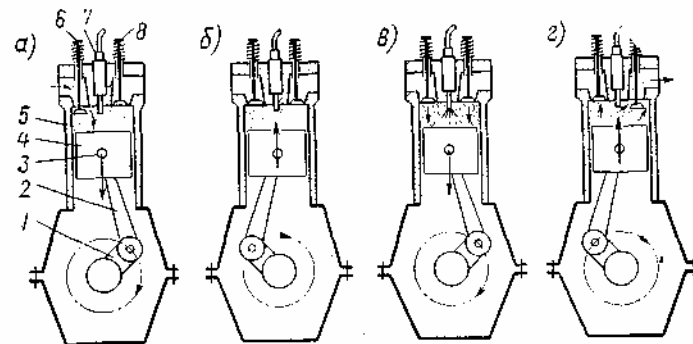


Рис. 16. Схема работы четырехтактного дизеля

пан 6 открыт, а поршень 4 перемещается от в. м. т. к н. м. т., и в цилиндре 5 поступает атмосферный воздух. Впуск воздуха происходит так же, как и впуск горючей смеси у карбюраторного двигателя.

Второй такт — сжатие (рис. 16, б). При такте сжатия впускной и выпускной клапаны 6 и 8 закрыты, а поршень 4 перемещается от н. м. т. к в. м. т., сжимая находящийся в цилиндре воздух. В конце такта сжатия топливо из топливного насоса по топливопроводу поступает в форсунку 7, из которой в распыленном виде впрыс-

квивается в цилиндр 5. В цилиндре топливо смешивается с нагретым воздухом, имеющем температуру выше температуры самовоспламенения топлива.

Третий такт—рабочий ход (рис. 16, в). При рабочем ходе клапаны 6 и 8 закрыты. В начале такта при положении поршня 4, близком к в. м. т., топливо, поступившее в мелкораспыленном состоянии в цилиндр 5, успевает в течение тысячных долей секунды прогреться, частично испариться и самовоспламениться. Затем топливо быстро сгорает, в результате чего температура и давление резко повышаются. Под действием силы давления газов поршень 4 перемещается от в. м. т. к н. м. т. и с помощью пальца 3 и шатуна 2 вращает коленчатый вал 1.

Четвертый такт—выпуск (рис. 16, г). Выпуск отработавших газов происходит так же, как и выпуск газов у карбюраторного двигателя.

Дизельные двигатели по сравнению с карбюраторными имеют следующие основные преимущества: 1) высокую экономичность (расход топлива у дизелей на единицу произведенной работы меньше на 20—25%); 2) работают на более дешевых сортах топлива, которое менее опасно в пожарном отношении.

Но дизельные двигатели по сравнению с карбюраторными имеют и существенные недостатки: большую массу, приходящуюся на единицу мощности; высокую первоначальную стоимость; более трудный пуск при низких температурах.

**Принцип работы двухтактного двигателя.** Двухтактные двигатели отличаются от четырехтактных тем, что у них наполнение цилиндров горючей смесью или воздухом осуществляется в начале хода сжатия, а очистка цилиндров от отработавших газов в конце хода расширения, т. е. процессы впуска и выпуска происходят без самостоятельных ходов поршня. Общий процесс для всех типов двухтактных двигателей—продувка, т. е. процесс удаления отработавших газов из цилиндра с помощью потока горючей смеси или воздуха. Рассмотрим работу двухтактного карбюраторного двигателя с кривошипно-камерной продувкой (рис. 17). У этого типа двигателей отсутствуют клапаны, их роль выполняет поршень, который при своем перемещении закрывает впускные, выпускные и продувочные окна. Через эти окна цилиндр в определенные моменты сообщается с впускным и выпускным трубопроводами и кривошипной камерой (картер), которая не имеет непосредственного сообщения с атмосферой. Цилиндр 4 в средней части имеет три окна: впускное 7, выпускное 6 и продувочное 2, которое сообщается каналом 1 с кривошипной камерой 9 двигателя.

Рабочий цикл в двигателе осуществляется за два такта.

Первый такт—сжатие (рис. 17, а). Поршень 3 перемещается от н. м. т. к в. м. т., перекрывая сначала продувочное 2, а затем выпускное 6 окно. После закрытия поршнем выпускного окна 6 в цилиндре 4 начинается сжатие ранее поступившей в него горючей смеси. Одновременно в кривошипной камере 9 вследствие ее герметичности создается разрежение, под действием которого из

карбюратора 8 через открытое впускное окно 7 поступает горючая смесь в кривошипную камеру.

Второй такт—рабочий ход. При положении поршня около в. м. т. сжатая рабочая смесь воспламеняется электрической искрой от свечи 5, в результате чего температура и давление газов резко возрастают. Под действием силы давления газов поршень перемещается к н. м. т. (рис. 17, б), при этом расширяющиеся газы

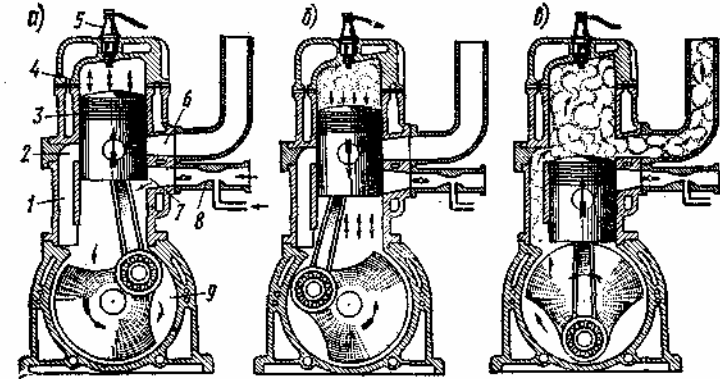


Рис. 17. Схема работы двухтактного карбюраторного двигателя

совершают полезную работу. Одновременно опускающийся поршень закрывает впускное окно 7 и сжимает находящуюся в кривошипной камере горючую смесь.

Когда поршень дойдет до выпускного окна 6 (рис. 17, в), оно открывается и начинается выпуск отработавших газов в атмосферу, давление в цилиндре понижается. При дальнейшем перемещении поршень открывает продувочное окно 2 и сжатая в кривошипной камере горючая смесь перетекает по каналу 1, заполняя цилиндр и осуществляя продувку его от остатков отработавших газов.

Рабочий цикл двухтактного дизельного двигателя отличается от рабочего цикла двухтактного карбюраторного двигателя тем, что у дизеля в цилиндр поступает воздух, а не горючая смесь и в конце процесса сжатия впрыскивается мелкораспыленное топливо.

## Глава VIII

### ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

#### § 32. Основы теории двигателей внутреннего сгорания

**Теоретические циклы.** Для изучения процессов, происходящих в цилиндрах д.в.с., и выяснения особенностей цикла рассматривают теоретические циклы, т. е. термодинамические круговые процессы превращения тепловой энергии в механическую работу. При

рассмотрении теоретических циклов делаются следующие допущения:

1. Циклы замкнутые и протекают с постоянным количеством одного и того же рабочего тела, в качестве которого принимают идеальный газ.

2. Процесс сгорания топлива в цилиндре заменен мгновенным подводом теплоты от постороннего горячего источника, а процесс выпуска отработавших газов заменен мгновенным отводом теплоты в холодный источник.

3. Процессы сжатия и расширения протекают без теплообмена с внешней средой, т. е. принимают адиабатными.

4. Теплоемкость рабочего тела (газа) на протяжении всего цикла принимают постоянной, не зависящей от температуры.

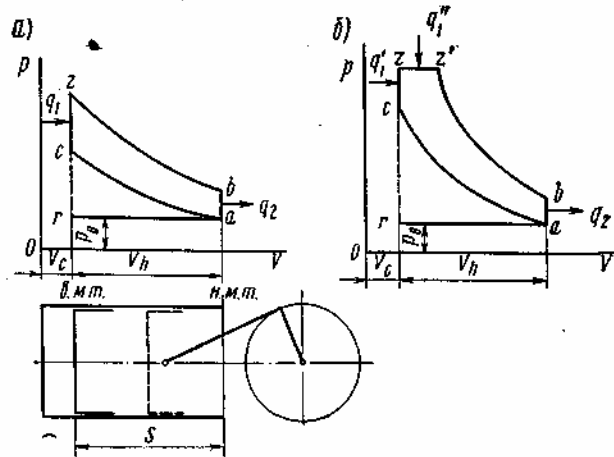


Рис. 18. Теоретические циклы д. в. с.

Существующие теоретические циклы д. в. с. различаются между собой по характеру процессов подвода теплоты и отдачи ее холодному источнику.

У поршневых д. в. с. используют два основных теоретических цикла:

1. Цикл с подводом теплоты при постоянном объеме (быстрого сгорания).

2. Цикл с подводом части теплоты при постоянном объеме и части теплоты при постоянном давлении. Такой цикл называется *смешанным*. Отвод теплоты у этих циклов осуществляется при постоянном объеме. Теоретические циклы двигателей изображают в виде индикаторных диаграмм, построенных в  $p-v$ -координатах.

**Цикл с подводом теплоты при постоянном объеме (быстрого сгорания).** На рис. 18, а приведена индикаторная диаграмма теоретического цикла с подводом теплоты при постоянном объеме. При перемещении поршня из в. м. т. к н. м. т. происходит впуск в цилиндр газа при постоянном давлении, равном атмосферному (ли-

ния  $ga$ ). При обратном перемещении поршня от н. м. т. к в. м. т. газ адиабатно сжимается, вследствие чего повышается его температура и давление (кривая  $ac$ ). В конце сжатия по приходе поршня в в. м. т. происходит подвод теплоты в количестве  $q_1$  от горячего источника к газу. Так как теплота подводится мгновенно, то температура и давление газа при постоянном его объеме резко увеличиваются (линия  $cz$ ). В начале движения поршня из в. м. т. к н. м. т. (точка  $z$ ) сообщение теплоты прекращается и газ адиабатически расширяется и совершает механическую работу (кривая  $zb$ ). Затем в точке  $b$  от газа мгновенно отводится теплота  $q_2$  холодному источнику. В результате этого температура и давление газа уменьшаются до первоначального, т. е. газ возвращается в исходное состояние (линия  $ba$ ).

Полезная работа цикла определяется площадью  $zbac$ . Степень использования тепла в цикле оценивают термическим коэффициентом полезного действия:

$$\eta_t = 1 - 1/\epsilon^{k-1}, \quad (105)$$

где  $\epsilon$  — степень сжатия;  $k$  — показатель адиабаты.

Рассмотренный цикл — теоретический для карбюраторных и газовых двигателей.

**Цикл со смешанным подводом теплоты.** На рис. 18, б приведена индикаторная диаграмма теоретического цикла со смешанным подводом теплоты. При перемещении поршня из в. м. т. к н. м. т. происходит впуск в цилиндр газа при постоянном давлении, равном атмосферному (линия  $ga$ ), а при обратном перемещении поршня от н. м. т. к в. м. т. — адиабатическое сжатие газа, поступившего в цилиндр (кривая  $ac$ ). В конце сжатия до прихода поршня в в. м. т. от горячего источника к газу подводится часть теплоты  $q_1'$  при постоянном объеме (линия  $cz$ ) и часть теплоты  $q_1''$  при постоянном давлении (линия  $zz'$ ). Давление газа в точке  $z$  тем выше, чем больше теплоты  $q_1'$  подведено при постоянном объеме. Затем происходит адиабатное расширение газа с совершением механической работы (кривая  $z'b$ ) и отвод теплоты  $q_2$  холодному источнику при постоянном объеме (линия  $ba$ ).

Полезная работа цикла определяется площадью  $zz'bac$ . Термический к. п. д. смешанного цикла

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}} \cdot \frac{\lambda \rho^k - 1}{(\lambda - 1) + k\lambda(\rho - 1)}, \quad (106)$$

где  $\lambda = p_z/p_c$  — степень повышения давления;  $\rho = v_z'/v_z$  — степень предварительного расширения.

Смешанный цикл — теоретический для бескомпрессорных дизелей.

**Действительные циклы.** Действительные, или рабочие, циклы, совершающиеся в цилиндрах двигателей, существенно отличаются от рассмотренных теоретических циклов. В отличие от теоретических циклов в действительном цикле состав и количество газа не

постоянны. После окончания каждого действительного цикла отработавший газ не возвращается в свое первоначальное состояние и не остается в цилиндре, а удаляется из него, уступая место новому заряду, т. е. действительный цикл по существу является разомкнутым.

В действительном цикле процессы сжатия и расширения протекают при наличии теплообмена между газом и стенками цилиндра, в результате теплообмена эти процессы протекают по политропам с переменными показателями.

Процессы сгорания и последующего расширения в действительном цикле протекают при интенсивном теплообмене между газом и стенками цилиндров. Процесс сгорания, протекающий при переменном объеме и давлении, характеризуется конечными скоростями и заканчивается на линии расширения. В действительном цикле теплоемкости газов имеют различные значения до и после сгорания, так как температура и состав газов в цилиндре существенно изменяются. Кроме того, в действительном цикле имеют место тепловые и гидравлические потери при процессах наполнения цилиндра свежим зарядом и его освобождения от отработавших газов.

Действительные циклы двигателей изображаются в виде индикаторных диаграмм (в  $p$ — $v$ -координатах), которые получают экспериментальным путем с помощью специального прибора, называемого индикатором. Индикатор автоматически записывает на фотоленте или бумаге изменения давления в цилиндре в зависимости от положения поршня.

### § 33. Рабочие циклы четырехтактных карбюраторных и дизельных двигателей

Рабочий цикл четырехтактного двигателя состоит из пяти процессов: впуск, сжатие, сгорание, расширение и выпуск, которые совершаются за четыре такта (хода поршня) или за два оборота коленчатого вала. Пользуясь индикаторными диаграммами, рассмотрим последовательность изменения процессов в четырехтактных карбюраторных и дизельных двигателях.

**Рабочий цикл четырехтактного карбюраторного двигателя.** На рис. 19, а приведена индикаторная диаграмма четырехтактного карбюраторного двигателя.

**Процесс впуска.** Впуск горючей смеси, т. е. смеси паров топлива и воздуха, осуществляется после выпуска из цилиндра отработавших газов от предыдущего цикла. Впускной клапан открывается с некоторым опережением до в.м.т. (точка 1), чтобы получить к моменту прихода поршня в в.м.т. большее проходное сечение у клапана. Впуск горючей смеси в цилиндр осуществляется за два периода. В первый период смесь поступает при перемещении поршня от в.м.т. к н.м.т. вследствие разрежения, создающегося в цилиндре (линия  $ra$ ). Во второй период впуск смеси происходит при перемещении поршня от н.м.т. к в.м.т. в течение некоторого

времени, соответствующего  $40$ — $70^\circ$  поворота коленчатого вала за счет разности давлений ( $p_0 - p_a$ ) и скоростного напора смеси (линия  $a2$ ). Впуск горючей смеси заканчивается в момент закрытия впускного клапана (точка 2). Процесс впуска на диаграмме изображается линией  $ra2$ . Горючая смесь, поступившая в цилиндр, смешивается с остаточными (отработавшими) газами от предыдущего

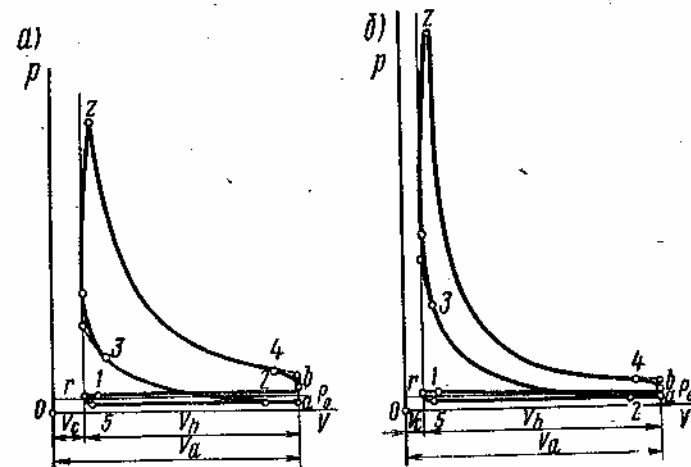


Рис. 19. Индикаторные диаграммы четырехтактных двигателей

цикла и образует рабочую смесь. Давление смеси в цилиндре в течение процесса впуска составляет  $70$ — $90$  кПа и зависит от гидравлических потерь во впускной системе двигателя. Температура смеси в конце процесса впуска повышается до  $340$ — $350$  К вследствие соприкосновения ее с нагретыми деталями двигателя и смешивания с остаточными газами, имеющими высокую температуру порядка  $900$ — $1100$  К.

**Процесс сжатия.** Сжатие рабочей смеси, находящейся в цилиндре двигателя, происходит при закрытых клапанах и перемещении поршня к в.м.т. Процесс сжатия протекает при наличии теплообмена между рабочей смесью и стенками (цилиндра, головки и днища поршня). В начале сжатия температура рабочей смеси ниже температуры стенок, поэтому теплота передается смеси от стенок. По мере дальнейшего сжатия температура смеси повышается и становится выше температуры стенок, поэтому теплота от смеси передается стенкам. Таким образом процесс сжатия осуществляется по политропе, средний показатель которой  $n_1 = 1,33$ — $1,38$ . Процесс сжатия заканчивается в момент воспламенения рабочей смеси (точка 3). Процесс сжатия на диаграмме изображается кривой 2-3. Давление рабочей смеси в цилиндре в конце сжатия  $0,8$ — $1,5$  МПа, а температура  $600$ — $750$  К.

**Процесс сгорания.** Сгорание рабочей смеси начинается раньше прихода поршня в в. м. т. (точка 3), т. е. когда сжатая

смесь воспламеняется от электрической искры. После воспламенения фронт пламени горячей смеси от свечи распространяется по всему объему камеры сгорания со скоростью 40—50 м/с. Несмотря на такую высокую скорость сгорания, смесь успеваеет сгореть за время, пока коленчатый вал повернется на 30—35°. При сгорании рабочей смеси выделяется большое количество теплоты на участке, соответствующем 10—15° до в. м. т. и 15—20° после н. м. т., вследствие чего давление и температура образующихся в цилиндре газов быстро возрастают.

Процесс сгорания на диаграмме изображается линией  $3z$ . В конце сгорания (точка  $z$ ) давление газов достигает 3—5 МПа, а температура 2500—2800 К.

Процесс расширения. Расширение газов, находящихся в цилиндре двигателя, происходит после окончания процесса сгорания (точка  $z$ ) при перемещении поршня к н.м.т. Газы, расширяясь, совершают полезную работу. Процесс расширения протекает при интенсивном теплообмене между газами и стенками (цилиндра, головки и днища поршня). В начале расширения происходит догорание рабочей смеси, вследствие чего образующиеся газы получают теплоту. Газы в течение всего процесса расширения отдают теплоту стенкам. Температура газов в процессе расширения уменьшается, следовательно, изменяется перепад температуры между газами и стенками. Поэтому процесс расширения происходит по политропе, средний показатель которой  $n_2 = 1,23 \div 1,31$ . Процесс расширения, заканчивающийся в момент открытия выпускного клапана (точка 4), на диаграмме изображается кривой  $z4$ . Давление газов в цилиндре в конце расширения 0,35—0,5 МПа, а температура 1200—1500 К.

Процесс выпуска. Выпуск отработавших газов начинается при открытии выпускного клапана (точка 4), т. е. за 40—60° до прихода поршня в н.м.т. Выпуск газов из цилиндра осуществляется за два периода. В первый период выпуск газов происходит при перемещении поршня от точки 4 до н.м.т. за счет того, что давление газов в цилиндре значительно выше атмосферного (линия  $4b$ ). В этот период из цилиндра удаляется около 60% отработавших газов с критической скоростью 500—600 м/с. Во второй период выпуск газов происходит при перемещении поршня от н.м.т. до точки 5 (закрытие выпускного клапана) за счет выталкивающего действия поршня и инерции движущихся газов (линия  $b5$ ). Выпуск отработавших газов заканчивается в момент закрытия выпускного клапана (точка 5), т. е. через 10—20° после прихода поршня в в.м.т. Процесс выпуска на диаграмме изображается линией  $4br5$ .

Давление газов в цилиндре в процессе выталкивания 0,11—0,12 МПа, температура газов в конце процесса выпуска 900—1100 К.

Рабочий цикл четырехтактного дизеля. Рабочий цикл дизеля существенно отличается от рабочего цикла карбюраторного двигателя способом образования и воспламенения рабочей смеси. В отличие от карбюраторного двигателя в цилиндр дизеля топливо и атмосферный воздух поступают раздельно.

На рис. 19, б приведена индикаторная диаграмма четырехтактного дизеля.

Процесс впуска. Впуск воздуха начинается при открытом впускном клапане (точка  $r$ ) и заканчивается в момент закрытия его (точка 2). Впускной клапан открывается в точке 1. Процесс впуска воздуха происходит так же, как и впуск горючей смеси в карбюраторном двигателе. Процесс впуска на диаграмме изображается линией  $ra2$ .

Давление воздуха в цилиндре в течение процесса впуска составляет 80—95 кПа и зависит от гидравлических потерь во впускной системе двигателя. Температура воздуха в конце процесса впуска повышается до 320—350 К за счет соприкосновения его с нагретыми деталями двигателя и смешивания с остаточными газами.

Процесс сжатия. Сжатие воздуха, находящегося в цилиндре, начинается после закрытия впускного клапана (точка 2) и заканчивается в момент впрыска топлива в камеру сгорания (точка 3). Процесс сжатия происходит аналогично сжатию рабочей смеси в карбюраторном двигателе, на диаграмме он изображается кривой 23. Давление воздуха в цилиндре в конце сжатия 3,5—6 МПа, а температура 820—980 К.

Процесс сгорания. Сгорание топлива начинается с момента начала подачи топлива в цилиндр (точка 3), т. е. за 15—30° до прихода поршня в в.м.т. В этот момент температура сжатого воздуха на 150—200° С выше температуры самовоспламенения. Топливо, поступившее в мелкораспыленном состоянии в цилиндр, воспламеняется не мгновенно, а с задержкой в течение некоторого времени (0,001—0,003 с), называемого *периодом задержки воспламенения*. В этот период топливо прогревается, перемешивается с воздухом и испаряется, т. е. образуется рабочая смесь. Подготовленное топливо воспламеняется и сгорает. Процесс сгорания на диаграмме изображается линией  $3z$ . В конце сгорания давление газов достигает 5,5—11 МПа, а температура 1800—2400 К.

Процесс расширения. Расширение газов, находящихся в цилиндре, начинается после окончания процесса сгорания (точка  $z$ ) и заканчивается в момент открытия выпускного клапана (точка 4). В начале расширения происходит догорание топлива. Процесс расширения протекает аналогично расширению газов в карбюраторном двигателе. Процесс расширения на диаграмме изображается кривой  $z4$ . Давление газов в цилиндре в конце расширения 0,3—0,5 МПа, а температура 1000—1300 К.

Процесс выпуска. Выпуск отработавших газов начинается при открытии выпускного клапана (точка 4) и заканчивается в момент закрытия выпускного клапана (точка 5). Процесс выпуска отработавших газов происходит так же, как и выпуск газов в карбюраторном двигателе, на диаграмме он изображается линией  $4br5$ .

Давление газов в цилиндре в процессе выталкивания 0,11—0,12 МПа, температура газов в конце процесса выпуска 700—900 К.



### § 34. Рабочие циклы двухтактных двигателей

Рабочий цикл двухтактного двигателя совершается за два такта (хода поршня) или за один оборот коленчатого вала.

Рассмотрим рабочий цикл двухтактного карбюраторного двигателя с кривошипно-камерной продувкой, индикаторная диаграмма которого приведена на рис. 20.

Процесс сжатия горючей смеси, находящейся в цилиндре, начинается с момента закрытия поршнем окон цилиндра (точка 2) при перемещении поршня от н. м. т. к в. м. т. Процесс сжатия протекает так же, как и в четырехтактном карбюраторном двигателе, на диаграмме изображается кривой 2 3.

Процесс сгорания происходит аналогично сгоранию в четырехтактном карбюраторном двигателе, на диаграмме изображается линией 3z.

Процесс расширения газов, находящихся в цилиндре, начинается после окончания процесса сгорания (точка z) и заканчивается в момент открытия выпускных окон (точка 4). Процесс расширения происходит аналогично расширению газов в четырехтактном карбюраторном двигателе, на диаграмме изображается кривой z4.

Процесс выпуска отработавших газов начинается при открытии выпускных окон (точка 4), т. е. за 60—65° до прихода поршня в н. м. т., и заканчивается через 60—65° после прохода поршнем н. м. т., на диаграмме изображается линией 4 6 2. По мере открытия выпускного окна давление в цилиндре резко снижается (линия 4 5), а за 50—55° до прихода поршня в н. м. т. открываются продувочные окна (точка 5) и горючая смесь, ранее поступившая в кривошипную камеру и сжатая опускающимся поршнем, начинает поступать в цилиндр. Период (5 6 7), в течение которого одновременно происходит два процесса — впуск горючей смеси и выпуск отработавших газов, — называют продувкой. Во время продувки горючая смесь вытесняет отработавшие газы и частично уносится вместе с ними. При дальнейшем перемещении к в. м. т. поршень перекрывает сначала продувочные окна (точка 7), прекращая доступ горючей смеси в цилиндр из кривошипной камеры, а затем выпускные (точка 2) и начинается в цилиндре процесс сжатия.

### § 35. Многоцилиндровые двигатели

Одноцилиндровые двигатели из-за неравномерности вращения коленчатого вала и плохой уравновешенности непригодны для установки на шасси автомобиля и трактора. Поэтому в каче-

стве транспортных двигателей, как правило, применяют многоцилиндровые двигатели.

Многоцилиндровые двигатели по расположению цилиндров могут быть подразделены на одно- и двухрядные. У однорядных двигателей цилиндры расположены вертикально (рис. 21, а, б), а у двухрядных — под некоторым углом друг к другу. Двухрядные двигатели, в которых угол между цилиндрами меньше 180°, называют V-образными (рис. 21, в).

Двигатели с V-образным расположением цилиндров имеют меньшую длину и массу двигателя по сравнению с однорядными. На равномерность хода и уравновешенность двигателя влияет последовательность совершения рабочих процессов в цилиндрах многоцилиндрового двигателя.

Последовательность чередования одноименных тактов в цилиндрах двигателя называют *порядком работы двигателя*.

Порядок работы двигателя зависит от расположения цилиндров и взаимного расположения кривошипов коленчатого вала. Так, для четырехтактного двигателя угол между кривошипами для обеспечения последовательной работы цилиндров

$$\varphi = 720^\circ / i,$$

а для двухтактных двигателей

$$\varphi = 360^\circ / i,$$

где 720 и 360 — продолжительность рабочего цикла, град;  $i$  — число цилиндров.

Рассмотрим расположение кривошипов и порядок работы однорядных четырехтактных двигателей с четырьмя, шестью цилиндрами и восьмицилиндрового V-образного двигателя.

**Четырехцилиндровый двигатель.** На рис. 21, а приведена схема четырехтактного четырехцилиндрового однорядного двигателя с кривошипами вала, расположенными в одной плоскости под углом 180°, что обеспечивает чередование рабочих ходов через 180°. У такого двигателя поршни перемещаются в цилиндрах попарно. Когда поршни первого и четвертого цилиндров приходят в в.м.т., то поршни второго и третьего цилиндров находятся в н.м.т. и наоборот. Если в первом цилиндре осуществляется рабочий ход, то в четвертом цилиндре может быть только впуск, а такт сжатия — во втором или третьем цилиндре. Когда такт сжатия происходит во втором цилиндре, то порядок работы будет 1 2 4 3 (двигатель

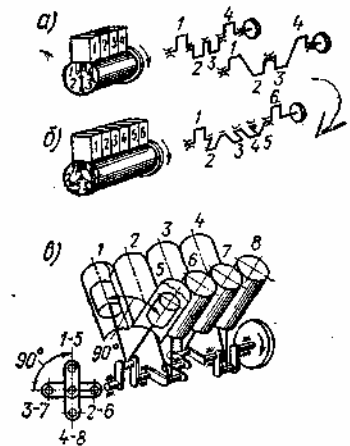
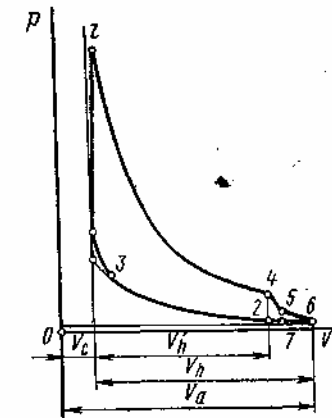


Рис. 21. Схемы четырехтактных двигателей

Рис. 20. Индикаторная диаграмма двухтактного двигателя





М-21). Если же такт сжатия осуществить в третьем цилиндре, то порядок работы будет 1 3 4 2 (двигатели СМД-14, Д-50).

**Шестицилиндровый двигатель.** На рис. 21, б приведена схема четырехтактного шестицилиндрового однорядного двигателя с кривошипами вала, расположенными под углом  $120^\circ$  друг к другу и симметрично относительно середины вала, что обеспечивает чередование рабочих ходов через  $120^\circ$ . У такого двигателя поршни первого и шестого, второго и пятого, третьего и четвертого цилиндров перемещаются попарно. Когда поршни первого и шестого цилиндров в в.м.т., то поршни второго и пятого цилиндров поднимаются кверху от н.м.т. на расстояние примерно  $1/3$  своего хода, а поршни третьего и четвертого цилиндров опускаются вниз от в.м.т. на  $2/3$  хода. Поэтому такты во всех цилиндрах начинаются и заканчиваются не одновременно, а смещаются в одной паре цилиндров относительно другой на  $60^\circ$  в соответствии с расположением кривошипов вала.

При таком расположении кривошипов вала возможны четыре порядка работы. На отечественных двигателях принят порядок работы 1 5 3 6 2 4 (двигатели А-01, Д-180).

**Восьмицилиндровый V-образный двигатель.** На рис. 21, в приведена схема четырехтактного восьмицилиндрового V-образного двигателя с четырьмя кривошипами и с углом между осями цилиндров левой и правой групп, равным  $90^\circ$ . Кривошипы вала расположены попарно в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и в каждой паре под углом  $180^\circ$ , что обеспечивает равномерное чередование рабочих ходов через  $90^\circ$ .

У восьмицилиндровых V-образных двигателей возможно большое разнообразие порядков работы, но в существующих двигателях данного типа принят порядок работы 1 5 4 2 6 3 7 8 (двигатели ЗИЛ-130 и ГАЗ-53).

### § 36. Равномерность хода двигателя

Под *равномерным ходом* двигателя подразумевают такую его работу на установившемся режиме, при которой коленчатый вал вращается с постоянной угловой скоростью.

В реальном двигателе даже при установившемся режиме коленчатый вал вращается неравномерно вследствие того, что превращение теплоты в механическую работу происходит не непрерывно, а последовательными циклами. При неравномерном ходе условия работы двигателя, а также механизмов автомобиля и трактора заметно ухудшаются. С уменьшением равномерности хода двигателя детали силовой передачи и ходовой части автомобиля (трактора), которым двигатель передает мощность, работают с увеличенными ударными нагрузками, что повышает их износ.

Равномерность хода двигателя можно улучшить двумя способами: а) установкой на коленчатом валу маховика, который являлся как бы аккумулятором кинетической энергии двигателя, накапливая ее в момент ускорения вращения коленчатого вала (рабочий

ход) и отдавая обратно в момент замедления вращения вала (такты выпуска, впуска и сжатия), б) увеличением числа цилиндров.

Первый способ повышения равномерности хода транспортных двигателей неприемлем, так как установка большого маховика у транспортных двигателей, работающих на переменных нагрузках, вызовет увеличение их массы и габаритов.

Второй способ повышения равномерности хода более рациональный, так как у многоцилиндровых двигателей рабочие ходы чередуются через равные интервалы. Чем больше цилиндров у двигателя, тем более частое повторение рабочих ходов и, следовательно, выше равномерность вращения коленчатого вала.

## Глава IX

### ПАРАМЕТРЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ РАБОТУ ДВИГАТЕЛЯ

#### § 37. Среднее индикаторное давление и индикаторная мощность

Под средним индикаторным давлением  $p_i$  понимают такое условное постоянное давление, которое, действуя на поршень в течение одного рабочего хода, совершает работу, равную индикаторной работе газов в цилиндре за рабочий цикл.

Согласно определению среднее индикаторное давление — отношение индикаторной работы газов за цикл  $L_i$  к единице рабочего объема цилиндра  $V_h$ , т. е.

$$p_i = L_i / V_h \quad (107)$$

При наличии индикаторной диаграммы, снятой с двигателя (рис. 22), среднее индикаторное давление можно определить по высоте прямоугольника, построенного на основании  $V_h$ , площадь которого равна полезной площади индикаторной диаграммы, представляющей собой в некотором масштабе индикаторную работу  $L_i$ .

Определив с помощью планиметра полезную площадь  $F$  индикаторной диаграммы ( $m^2$ ) и длину  $l$  индикаторной диаграммы ( $m$ ), соответствующую рабочему объему цилиндра, находят значение среднего индикаторного давления

$$p_i = Fm/l, \quad (108)$$

где  $m$  — масштаб давления индикаторной диаграммы, Па/м.

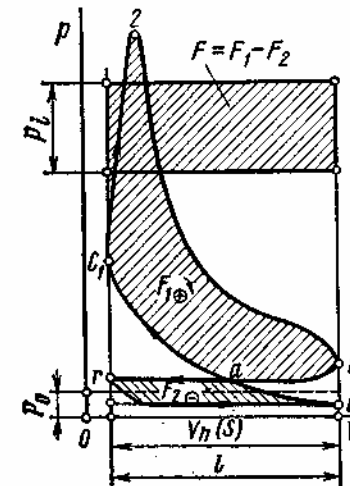


Рис. 22. Индикаторная диаграмма четырехтактного двигателя

Средние индикаторные давления при номинальной нагрузке у четырехтактных карбюраторных двигателей 0,8—1,2 МПа, у четырехтактных дизелей 0,7—1 МПа, у двухтактных дизелей 0,6—0,9 МПа, а у газовых двигателей 0,7—1 МПа.

Индикаторной мощностью  $N_i$  называют работу, совершаемую газами в цилиндре двигателя в единицу времени.

Индикаторная работа (Дж), совершаемая газами в одном цилиндре за один рабочий цикл,

$$L_i = p_i V_A. \quad (109)$$

Так как число рабочих циклов, совершаемых двигателем в секунду, равно  $2n/\tau$ , то индикаторная мощность (кВт) одного цилиндра

$$N_i = (2/\tau) p_i V_A n i \cdot 10^{-3}, \quad (110)$$

где  $n$  — частота вращения коленчатого вала в секунду;  $\tau$  — тактность двигателя — число тактов за цикл ( $\tau=4$  для четырехтактных двигателей и  $\tau=2$  — для двухтактных).

Индикаторная мощность многоцилиндрового двигателя при числе цилиндров  $i$

$$N_i = (2/\tau) p_i V_A n i \cdot 10^{-3}. \quad (111)$$

### § 38. Эффективная мощность и среднее эффективное давление

Эффективной мощностью  $N_e$  называют мощность, снимаемую с коленчатого вала двигателя для получения полезной работы.

Эффективная мощность меньше индикаторной  $N_i$  на величину мощности механических потерь  $N_m$ , т. е.

$$N_e = N_i - N_m. \quad (112)$$

Мощность механических потерь затрачивается на преодоление трения между трущимися поверхностями деталей двигателя и на приведение в действие вспомогательных механизмов и приборов.

Механические потери в двигателе оцениваются механическим к. п. д.  $\eta_m$ , который представляет собой отношение эффективной мощности к индикаторной, т. е.

$$\eta_m = N_e/N_i = (N_i - N_m)/N_i = 1 - N_m/N_i. \quad (113)$$

Для современных двигателей механический к. п. д. составляет 0,72—0,9. Зная величину механического к. п. д., можно определить эффективную мощность

$$N_e = \eta_m N_i. \quad (114)$$

Аналогично индикаторной мощности определяют мощность механических потерь

$$N_m = (2/\tau) p_m V_A n i 10^{-3}, \quad (115)$$

где  $p_m$  — среднее давление механических потерь, т. е. часть среднего индикаторного давления, которая расходуется на преодоление трения и на привод вспомогательных механизмов и приборов.

Согласно экспериментальным данным для дизелей

$$p_m = 1,13 + 0,1c_m, \quad (116)$$

для карбюраторных двигателей

$$p_m = 0,35 + 0,12c_m, \quad (117)$$

где  $c_m$  — средняя скорость поршня, м/с.

Разность между средним индикаторным давлением  $p_i$  и средним давлением механических потерь  $p_m$  называют средним эффективным давлением  $p_e$ , т. е.

$$p_e = p_i - p_m. \quad (118)$$

Эффективная мощность двигателя  $N_e$ , аналогично индикаторной мощности, может быть выражена через среднее эффективное давление

$$N_e = (2/\tau) p_e V_A n i \cdot 10^{-3}, \quad (119)$$

откуда среднее эффективное давление

$$p_e = 10^3 N_e \tau / (2 V_A n i). \quad (120)$$

Среднее эффективное давление при номинальной нагрузке у четырехтактных карбюраторных двигателей 0,65—0,95 МПа, у четырехтактных дизелей 0,6—0,8 МПа, у двухтактных дизелей 0,5—0,75 МПа, а у газовых двигателей 0,65—0,8 МПа.

### § 39. Индикаторный к. п. д. и удельный индикаторный расход топлива

Экономичность действительного рабочего цикла двигателя определяют индикаторным к. п. д.  $\eta_i$  и удельным индикаторным расходом топлива  $g_i$ . Индикаторный к. п. д.  $\eta_i$  оценивает степень использования теплоты в действительном цикле с учетом всех тепловых потерь и представляет собой отношение теплоты  $Q_i$ , эквивалентной полезной индикаторной работе, ко всей затраченной теплоте  $Q$ , т. е.

$$\eta_i = Q_i/Q. \quad (a)$$

Теплота (кВт), эквивалентная индикаторной работе за 1 с,

$$Q_i = N_i. \quad (121)$$

Теплота (кВт), затраченная на работу двигателя в течение 1 с,

$$Q = G_T Q_H^P. \quad (122)$$

где  $G_T$  — расход топлива, кг/с;  $Q_H^P$  — низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.

Подставляя значения  $Q_i$  и  $Q$  в равенство (a), получим

$$\eta_i = N_i / (G_T Q_H^P). \quad (123)$$

Удельный индикаторный расход топлива [кг/(кВт·ч)] представляет собой отношение секундного расхода топлива  $G_T$  к индикаторной мощности  $N_i$ , т. е.

$$g_i = (G_T/N_i) 3600, \quad (124)$$

или [г/(кВт·ч)]

$$g_i = (G_T/N_i) 3,6 \cdot 10^6. \quad (125)$$

Значения индикаторного к. п. д. и удельного индикаторного расхода топлива для современных двигателей при их работе на номинальном режиме приведены в табл. 1.

Таблица 1

Тип двигателя	Индикаторный к. п. д. $\eta_i$	Эффективный к. п. д. $\eta_e$	Удельный индикаторный расход топлива $g_i$ , г/(кВт·ч)	Удельный эффективный расход топлива $g_e$ , г/(кВт·ч)
Карбюраторные . . . . .	0,26—0,38	0,24—0,32	240—300	280—325
Дизели . . . . .	0,43—0,52	0,35—0,45	160—200	190—250
Газовые . . . . .	0,27—0,34	0,22—0,30	—	—

#### § 40. Эффективный к. п. д. и удельный эффективный расход топлива

Экономичность работы двигателя в целом определяют эффективным к. п. д.  $\eta_e$  и удельным эффективным расходом топлива  $g_e$ .

Эффективный к. п. д.  $\eta_e$  оценивает степень использования теплоты топлива с учетом всех видов потерь как тепловых, так и механических и представляет собой отношение теплоты  $Q_e$ , эквивалентной полезной эффективной работе, ко всей затраченной теплоте  $G_T Q_H^p$ , т. е.

$$\eta_e = Q_e / (G_T Q_H^p) = N_e / (G_T Q_H^p). \quad (126)$$

Так как механический к. п. д. равен отношению  $N_e$  к  $N_i$ , то, подставляя в уравнение (113) значения  $N_e$  и  $N_i$  из уравнений (126) и (123), получим

$$\eta_m = N_e / N_i = \eta_e / \eta_i,$$

откуда

$$\eta_e = \eta_i \eta_m,$$

т. е. эффективный к. п. д. двигателя равен произведению индикаторного к. п. д. на механический.

Удельный эффективный расход топлива [кг/(кВт·ч)] представляет собой отношение секундного расхода топлива  $G_T$  к эффективной мощности  $N_e$ , т. е.

$$g_e = (G_T/N_e) 3600, \quad (127)$$

или [г/(кВт·ч)]

$$g_e = (G_T/N_e) 3,6 \cdot 10^6. \quad (128)$$

Значения эффективного к. п. д. и удельного эффективного расхода топлива для современных двигателей при их работе на номинальном режиме приведены в табл. 1.

#### § 41. Тепловой баланс двигателя

Из анализа рабочего цикла двигателя следует, что только часть тепла, выделяющегося при сгорании топлива, используется на полезную работу, остальная же часть составляет тепловые потери. Распределение тепла, полученного при сгорании вводимого в цилиндр топлива, называют *тепловым балансом*, который обычно определяется экспериментальным путем. Уравнение теплового баланса имеет вид

$$Q = Q_e + Q_{охл} + Q_r + Q_{н.с} + Q_{ост}, \quad (129)$$

где  $Q$  — тепло топлива, введенного в двигатель;  $Q_e$  — тепло, превращенное в полезную работу;  $Q_{охл}$  — тепло, потерянное с охлаждающим агентом (водой или воздухом);  $Q_r$  — тепло, потерянное с отработавшими газами;  $Q_{н.с}$  — тепло, теряемое вследствие неполного сгорания топлива;  $Q_{ост}$  — остаточный член баланса, который равен сумме всех неучтенных потерь.

Количество располагаемого (введенного) тепла (кВт)

$$Q = G_T Q_H^p. \quad (130)$$

Тепло (кВт), превращенное в полезную работу,

$$Q_e = N_e. \quad (131)$$

Тепло (кВт), потерянное с охлаждающей водой,

$$Q_{охл} = G_B c_B (t_2 - t_1), \quad (132)$$

где  $G_B$  — количество воды, проходящей через систему, кг/с;  $c_B$  — теплоемкость воды, кДж/(кг·К) [ $c_B = 4,19$  кДж/(кг·К)];  $t_2$  и  $t_1$  — температуры воды при входе в систему и при выходе из нее, °С.

Тепло (кВт), теряемое с отработавшими газами

$$Q_r = G_T (V_r c_{pr} t_r - V_B c_{pv} t_B), \quad (133)$$

где  $G_T$  — расход топлива, кг/с;  $V_r$  и  $V_B$  — расходы газов и воздуха, м<sup>3</sup>/кг;  $c_{pr}$  и  $c_{pv}$  — средние объемные теплоемкости газов и воздуха при постоянном давлении, кДж/(м<sup>3</sup>·К);  $t_r$  и  $t_B$  — температуры отработавших газов и воздуха, °С.

Тепло, теряемое вследствие неполноты сгорания топлива, определяется опытным путем.

Остаточный член теплового баланса (кВт)

$$Q_{ост} = Q - (Q_e + Q_{охл} + Q_r + Q_{н.с}). \quad (134)$$

Тепловой баланс можно составить в процентах от всего количества введенного тепла, тогда уравнение баланса примет вид

$$100\% = q_e + q_{охл} + q_r + q_{н.с} + q_{ост}, \quad (135)$$

где  $q_e = (Q_e/Q) 100\%$ ;  $q_{охл} = (Q_{охл}/Q) 100\%$ ;  $q_r = (Q_r/Q) 100\%$  и т. д.

В табл. 2 приведены примерные значения отдельных составляющих теплового баланса автотракторных двигателей.

Таблица 2

Тип двигателя	Составляющие баланса, %				
	$q_e$	$q_{охл}$	$q_r$	$q_{н.с}$	$q_{ост}$
Карбюраторные . . . . .	24—32	12—25	30—50	0—35	3—10
Дизели . . . . .	35—45	15—35	25—45	0—5	2—5

### § 42. Литровая и налоговая мощности двигателя

Оценка степени совершенства двигателя с точки зрения использования рабочего объема цилиндров производится по литровой мощности.

Литровой мощностью двигателя  $N_L$  (кВт/м<sup>3</sup>) называют отношение эффективной мощности  $N_e$  к литражу двигателя  $iV_h$ :

$$N_L = N_e / (iV_h). \quad (136)$$

Литровая мощность у четырехтактных карбюраторных двигателей 15 000—37 000 кВт/м<sup>3</sup> (20—50 л.с./л), у четырехтактных дизелей 8800—15 000 кВт/м<sup>3</sup> (12—20 л.с./л).

Налоговая мощность двигателя — условная величина, по которой взимается с транспорта государственный налог,

$$N_n = 30DSi, \quad (137)$$

где  $D$  — диаметр цилиндра, м;  $S$  — ход поршня, м.

## Глава X

### КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ

Кривошипно-шатунный механизм двигателя состоит из блока цилиндров, головки цилиндров, поршней с поршневыми кольцами и пальцами, шатунов, коленчатого вала с маховиком и поддона картера.

### § 43. Блок цилиндров и гильзы цилиндров

Блок цилиндров в однорядных и V-образных автотракторных двигателях с жидкостным охлаждением отливают вместе с верхней частью картера в виде одной детали, называемой *блок-картером*.

Блок-картер при работе двигателя воспринимает значительные нагрузки от сил давления газов и сил инерции движущихся масс, поэтому он должен обладать большой жесткостью при малой массе.

Жесткость блок-картера повышают применением оребрения перегородок в местах, подверженных большим нагрузкам, и понижения плоскости крепления поддона картера относительно оси коленчатого вала. На рис. 23 показан блок-картер дизеля СМД-14. Он представляет собой отлитую из серого чугуна жесткую монолитную коробку, к которой крепятся и в которой размещены различные механизмы, агрегаты и отдельные детали. Верхняя часть отливки является блоком цилиндров, а нижняя — картером. К верхней обработанной плоскости блок-картера на шпильках крепят головку цилиндров, к обработанной части передней торцевой плоскости блок-картера — крышку распределительных шестерен, а к задней — картер маховика. В стенках блок-картера расположены каналы для подвода масла к трущимся поверхностям деталей и отверстия для установки подшипников распределительного вала. На наружных поверхностях стенок блок-картера имеются обработанные площадки для крепления различных механизмов и агрегатов.

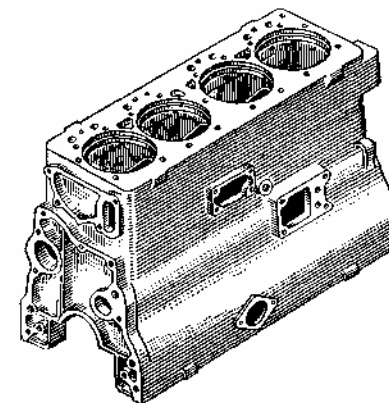


Рис. 23. Блок-картер дизеля СМД-14

В верхней части блок-картера предусмотрены вертикальные расточки цилиндров, в которые вставляют гильзы цилиндров. Пространство между внутренними стенками блок-картера и наружной поверхностью цилиндра (гильзы) называют *водяной рубашкой*, оно заполнено охлаждающей водой. Водяная рубашка блок-картера соединена с водяной рубашкой головки цилиндра посредством водоперепускных отверстий. Нижняя часть блок-картера имеет поперечные перегородки, количество которых равно числу коренных опор коленчатого вала. В каждой перегородке расположены гнезда коренных подшипников коленчатого вала.

К нижней обработанной плоскости крепят поддон картера.

Материалом для изготовления блок-картеров служат серый и легированный чугун и алюминиевые сплавы.

Блок-картеры двигателей могут быть гильзованными и негильзованными. У автотракторных двигателей блок-картеры выполняют со вставными гильзами.

Гильзы цилиндров представляют собой тонкостенные пустотелые цилиндры с тщательно отполированной рабочей поверхностью. Рабочую поверхность гильзы цилиндра, по которой перемещается поршень с кольцами, называют *зеркалом цилиндра*. В зависимости

от способа установки в блок-картере гильзы цилиндров делят на мокрые и сухие. Гильзы, непосредственно омываемые снаружи охлаждающей водой, называют *мокрыми* (рис. 24, а), а гильзы, не омываемые охлаждающей водой и установленные в предварительно расточенные цилиндры блок-картера, — *сухими* (рис. 24, б).

Наибольшее распространение имеют мокрые гильзы, так как они обеспечивают лучшую теплоотдачу охлаждающей воде. Мокрая гильза (рис. 24, а) в верхней части имеет обработанный буртик 5, которым она входит в кольцевую выточку блока. На наружной цилиндрической поверхности гильзы расположены верхнее 4 и нижнее 2 посадочные пояса, которыми она плотно входит в центрирующие отверстия блок-картера. Между гильзой и стенками блок-картера образуется водяная рубашка 3, по которой циркулирует охлаждающая вода. Уплотнение нижней части гильзы от просачивания охлаждающей воды достигается резиновыми кольцами 1, верхней части — буртиком 5 и прокладкой. Для уменьшения износа гильзы в ее верхнюю часть запрессовывают короткую вставку 6 из специального антикоррозионного чугуна (двигатели ЗИЛ-130, ГАЗ-53 и др.). Материалом для изготовления гильз служит кислотоупорный высоколегированный чугун с аустенитной структурой.

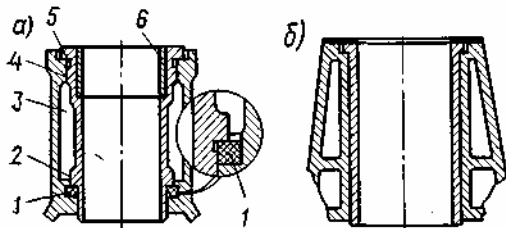


Рис. 24. Гильзы цилиндров

#### § 44. Головки цилиндров

Головка цилиндров вместе с поршнем и стенками цилиндров образует замкнутое пространство, в котором совершается рабочий цикл двигателя. Головка цилиндров при работе двигателя воспринимает механические нагрузки от сил давления газов и тепловые нагрузки от нагрева стенок горячими газами, поэтому она должна обладать высокой прочностью и жесткостью при относительно малой массе.

Конструкция головки цилиндров зависит от формы камеры сгорания, числа и расположения клапанов, свечей зажигания, форсунок, впускных и выпускных каналов и системы охлаждения. Головка цилиндров двигателей с жидкостным охлаждением (рис. 25) имеет сложную форму и состоит из следующих элементов: камеры сгорания 2, гнезд для впускных 3 и выпускных 1 клапанов, впускных 4 и выпускных 5 каналов, стенок и полостей 6 для охлаждающей воды и наклонных отверстий для форсунок 7.

Форма камеры сгорания в головке цилиндров оказывает существенное влияние на рабочий цикл двигателя. В карбюраторных двигателях при верхнем расположении клапанов широкое распро-

странение получили полусферическая камера (рис. 26, а) с двусторонним размещением клапанов и клиновидная (рис. 26, б) с односторонним расположением клапанов.

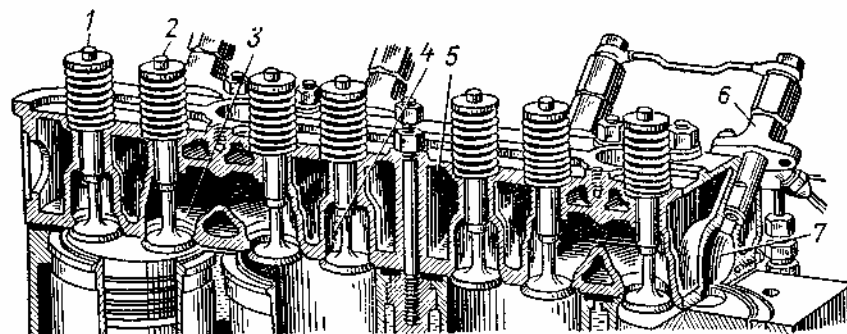


Рис. 25. Головка цилиндров дизельного двигателя

В дизелях с неразделенными камерами с непосредственным впрыском топлива камеры сгорания имеют простые формы и размещаются в поршне. Головки цилиндров дизелей с вихрекамерным

(рис. 25) смесеобразованием более сложные, у них камера сгорания состоит из двух частей: верхнюю часть камеры отливают заодно с головкой, а нижнюю часть изготавливают из жароупорной стали и вставляют со стороны опорной плоскости головки. Головки цилиндров отливают из серого чугуна с легирующими присадками или алюминиевого сплава. Преимущество головок цилиндров, отлитых из алюминиевых сплавов, по сравнению с чугунными — меньшая масса и более высокая теплопроводность, что позволяет несколько повысить степень сжатия. Чтобы предотвратить прорыв газов между головкой цилиндров и блок-картером, устанавливают стале- или медно-асбестовые прокладки толщиной 1,4—2,0 мм.

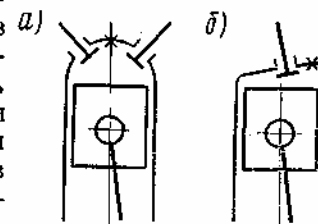


Рис. 26. Форма камер сгорания двигателей

#### § 45. Поддон картера

Поддон картера у большинства автомобильных двигателей штампуется из листовой стали толщиной 1—2 мм, а у тракторных двигателей поддоны изготавливают как штампованные, так и литые из чугуна. Поддон предохраняет механизмы двигателя снизу от попадания в них грязи и пыли и служит резервуаром для масла. Поддон соединяется с блок-картером болтами или шпильками. В нижней части поддона имеется отверстие с пробкой для спуска

отработанного масла. Уплотнение между поддоном и блок-картером достигается установкой пробковой или паронитовой прокладки.

## § 46. Поршни, поршневые кольца и пальцы

**Поршень** предназначен для восприятия сил давления газов и передачи их через поршневой палец и шатун коленчатому валу и для отвода тепла в стенки цилиндра. В процессе работы двигателя поршень воспринимает механические нагрузки от сил давления газов и сил инерции движущихся масс, а также тепловые нагрузки от нагрева днища горячими газами. Поэтому поршень должен обладать необходимой прочностью и жесткостью при минимальной массе, повышенной износоустойчивостью трущихся поверхностей, высокой теплопроводностью, хорошим отводом тепла от днища поршня в стенки цилиндра.

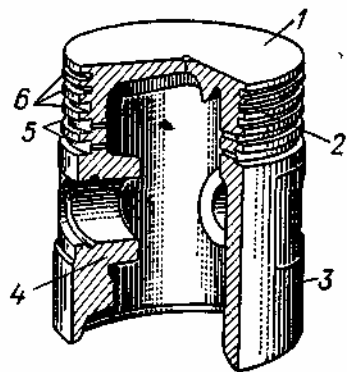


Рис. 27. Поршень

Поршень (рис. 27) имеет форму стакана и состоит из днища 1, уплотняющей 2 и направляющей частей или юбки 3. Днище вместе с уплотняющей частью составляет головку поршня.

Днище поршня образует с внутренней поверхностью головки цилиндров камеру сгорания и воспринимает давление газов. Днище поршня выполняется

плоским, выпуклым, вогнутым или фасонным, в зависимости от формы камеры сгорания, степени сжатия, способа смесеобразования, расположения клапанов, расположения форсунок и от других факторов. У большинства четырехтактных карбюраторных двигателей применяют днище поршня плоское (рис. 27). Оно имеет минимальную поверхность нагрева и просто в изготовлении. У дизелей большое распространение получили днища с полостями. Для увеличения прочности и лучшего отвода тепла днища поршня с внутренней стороны снабжают ребрами.

На уплотняющей части поршня расположены кольцевые канавки 5 и 6 для поршневых колец. В канавки 6 устанавливают компрессионные кольца, а в канавки 5 — маслосъемные. В канавках 5 расположены сквозные отверстия для отвода излишков масла в поддон картера. Юбка поршня служит для направления его движения в цилиндре и для передачи бокового усилия от шатуна на стенку цилиндра. Юбка поршня имеет бобышки 4 с отверстиями для установки поршневого пальца. Изготавливают юбку поршня большего диаметра, чем днище, так как она во время работы двигателя меньше нагревается, а следовательно, и меньше расширяется. Чтобы уменьшить передачу теплоты от головки поршня к юбке, в поршнях карбюраторных двигателей иногда делают про-

резь по части окружности между головкой и юбкой. Для нормальной работы поршня без стуков и заеданий и свободного перемещения его в холодном и нагретом цилиндре, необходимо иметь минимальный зазор между юбкой и стенкой цилиндра. Чтобы получить минимальный зазор, юбки поршня выполняют эллиптической или конической формы с уменьшением диаметра сверху и разрезные.

Для грузовых автомобилей и тракторов в основном применяют поршни, у которых юбка имеет эллиптическую форму.

Материалом для изготовления поршней служат алюминиевые сплавы и иногда чугун.

Преимущество поршней, изготовленных из алюминиевых сплавов, по сравнению с чугунными — меньшая масса и более высокая теплопроводность (в 3—4 раза выше).

Поршни из алюминиевых сплавов изготавливают в основном отливкой. Чтобы сократить период приработки поршня с цилиндром, боковую поверхность поршня покрывают тонким слоем (0,002—0,006 мм) олова.

**Поршневые кольца** по назначению разделяют на компрессионные (уплотнительные) и маслосъемные (маслосбрасывающие).

Компрессионные кольца (рис. 28, а) предназначены для уплотнения зазора между поршнем и цилиндром от прорыва газов из камеры сгорания в поддон картера и для отвода тепла от головки поршня к стенкам цилиндра. Уплотняющее действие компрессионных колец основано на создании ими в зазоре между поршнем и цилиндром лабиринта.

Поршни карбюраторных двигателей имеют два-три компрессионных кольца, а дизелей вследствие более высоких давлений в камере сгорания — три-четыре кольца.

Конструкция компрессионных колец определяется формой поперечного сечения и формой их замка. Форма сечений колец может быть прямоугольной (рис. 29, а), трапецидальной (рис. 29, б) и фасонной (рис. 29, в).

В автотракторных двигателях применяют также скрученные кольца (рис. 29, в) с выемкой по внутреннему диаметру, которые лучше прирабатываются к зеркалу цилиндра и меньше пригорают, чем прямоугольные.

Замок кольца (рис. 28, а) выполняют прямым или косым. Наиболее широкое применение получили кольца с прямыми замками, которые просты в изготовлении и надежны в работе. Чтобы предотвратить прорыв газов через замки, последние располагают под углом 90—120° относительно друг друга.

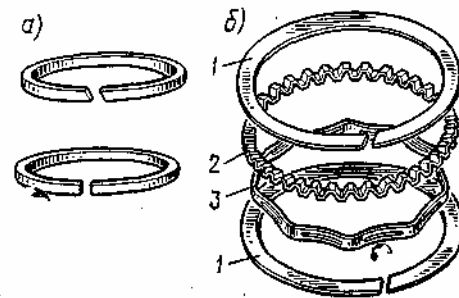


Рис. 28. Поршневые кольца

Маслосъемные кольца (рис. 28, б) служат для удаления со стенок цилиндра излишков масла и направления их в картер с целью предотвращения попадания в камеру сгорания. Маслосъемные кольца выполняют различной формы. Наиболее широкое применение получили конические (рис. 29, з), скребковые (рис. 29, д) и составные маслосъемные кольца. Составное маслосъемное кольцо состоит (см. рис. 28, б) из двух кольцевых дисков 1 и двух расширителей — осевого 2 и радиального 3.

При перемещении поршня вниз излишки масла со стенок цилиндра снимаются кромками маслосъемных колец и через щели в кольце и отверстия в поршне отводятся в поддон картера.

Поршни двигателей обычно имеют одно-два маслосъемных кольца, которые устанавливаются или непосредственно под компрессионными кольцами, или одно кольцо помещают в нижней части юбки поршня.

Материалом для изготовления колец служат серый чугун, имеющий перлитовую структуру, сталь и легированные чугуны.

Чтобы повысить износостойчивость и ускорить приработку, рабочую поверхность верхнего компрессионного кольца покрывают пористым хромом (толщиной 0,1—0,14 мм), а трущиеся поверхности остальных колец — слоем олова (толщиной 0,005—0,01 мм).

**Поршневой палец** служит для шарнирного соединения поршня с шатуном. Палец при работе воспринимает большие нагрузки от давления газов и сил инерции движущихся масс, переменных по величине и направлению. Кроме того, палец при работе воспринимает тепловую нагрузку, возникающую в результате трения пальца о головку шатуна и бобышки поршня. Поэтому палец должен обладать высокой прочностью при переменной нагрузке, повышенной износостойкостью рабочей поверхности и малой массой. Поршневой палец 1 представляет собой отрезок тонкостенной трубы с прямыми цилиндрическими (рис. 30, а) или коническими (рис. 30, б) внутренними поверхностями.

Конструкция поршневого пальца зависит от типа сопряжений пальца с поршнем и шатуном. По этому признаку различают: палец, вращающийся в бобышках поршня и закрепленный в головке шатуна (рис. 30, а); палец, свободно вращающийся как в головке шатуна, так и в бобышках поршня (рис. 30, б и в). Палец, свободно вращающийся в головке шатуна и в бобышках, называют *плавающим*. Широкое распространение в двигателях получили плавающие поршневые пальцы. Преимущество плавающего пальца — незначительный и равномерный износ как по длине, так и по окружности благодаря меньшей относительной скорости скольжения,

а недостаток его — свободное перемещение в осевом направлении. От осевых перемещений плавающие пальцы удерживаются пружинящими кольцами круглого сечения, вставленными в бобышки

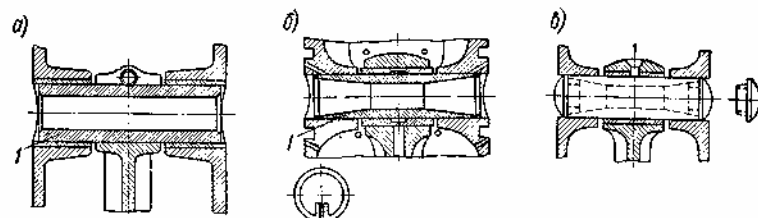


Рис. 30. Способы крепления поршневых пальцев

поршня (рис. 30, б), или заглушками (рис. 30, в), изготовленными из алюминиевого или магниевых сплавов. Материалом для изготовления пальцев служат малоуглеродистые цементуемые и легированные цементуемые стали.

## § 47. Шатуны

Шатун служит для соединения поршня с коленом вала и для передачи усилия от поршня к коленчатому валу. Шатун при работе двигателя совершает сложное качательное движение и подвергается воздействию переменной по величине и направлению нагрузки от давления газов и сил инерции. Поэтому шатун должен обладать высокой прочностью и жесткостью при относительно малой массе, высокой износостойчивостью и плавностью переходов от стержня шатуна к его головкам.

Шатун (рис. 31) состоит из верхней головки 4, стержня 5 и нижней головки 6.

Конструкция верхней (поршневой) головки зависит от способа крепления поршневого пальца и условий его смазки. При плавающем пальце верхнюю головку выполняют неразъемной и в нее запрессовывают бронзовую втулку 1, которая служит подшипником поршневого пальца. Смазка к бронзовой втулке подводится под давлением от шатунной шейки по каналу в стержне шатуна или разбрызгиванием через отверстия 2 в верхней головке.

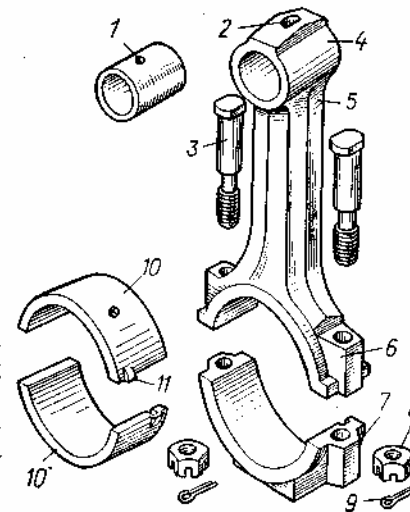


Рис. 31. Шатун



Стержень шатуна имеет двутавровое сечение, что обеспечивает ему необходимую прочность и жесткость при относительно малой массе. Нижнюю (кривошипную) головку обычно выполняют разъемной. Разъем головки осуществляется в плоскости оси шатунной шейки. Съемную часть нижней головки называют *крышкой*. Крышку 7 крепят к телу шатуна двумя шатунными болтами 3, гайки 8 которых от отворачивания фиксируются шплинтами 9. Чтобы придать большую жесткость, крышки головок выполняют с ребрами и приливами. От смещений в поперечном направлении крышка фиксируется выступами в ней или теле шатуна, треугольными шлицами в плоскости стыка или призонными болтами.

При больших размерах нижней головки, когда шатун не проходит через цилиндр (вверх), плоскость разъема головки располагается под углами 30, 45 и 60° к продольной оси стержня шатуна.

Для двухрядных V-образных автотракторных двигателей применяют, как правило, шатуны с последовательным расположением их на одной шейке вала. Их конструкция ничем не отличается от ранее описанной.

В нижней головке шатунов устанавливают подшипники скольжения, представляющие собой взаимозаменяемые тонкостенные биметаллические вкладыши 10, изготовленные из стальной ленты толщиной 1—3 мм, покрытой антифрикционным сплавом. Тонкостенные вкладыши от проворачивания и осевых перемещений удерживаются усиками 11, входящими в канавки шатуна и его нижней крышки. Вкладыши устанавливают в нижнюю головку с натягом, величина которого зависит от диаметра шатунной шейки и составляет 0,03—0,04 мм.

Шатуны изготовляют штамповкой из углеродистой или легированной стали. В качестве антифрикционного материала вкладышей подшипников карбюраторных двигателей применяют свинцовистые и бловянистые баббиты, сурмянистые сплавы СОС-6-6 и алюминиевые сплавы, а для дизелей — свинцовистую бронзу или алюминиевый сплав АСМ.

#### § 48. Коленчатый вал, маховик и гаситель крутильных колебаний

Коленчатый вал предназначен для восприятия усилий от шатунов и передачи крутящего момента через механизмы силовой передачи к ведущим колесам. В процессе работы коленчатый вал воспринимает периодические нагрузки от сил давления и от сил инерции поступательно движущихся и вращающихся масс. Поэтому коленчатый вал должен обладать высокой прочностью, жесткостью и износостойкостью трущихся поверхностей (шеек) при относительно малой массе.

Коленчатый вал (рис. 32) состоит из следующих основных элементов: носка (передний конец) 1, коренных шеек 2, шатунных шеек 3, щека 7 с противовесами 8 и хвостовика (задний конец) 6.

На носке коленчатого вала устанавливают маслоотражательное устройство, шестерню газораспределения, шкив привода вентилятора, храповик для запуска двигателя при помощи рукоятки и иногда гаситель крутильных колебаний.

Коренные шейки являются опорами вала, они опираются на коренные подшипники, установленные в блок-картере. Коренные шейки выполняют обычно все одинакового диаметра. Последняя

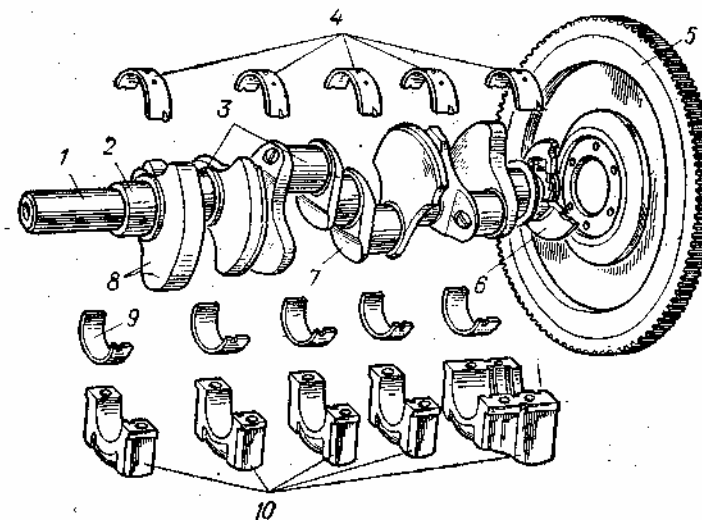


Рис. 32. Коленчатый вал

коренная шейка или средняя имеет буртики для фиксации коленчатого вала от осевых перемещений. В дизелях, работающих с высокими давлениями сгорания, коленчатые валы обычно имеют число коренных шеек на одну больше числа шатунных шеек, т. е. валы изготовляют полноопорными.

Шатунные шейки служат для соединения вала с нижними головками шатунов. Они, как правило, имеют меньший диаметр, чем коренные шейки, и выполняются полыми.

Щеки коленчатого вала соединяют вместе коренные и шатунные шейки. Их изготовляют прямоугольной, эллиптической и круглой формы. Щеки валов автотракторных двигателей чаще всего выполняют эллиптической формы, обеспечивающей высокую жесткость при изгибе и кручении. Переходы (галтели) от щек к шейкам выполняют с большим радиусом закруглений для уменьшения концентрации напряжений.

Противовесы предназначены для разгрузки коренных подшипников от центробежных сил инерции. Их изготовляют заодно со щеками, они имеют обычно форму неполного сектора или сегмента.



Хвостовик коленчатого вала имеет фланец, к которому крепят маховик 5. Уплотнение заднего конца коленчатого вала достигается применением маслоотражательных колец вместе с фетровыми или резиновыми сальниками и лабиринтовой винтовой нарезкой.

Для подвода масла к коренным и шатунным подшипникам в коленчатом валу делают сверления.

Коренные подшипники, прилегающие к коренным шейкам, выполняют преимущественно скользящими. В качестве подшипников используют тонкостенные вкладыши, которые по устройству подобны шатунным и внутри покрыты тем же антифрикционным металлом, что и шатунные. В верхней половине вкладыша 4 имеется отверстие для подвода масла. Верхние вкладыши устанавливают в гнезда поперечных перегородок блок-картера, а нижние 9 — в съемные крышки 10.

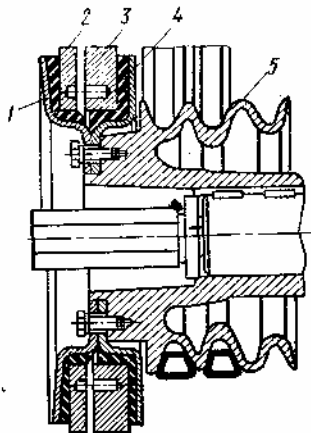


Рис. 33. Гаситель крутильных колебаний

Коленчатые валы изготовляют ковкой или литьем. Материал для валов, изготовленных ковкой, — высококачественные среднеуглеродистые или легированные стали, для литых валов — легированные чугуны.

Маховик служит для обеспечения равномерного вращения коленчатого вала, для вывода поршней из мертвых точек и для облегчения пуска двигателя.

Маховик 5 (рис. 32) представляет собой чугунный диск с ободом, который крепят к фланцу коленчатого вала с помощью болтов. На обод маховика напрессовывают стальной зубчатый венец для пуска двигателя от электростартера или пускового двигателя.

Коленчатый вал в сборе с маховиком подвергают балансировке.

**Гасители крутильных колебаний** служат для уменьшения крутильных колебаний коленчатого вала, возникающих в них при совпадении частоты (число колебаний в секунду) собственных колебаний вала с частотой всплесков, происходящих в цилиндрах. В автотракторных двигателях наибольшее распространение получили два типа гасителей крутильных колебаний: маятниковые анти-вибраторы и гасители колебаний трения (демпферы), основанные на поглощении энергии колебаний силами трения.

На рис. 33 показан гаситель колебаний фрикционно-молекулярного трения. Он состоит из двух маховичков 2 и 3, связанных с корпусом 1, посредством резиновых прокладок 4, привулканизированных как к маховичкам, так и к корпусу. Корпус 1 прикреплен с помощью болтов к шкиву 5. Колебания вала при резонансе ослабляются за счет внутреннего (молекулярного) трения в слое резины.

## § 49. Крепление двигателя к раме

Двигатель крепят на раме автомобиля и трактора в трех (одна опора впереди и две сзади) или четырех (две опоры впереди и две сзади) точках. При креплении в трех точках передней опорой служит кронштейн, отштампованный вместе с крышкой распределительных шестерен, а двумя задними опорами — лапы картера маховика. Между опорами двигателя и рамой устанавливают резиновые подушки, которые поглощают вибрации двигателя, возникающие при его работе. Для удержания двигателя от продольных перемещений при выключении сцепления или при торможении автомобиля или трактора применяют реактивную тягу, соединяющую двигатель с поперечиной рамы.

## § 50. Неисправности кривошипно-шатунного механизма и техническое обслуживание

В процессе работы двигателя происходит износ деталей кривошипно-шатунного механизма, ослабление болтов крепления головки цилиндров и отложение нагара на днище поршня и в камере сгорания.

При износе цилиндров, поршней и колец величина зазоров между ними увеличивается. Увеличение зазоров вызывает уменьшение компрессии в цилиндрах, прорыв газов в поддон картера, проникновение масла в камеру сгорания, что приводит к снижению мощности двигателя, увеличению расхода масла и топлива, пригоранию поршневых колец, интенсивному нагарообразованию в камере сгорания и возникновению дымления.

При износе поршневых пальцев и втулок верхней головки шатуна появляются звонкие металлические звуки, которые прослушиваются при работе двигателя. В результате износа шатунных и коренных подшипников величина зазоров между шейками коленчатого вала и подшипниками увеличивается, что вызывает ухудшение смазки и появление недопустимых стуков.

Указанные неисправности можно предупредить, если своевременно проводить техническое обслуживание и устранять возникающие недостатки.

Уход за кривошипно-шатунным механизмом состоит в прослушивании двигателя с целью определения ненормальных стуков, проверке компрессии, проверке дымления отработавших газов на выпуске, проверке и подтяжке креплений головки цилиндров, очистке днища поршней и камер сгорания от нагара и проверке течи масла.

Прослушивание двигателя с целью определения стуков и причин, их вызывающих, производится на прогретом двигателе с помощью фонендоскопа, состоящего из стержня с мембраной и двух трубок со слуховыми наконечниками. Сильный глухой стук низкого тона, хорошо прослушиваемый в нижней части блок-картера, появляется при износе коренных подшипников. Износ шатунных

подшипников сопровождается более слабыми стуками, которые хорошо прослушиваются на стенках блок-картера в местах, соответствующих в. м. т. и н. м. т. Износ поршневого пальца сопровождается звонким металлическим стуком, который хорошо прослушивается через стенку блок-картера в местах, соответствующих верхнему и нижнему положению поршневого пальца. При обнаружении стуков, характеризующих большие износы деталей, следует двигатель немедленно остановить и устранить неисправность.

Проверка компрессии или давления в конце хода сжатия в цилиндрах двигателя производится на прогретом двигателе (до 70—80° С) с помощью компрессометра, состоящего из трубки, один конец которой соединен с манометром, а второй, снабженный резиновым наконечником, устанавливают в отверстие для свечи (или форсунки). Компрессометр последовательно устанавливают во все цилиндры. Если компрессия недостаточна или разница в компрессии отдельных цилиндров велика, необходимо двигатель остановить и устранить неисправность.

При работе двигателя необходимо проверять дымление отработавших газов на выпуске. Дымный выхлоп с синеватым оттенком свидетельствует о большом проникновении масла в камеру сгорания вследствие износа цилиндров, поршней и колец. При обнаружении выхлопа с синеватым оттенком следует двигатель остановить и устранить неисправность.

Для проверки крепления головки цилиндров, применяют динамометрический ключ, который обеспечивает затяжку гаек и болтов с определенной величиной момента затяжки. Подтяжка гаек и болтов производится в определенном порядке: начинают со средних и последовательно подтягивают гайки, расположенные от средних справа и слева (для холодного двигателя ЗИЛ-130 момент затяжки 70—90 Н·м).

Очистка днищ поршней и камер сгорания от нагара без разборки двигателя производится при помощи смеси, состоящей из 40% ацетона, 40% керосина и 20% масла. В отверстие свечи (или форсунки) каждого цилиндра заливают на ночь по 30—50 см<sup>3</sup> смеси. При снятой головке цилиндра нагар с днища поршней и камер сгорания очищают с помощью щеток и скребков из мягкого металла с предварительным размягчением нагара керосином.

Следует систематически следить за состоянием прокладки между блок-картером и поддоном и сальников коленчатого вала, не допуская течи масла.

## Глава XI

### МЕХАНИЗМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Механизм газораспределения предназначен для очистки цилиндра от продуктов сгорания и заполнения его горючей смесью или воздухом в соответствии с протеканием рабочего процесса.

В двигателях внутреннего сгорания применяют газораспределение следующих типов: клапанное, бесклапанное (золотниковое) и комбинированное. Наибольшее распространение в четырехтактных автотракторных двигателях получили клапанные механизмы газораспределения благодаря простому устройству и надежной работе.

Бесклапанные и комбинированные механизмы газораспределения не получили распространения в автотракторных двигателях из-за сложности конструкции, поэтому они рассматриваться не будут.

### § 51. Конструкция и принцип действия механизмов газораспределения

Клапанное газораспределение в четырехтактных двигателях конструктивно оформляют как с верхним, так и с нижним расположением клапанов. Если клапаны расположены в головке цилиндра, то их называют *верхними* или *подвесными клапанами*, а если они расположены в блок-картере — *нижними* или *боковыми*.

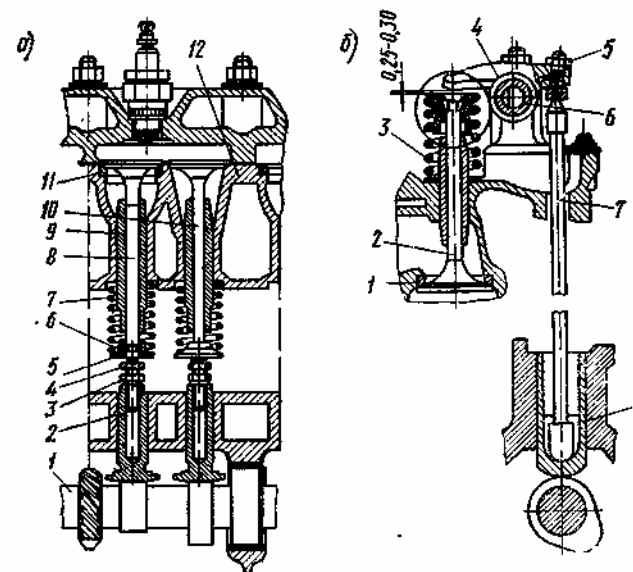


Рис. 34. Механизм газораспределения

Верхние клапаны в большинстве автотракторных двигателей располагают в один ряд и с приводом через толкатели, штанги и коромысла от распределительного вала.

Механизм газораспределения с нижним расположением клапанов (рис. 34, а) состоит из впускного 10 и выпускного 8 клапанов, направляющих втулок 9, клапанных пружин 7 с деталями их креп-

ления, толкателей 2 с регулировочным болтом 4, клапанного гнезда 11 и распределительного вала 1 с приводной шестерней. Клапаны, расположенные в один ряд с одной стороны блок-картера 12, прижимаются к гнездам пружинами, которые одним концом упираются в тело блок-картера, а другим — в опорную шайбу 5, соединенную со стержнем клапана с помощью разрезных конических сухариков 6.

Работа механизма газораспределения с нижними клапанами осуществляется следующим образом. Распределительный вал 1 приводится во вращение посредством привода от коленчатого вала. При вращении распределительного вала впускной (или выпускной) кулачок, набега на толкатель 2, поднимает его вместе с регулировочным болтом 4 и контргайкой 3 и открывает клапан, сжимая пружину 7. При дальнейшем вращении вала кулачок отходит от толкателя и клапан под действием пружины опускается в гнездо, причем направляющая втулка 9 обеспечивает посадку клапана без перекосов его головки. Механизм газораспределения с нижним расположением клапанов применяют только у карбюраторных и газовых двигателей с невысокой степенью сжатия.

Механизм газораспределения с верхним расположением клапанов (рис. 34, б) кроме перечисленных деталей для механизма с нижним расположением клапанов имеет также детали, с помощью которых усилие от толкателей передается к клапанам: штанги 7, коромысла 4 с регулировочным винтом 5, оси 6 коромысел.

Принцип действия механизма газораспределения с верхними клапанами состоит в следующем. При вращении распределительного вала его кулачок, набега на толкатель 8, поднимает его вместе со штангой 7. Через штангу движение передается коромыслу 4, которое, поворачиваясь вокруг оси 6, открывает клапан 2, сжимая пружину 3. При дальнейшем вращении вала кулачок отходит от толкателя и клапан под действием пружины 3 поднимается и плотно прижимается к гнезду 1.

Механизм газораспределения с верхним расположением клапанов широко применяется как в карбюраторных двигателях, так и в дизелях. Верхнее расположение клапанов обеспечивает лучшее наполнение и очистку цилиндров по сравнению с нижним расположением клапанов из-за увеличения площади проходного сечения клапанов и позволяет иметь более совершенную форму камеры сгорания.

## § 52. Фазы газораспределения

Фазами газораспределения называют моменты открытия и конца закрытия клапанов, выраженные в градусах угла поворота коленчатого вала относительно мертвых точек. Фазы газораспределения обычно изображают графически в виде круговой диаграммы (рис. 35), называемой *диаграммой газораспределения*. Из диаграммы газораспределения видно, что для улучшения наполнения цилиндров горючей смесью или воздухом и лучшей очистки их от

отработавших газов следует открывать и закрывать клапаны не в те моменты, когда поршень находится в мертвых точках, а с некоторым опережением при открытии и запаздыванием при закрытии.

У автотракторных двигателей впускные клапаны открываются с опережением на 10—31° до в.м.т., а закрываются с запаздыванием на 40—83° после н.м.т. Выпускные клапаны открываются с опережением на 47—67° до н.м.т., а закрываются с запаздыванием на 10—47° после в.м.т. Таким образом, в двигателях имеется период, в течение которого впускной и выпускной клапаны открыты одновременно, называемый *перекрытием клапанов*. При перекрытии клапанов происходит подсосывание в цилиндр горючей смеси или воздуха и отсосывание из него отработавших газов за счет большой инерции потоков свежей горючей смеси и отработавших газов.

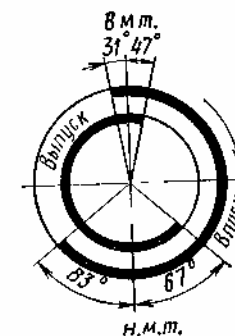


Рис. 35. Диаграмма фаз газораспределения

## § 53. Конструкция деталей клапанного механизма газораспределения

Клапанный механизм газораспределения состоит из следующих элементов: клапанов, клапанных гнезд, направляющих втулок, пружин, распределительных валов и деталей привода клапанов.

Клапаны предназначены для открытия и закрытия впускных и выпускных каналов. Во время работы клапаны подвергаются воздействию высоких температур (особенно выпускные) и действия динамических нагрузок от сил давления газов, сил упругости пружин и сил инерции деталей механизма привода. Поэтому клапаны должны обладать высокой прочностью и хорошей сопротивляемостью короблению.

Клапан (рис. 36, а) состоит из головки 1 и стержня 2. Головку клапана выполняют плоской, тюльпанообразной и выпуклой формы.

Плоская или тарельчатая головка (рис. 36, а) проста в изготовлении, но имеет недостаточную обтекаемость, поэтому ее применяют только у клапанов двигателей небольшой мощности.

Тюльпанообразная головка (рис. 36, б) обладает хорошей обтекаемостью и повышенной жесткостью, но сложна в изготовле-

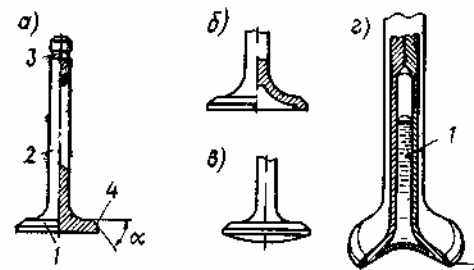


Рис. 36 Клапан и формы его головки

нии, ее применяют у впускных клапанов повышенной мощности.

Выпуклая головка (рис. 36, в) имеет благоприятную форму для обтекания газов при выпуске, повышенную жесткость, ее применяют для выпускных клапанов.

Головка клапана имеет шлифованную конусную фаску 4 (рис. 36, а), являющуюся опорной поверхностью клапана, прилегающую к фаске клапанного гнезда. Фаску клапана выполняют под углом  $\alpha = 45$  или  $30^\circ$ . Клапан с фаской под углом  $45^\circ$  имеет меньшие проходные сечения, чем клапан с фаской под углом  $30^\circ$ , но обеспечивает более надежное уплотнение. Поэтому фаску под углом  $30^\circ$  обычно применяют для впускных клапанов. Для лучшего наполнения цилиндра головку впускного клапана обычно выполняют большего размера, чем выпускного. Переход от головки клапана к стержню выполняют плавным с большим радиусом, чтобы улучшить отвод тепла от головки к стержню и увеличить прочность клапана.

Стержень клапана имеет цилиндрическую форму. На конце стержня предусмотрена выточка 3 для размещения запорного устройства пружины.

Чтобы повысить срок службы выпускного клапана у двигателей ЗИЛ-130 и ГАЗ-53, стержень имеет полость 1 (рис. 36, з), заполненную на 70—75% металлическим натрием, а фаска головки — наплавку 2 из жаростойкого сплава, содержащего 40% хрома и 50% никеля.

В двигателях ЗИЛ-130 выпускные клапаны принудительно поворачиваются во время работы специальным механизмом для устранения образования нагара на фаске клапана.

Клапаны изготовляют штамповкой. В качестве материала для изготовления впускных клапанов применяют легированные стали, а для выпускных клапанов — легированные жаростойкие стали.

Клапанные гнезда предназначены для повышения износостойчивости опорной поверхности, на которую садится клапан. Клапанные гнезда для выпускных, а также и для впускных клапанов при алюминиевой головке (блоке) делают вставными в виде круглых фасонных колец (см. 11 на рис. 34, а). Гнезда изготовляют из жаростойких чугунов и запрессовывают в головку цилиндра или блок-картер.

Направляющие втулки (см. 9 на рис. 34, а) служат для устранения перекосов клапана при его посадке в гнездо и для отвода от клапанов тепла. Втулки обычно выполняют цельными цилиндрической формы. Иногда втулку выполняют с буртиком, которым она упирается в блок-картер или головку цилиндров при запрессовке. Втулки изготовляют из чугуна или из металлокерамических сплавов.

Клапанные пружины (см. 7 на рис. 34, а) обеспечивают плотную посадку клапана в гнездо и воспринимают инерционные силы, возникающие при движении деталей механизма газораспределения. Широкое распространение получили витые цилиндрические пружины с числом рабочих витков 4—10. При верхнем расположе-

нии клапанов для уменьшения размеров пружин и для предохранения их от разрушения в результате резонансных колебаний применяют две пружины на каждый клапан, расположенные одна в другой. Пружины клапанов изготовляют из марганцовистой и хромоникельванадиевой стали 60Г, 65Г и 50ХФА.

Распределительный вал (рис. 37, а) предназначен для привода и управления движением клапанов. Он имеет опорные шейки 1,

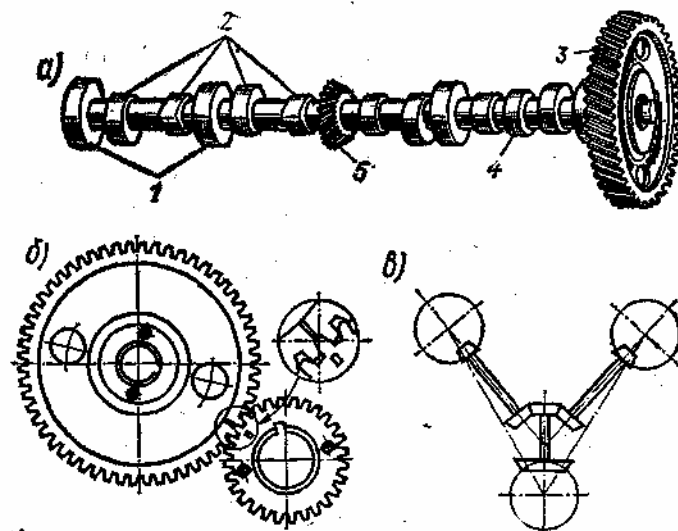


Рис. 37. Распределительный вал и схемы привода

впускные и выпускные кулачки 2. Кулачки впускного и выпускного клапанов располагаются на валу в определенном порядке под разными углами в соответствии с порядком работы двигателя и фазами газораспределения. Профиль кулачка может выполняться выпуклым, тангенциальным и вогнутым. В автотракторных двигателях широко применяют выпуклый профиль кулачка. Он применяется как с грибовидным, так и с роликовым толкателем и обеспечивает быстрое открытие клапанов без возникновения больших инерционных сил. На распределительном валу могут размещаться эксцентрик 4 для привода топливного насоса, шестерня 5 привода масляного насоса и распределителя зажигания. На переднем конце вала устанавливают шестерню 3 привода. Распределительный вал у четырехтактных двигателей вращается в два раза медленнее коленчатого вала. Вал вращается в подшипниках скольжения (стальных втулках, залитых тонким слоем антифрикционного сплава), установленных в стенках блок-картера.

Осевое перемещение распределительного вала ограничивается опорным фланцем. Фланец устанавливается между шестерней и передней опорной шейкой распределительного вала и крепится к блок-картеру болтами.

Распределительный вал изготавливают штамповкой из углеродистых или легированных сталей.

Привод к распределительному валу зависит от его расположения. Нижние распределительные валы приводятся во вращение от коленчатого вала через шестерни или цепную передачу (рис. 37, б),

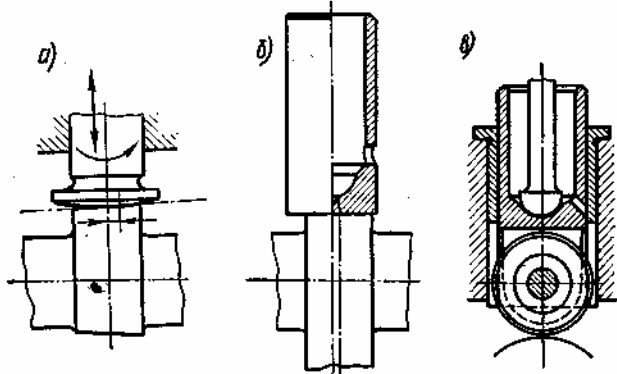


Рис. 38. Толкатели

верхние распределительные валы — при помощи системы вертикальных и наклонных валов с коническими шестернями (рис. 37, в).

К деталям привода клапана относятся толкатели, штанги, коромысла и рычаги.

**Толкатели** служат для передачи усилия от кулачков вала к клапанам или штангам. Толкатели применяют как в приводе нижних клапанов, так и в приводе верхних клапанов от нижнего распределительного вала.

Толкатели представляют собой пустотелый цилиндрический стакан. Они выполняются грибовидными, цилиндрическими и роликовыми. Грибовидные (рис. 38, а) и цилиндрические (рис. 38, б) толкатели с плоской или сферической опорной поверхностью получили широкое распространение на автотракторных двигателях. Толкатели при работе совершают одновременно как поступательное движение, так и вращательное вокруг своей оси, благодаря этому обеспечивается равномерный износ тарелки толкателя. Роликовые толкатели (рис. 38, в) уменьшают износ трущихся поверхностей, но имеют большую массу и сложны в изготовлении, поэтому они применяются у двигателей средней мощности.

При нижнем расположении клапанов в верхнюю часть толкателя ввертывается болт для регулировки зазора между стержнем клапана и толкателем.

Толкатели изготавливают из легированных или углеродистых сталей.

**Штанги** предназначены для передачи усилия от толкателей к коромыслам при верхнем расположении клапанов. Штанги (см. 7

на рис. 34, б) представляют собой стальные или алюминиевые трубки, на концах которых запрессованы стальные сферические наконечники. Нижний наконечник штанги устанавливают в гнездо толкателя, а верхний соединяют с коромыслом.

**Коромысла** служат для изменения направления движения штанги. Коромысло (см. 4 на рис. 34, б) представляет собой двуплечий рычаг, один конец которого соединяется с наконечником штанги, а другой опирается на стержень клапана. На коротком плече коромысла имеется отверстие с резьбой, в которое ввертывается винт для регулировки зазора между клапаном и коромыслом. Коромысло вращается на оси, расположенной на кронштейнах. Подшипники коромысел выполняют в виде бронзовых втулок или игольчатых подшипников. Оси коромысел пустотелые, их внутренняя полость используется как канал для подвода масла к подшипникам и трущимся поверхностям наконечников штанг и регулировочного винта. Коромысла изготавливают штамповкой из углеродистой или легированной стали.

## § 54. Декомпрессионный механизм

Декомпрессионный механизм предназначен для облегчения вращения коленчатого вала дизеля при его пуске. С помощью декомпрессионного механизма в начальный период пуска открывают выпускные, а иногда и впускные клапаны, благодаря чему снижается давление воздуха в цилиндре и, следовательно, уменьшается сопротивление вращению коленчатого вала.

На рис. 39 показана схема декомпрессионного механизма четырехцилиндрового дизеля, который открывает одновременно только впускные клапаны. Декомпрессионный механизм состоит из валика 1, размещенного в блок-картере, четырех штанг 2 с регулировочными наконечниками, рычага 3 с фиксатором, тяга 4 и рычагов 5. На поверхности валика 1 имеются четыре лыски, причем лыски против штанг первого и четвертого цилиндров смещены по отношению к лыскам, расположенным против штанг второго и третьего цилиндров. Нижние наконечники штанги декомпрессора упираются в валик, а верхние — в коромысла впускного клапана. Валик поворачивается с помощью

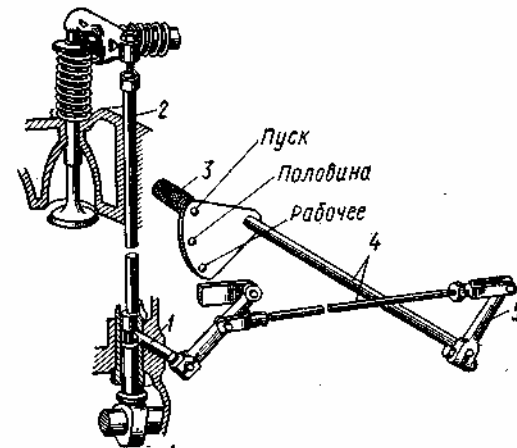


Рис. 39. Декомпрессионный механизм четырехцилиндрового дизеля

рычага, который может занимать положения «Пуск», «Половина», «Рабочее». При повороте рычага в положение «Пуск» валик поворачивается и нажимает на все штанги, которые действуют на коромысла, и открываются все впускные клапаны. При повороте рычага в положение «Половина» валик поворачивается так, что штанги первого и четвертого цилиндров не действуют на коромысла, а штанги второго и третьего цилиндров, приподнимаясь, действуют на коромысла и открываются впускные клапаны. При повороте рычага в положение «Рабочее» механизм декомпрессора на клапаны не действует.

### § 55. Неисправности механизма газораспределения и техническое обслуживание

Основные неисправности механизма газораспределения: нарушение плотности посадки клапанов в гнезда и увеличение осевого перемещения распределительного вала.

Признаком нарушения плотности посадки клапанов служат уменьшение компрессии в цилиндрах, периодические хлопки во впускных или выпускных трубопроводах и падение мощности. Причиной нарушения плотности посадки клапанов может быть изменение нормальной величины зазоров между стержнями клапанов и коромыслами, или толкателями, заедание стержней клапанов в направляющих втулках, наличие нагара или повреждений на фасках клапанов и гнезд и потеря упругости или поломка клапанных пружин.

При увеличении или уменьшении зазоров между стержнями клапанов и коромыслами (толкателями) по сравнению с нормальной величиной зазора, рекомендуемого заводом-изготовителем, нарушается плотность посадки клапанов в гнезда, появляются стуки в клапанном механизме, ухудшаются наполнение цилиндров горючей смесью или воздухом и очистка их от отработавших газов, что приводит к падению мощности и повышению расхода топлива.

Указанные неисправности можно предупредить, если своевременно проводить техническое обслуживание (уход) и устранять возникающие неполадки.

Уход за механизмом газораспределения состоит в проверке и регулировке зазоров у клапанов и декомпрессионного механизма, состояния стержней клапана и направляющих втулок, состояния гнезд и фасок клапанов, состояния клапанных пружин, креплений деталей механизма газораспределения, а также проверке и восстановлении нормальной величины осевого зазора распределительного вала.

Проверка и регулировка зазоров у клапанов и декомпрессионного механизма производится пластинчатым щупом в последовательности, соответствующей порядку работы цилиндров, начиная с первого цилиндра. Зазоры считаются установленными правильно, если щуп толщиной, равной величине нормального зазора, свободно проходит. Если зазоры у клапанов и декомпрессионного

механизма отличаются от нормальных значений, то их следует регулировать. Для регулировки зазоров у клапанов следует отпустить контргайку (см. рис. 34, б) регулировочного винта 5 и, вывертывая или вывертывая его, установить требуемый зазор. Затянув контргайку винта, вторично проверяют зазор. Таким же образом регулируют зазоры у клапанов других цилиндров в последовательности, соответствующей порядку работы цилиндров. Регулировку зазоров в декомпрессионном механизме выполняют одновременно с регулировкой зазоров в клапанах.

Периодически необходимо проверять состояние стержня клапана и направляющей втулки. При обнаружении заедания стержня клапана во втулке вследствие засорения ее нагаром следует вынуть клапан, очистить втулку от нагара и при необходимости отшлифовать стержень и втулку.

Периодически необходимо проверять состояние гнезд и фасок клапанов и при обнаружении нагара на фасках клапанов нагар удалить с помощью скребка из мягкого металла. В случае наличия на гнездах и фасках клапанов небольших повреждений следует произвести притирку клапанов. Клапаны притирают специальной пастой. Периодически необходимо проверять состояние клапанных пружин и в случае потери упругости или поломки пружин заменить их новыми.

Следует систематически проверять крепление кронштейнов осей коромысел и других деталей и при необходимости подтягивать их.

Нормальную величину осевого зазора распределительного вала у двигателей (ЗИЛ-130, ГАЗ-53 и др.) восстанавливают заменой упорного фланца и уменьшением высоты распорного кольца.

## Глава XII

### СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ

#### § 56. Назначение и виды охлаждения двигателей

При сгорании рабочей смеси температура газов внутри цилиндра достигает 1800—2400° С, в результате чего детали (головка, цилиндр, поршень, клапаны), соприкасающиеся с горячими газами, сильно нагреваются. Перегрев деталей двигателя может привести к снижению мощности двигателя (вследствие ухудшения наполнения цилиндров), детонационному сгоранию, резкому ухудшению смазки трущихся деталей и, следовательно, повышению потерь на трение.

Для обеспечения нормальной работы двигателя в его конструкции предусматривают специальные устройства для принудительного отвода тепла от нагреваемых деталей. Совокупность таких устройств образует систему охлаждения.



Системы охлаждения по роду вещества, отводящего тепло (теплоносителя), бывают: жидкостные, в которых в качестве теплоносителя применяют воду, и воздушные, когда охлаждение деталей осуществляется потоком воздуха.

В двигателях внутреннего сгорания применяют как жидкостное, так и воздушное охлаждение.

### § 57. Система жидкостного охлаждения

Системы жидкостного охлаждения в зависимости от способа циркуляции охлаждающей жидкости (воды) подразделяют на термосифонные и принудительные.

Термосифонная система охлаждения (рис. 40, а) состоит из рубашек 6 охлаждения цилиндров и головки цилиндров, радиатора 3, вентилятора 2 и патрубков 1 и 5. Циркуляция воды в этой си-

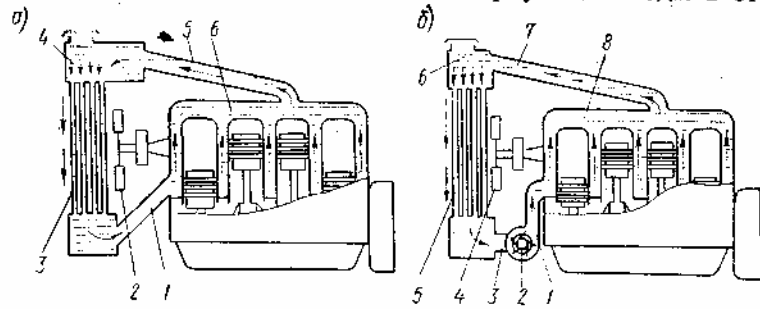


Рис. 40. Схема систем жидкостного охлаждения

стеме происходит вследствие разности плотностей нагретой и охлажденной воды. При работе двигателя вода в рубашках цилиндров и головки нагревается. Плотность нагретой воды уменьшается и она по патрубку 5 поднимается в верхний бак 4 радиатора. В радиаторе вода охлаждается, плотность ее повышается и по патрубку 1 она поступает в водяную рубашку, вытесняя нагретую воду. Таким образом в системе происходит непрерывная циркуляция воды.

Термосифонное охлаждение, несмотря на простоту устройства, не имеет широкого применения в двигателях ввиду малой интенсивности циркуляции, требующей больших емкостей и поверхностей охлаждения радиатора.

Принудительная система охлаждения (рис. 40, б) обеспечивает циркуляцию воды специальным насосом. Насос 2 засасывает охлажденную в радиаторе 3 воду и подает ее по патрубку 1 в рубашку 6 блока, из которой нагретая вода по патрубку 7 вытесняется в верхний бак 4 радиатора. В радиаторе вода охлаждается потоком воздуха, создаваемого вентилятором 2, и поступает по патрубку 3 к насосу.

Принудительная система охлаждения может быть выполнена как открытой, так и закрытой. Если система охлаждения постоян-

но сообщена с атмосферой через пароотводную трубку, то ее называют *открытой*, а если она разобщена с атмосферой при помощи паровоздушного клапана, то — *закрытой*.

Закрытая система охлаждения работает при давлении более высоком, чем атмосферное, что уменьшает испарение жидкости и образование накипи внутри системы, поэтому она широко применяется в современных двигателях.

Допустимая температура охлаждающей воды в закрытых системах 100° С, а в открытых — 90—95° С.

### § 58. Конструкция и принцип действия элементов системы жидкостного охлаждения

Система охлаждения с принудительной циркуляцией воды состоит из следующих основных элементов: водяного насоса, радиатора, вентилятора, термостата, рубашек охлаждения цилиндров и головки цилиндров, вспомогательных устройств и контрольно-измерительных приборов (термометры и манометры).

Водяной насос предназначен для создания циркуляции воды в системе охлаждения. В жидкостных системах охлаждения двигателей обычно применяют насосы центробежного типа как наиболее простые, надежные и дешевые в производстве.

Центробежный насос (рис. 41) состоит из улиткообразного корпуса 1 с подводящим 4 и отводящим 5 патрубками, крыльчатки 2, закрепленной на валике 3, и уплотнительного устройства. Валик насоса обычно объединен с валиком вентилятора и приводится во вращение от коленчатого вала при помощи клиноременной передачи.

Принцип действия водяного насоса состоит в следующем. При вращении крыльчатки вода, поступающая из подводящего патрубка к центру крыльчатки, отбрасывается центробежной силой к стенкам корпуса, откуда вытесняется в водяную рубашку через отводящий патрубок.

Радиатор предназначен для передачи тепла от нагретой воды в окружающий воздух. Он состоит из верхнего 2 (рис. 42, а) и нижнего 3 бачков и сердцевин 1, в которой происходит охлаждение воды. Верхний бачок имеет горловину для заливки воды, которая плотно закрывается крышкой 4. В верхнем бачке установлена контрольная пароотводная трубка, сообщающая внутреннюю полость бачка с атмосферой. Нижний бачок имеет кран 7 или пробку для слива воды из системы.

К стенкам верхнего и нижнего бачков прикреплены подводящий и отводящий патрубки, которые с помощью шлангов присоединены к патрубкам головки и блока двигателя.

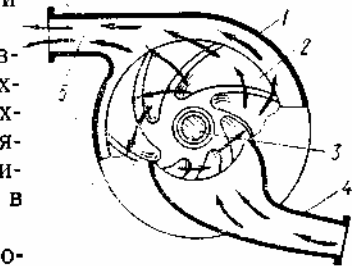


Рис. 41. Водяной насос

Сердцевины радиаторов выполняют трубчато-пластинчатыми, пластинчатыми и сотовыми.

Трубчато-пластинчатая сердцевина (рис. 42, б) состоит из нескольких рядов трубок 1 круглого или овального сечения. Концы трубок впаяют в верхний и нижний бачки. Чтобы повысить поверхность охлаждения и увеличить жесткость, трубки по длине

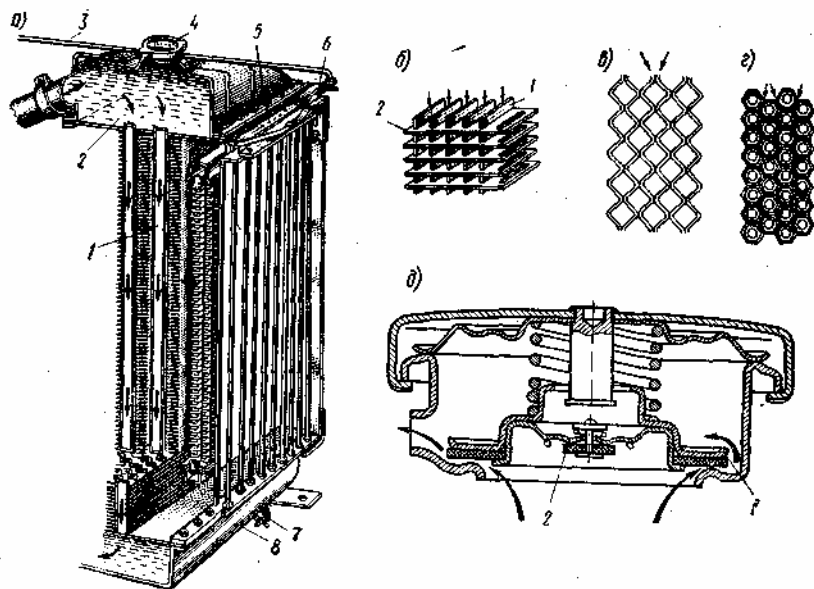


Рис. 42. Радиатор и его детали

соединены между собой тонкими пластинами 2. В этой сердцевине воздух проходит между трубками и охлаждает воду, протекающую по трубкам.

Пластинчатая сердцевина (рис. 42, в) состоит из ряда зигзагообразных пластин, спаянных между собой и образующих пространство, по которому течет вода. Между трубками проходит воздух.

Сотовая сердцевина (рис. 42, г) состоит из ряда шестигранных трубок, расположенных горизонтально к направлению потока воздуха. Воздух, проходя по трубкам, охлаждает воду, протекающую между трубками.

Наибольшее распространение в двигателях получили радиаторы с трубчато-пластинчатой сердцевиной.

В тракторных двигателях кроме перечисленных радиаторов применяют радиаторы, у которых сердцевина состоит из отдельных железных оцинкованных трубок с оребрением.

Трубки большинства радиаторов изготовляют из латуни Л90, а охлаждающие пластины — из латуни Л62 или меди.

Паровоздушный клапан (рис. 42, д) предохраняет радиатор от разрушения при повышении или понижении в нем давления. Он устанавливается в крышке 4 радиатора (см. рис. 42, а). Если в системе произойдет перегрев воды и избыточное давление пара повысится до 0,03 МПа, то паровой клапан 1 открывается и выпускает избыток пара в атмосферу через паропроводную трубку. В случае возникновения в системе разрежения, равного 0,001 МПа, воздушный клапан 2, размещенный внутри парового клапана, открывается и впускает через паропроводную трубку воздух из атмосферы в верхний бачок радиатора.

Для регулирования количества воздуха, проходящего через радиатор, перед ним устанавливают металлические поворотные пла-

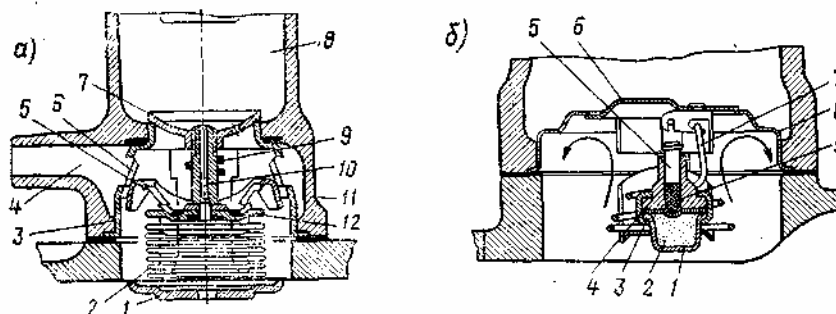


Рис. 43. Термостаты водяного охлаждения

стинки-жалюзи 5. Эти пластинки с помощью тяги 3 и системы рычагов 6 могут быть полностью открыты, закрыты или поставлены в промежуточное положение.

**Вентилятор** предназначен для усиления циркуляции воздуха через радиатор. В двигателях жидкостного охлаждения преимущественно применяют многолопастные осевые вентиляторы с числом лопастей 2—6. Лопасти вентилятора располагают радиально или под некоторым углом. Наиболее выгодный угол атаки для плоских лопастей 40—50°, а для выпуклых около 35°. Для уменьшения вибрации и шума лопасти вентилятора располагают X-образно, попарно под углом 70 и 110°.

Вентилятор приводится во вращение в большинстве случаев от коленчатого вала при помощи клиноременной передачи. Вентилятор располагается непосредственно за сердцевиной радиатора.

**Термостат** в системе охлаждения предназначен для ускорения прогрева двигателя после пуска и автоматического поддержания температуры охлаждающей воды в наиболее выгодных пределах. В двигателях широкое распространение получили жидкостные термостаты.

Жидкостный термостат (рис. 43, а) состоит из закрытого гофрированного баллона 2, корпуса 3, основного клапана 7, вспомогательного клапана 5, штока 10 и направляющей планки 9. Гофрированный баллон заполнен легкокипящей жидкостью (около 5—



8 см<sup>3</sup>), состоящей из 1/3 этилового спирта и 2/3 дистиллированной воды. Нижнее дно баллона припаяно к рамке 1 в корпусе термостата. К верхнему дну баллона припаян диск 12 с вспомогательным клапаном и шток 10 с основным клапаном. На конической боковой поверхности корпуса имеются два окна 6. Термостат устанавливается в патрубке 11, соединяющем головку цилиндров с радиатором.

Принцип действия двухклапанного термостата состоит в следующем. Когда температура воды ниже 70°, основной клапан 7 перекрывает канал 8, ведущий в радиатор, и вода из головки цилиндров через окна 6 поступает по каналу 4 патрубка 11 в водяной насос, минуя радиатор. В момент, когда температура воды будет выше 70° С, гофрированный баллон деформируется вследствие увеличения упругости паров смеси и основной клапан 7 откроется, а вспомогательный клапан 5 перекроет окна 6 и вода начнет циркулировать через радиатор.

В двигателях ЗИЛ-130 и ЗИЛ-131 применяют термостаты с твердым наполнителем.

Термостат с твердым наполнителем (рис. 43, б) состоит из баллона 1, кожуха 8, резиновой мембраны 3, резинового буфера 9, корпуса 4, штока 5, заслонки 6 и пружины с отростком 7. Баллон 1 заполнен смесью 2 церезина с медным порошком.

Принцип действия термостата с твердым наполнителем состоит в следующем. Когда температура воды ниже 70° С, канал, соединяющий рубашку двигателя с радиатором, перекрыт заслонкой 6 и вода циркулирует, минуя радиатор. В момент, когда температура воды выше 70° С, смесь 2 плавится и, сильно расширяясь, действует на резиновую мембрану 3, которая поднимает резиновый буфер 9, шток 5, находящийся в корпусе 4, открывает заслонку 6 и вода циркулирует через радиатор. При снижении температуры воды смесь 2 уменьшает свой объем и заслонка 6 под воздействием пружины 7 закрывается.

Температуру воды в системе охлаждения измеряют дистанционным или электрическим термометром.

### § 59. Система воздушного охлаждения

Систему воздушного охлаждения в последнее время широко применяют на автотракторных двигателях небольшой мощности. При воздушном охлаждении отвод тепла от нагреваемых деталей (головка, цилиндр) осуществляется обдувкой их струей воздуха. Интенсивность воздушного охлаждения зависит от скорости, плотности и температуры охлаждающего воздуха и размеров поверхности отдачи тепла. Чтобы повысить интенсивность отдачи тепла окружающему воздуху, наружные поверхности цилиндров и головок изготавливают со специальными ребрами. Обдувку ребренных поверхностей цилиндров и головок осуществляется с помощью специальных вентиляторов.

В двигателях с воздушной системой охлаждения применяют центробежные и осевые вентиляторы.

Воздушное охлаждение по сравнению с жидкостным имеет ряд преимуществ: 1) меньшую массу, приходящуюся на единицу мощности; 2) отсутствие охлаждающей жидкости (воды); 3) более простой уход за системой, особенно в зимнее время. Но воздушное охлаждение по сравнению с жидкостным имеет и существенные недостатки: неравномерное охлаждение многоцилиндровых двигателей, большую склонность к детонации карбюраторных двигателей, повышенный шум при работе и большую затрату мощности на привод вентилятора.

### § 60. Неисправности системы охлаждения и техническое обслуживание

Основные неисправности системы охлаждения: течь охлаждающей жидкости через сальники водяного насоса, места соединения шлангов и патрубков радиатора; отложение накипи на стенках водяной рубашки и трубок радиатора; ослабление натяжения ремня вентилятора и неполадки термостата. Эти неисправности можно предупредить, если своевременно проводить техническое обслуживание (уходы) и устранять возникшие неполадки.

Уход за системой жидкостного охлаждения состоит в постоянной проверке и поддержании необходимого уровня воды в системе охлаждения, подтяжке креплений и сальников, промывке системы, проверке и регулировке натяжения ремня вентилятора, смазке подшипников насоса и вентилятора и проверке действия термостата.

Перед началом работы двигателя следует проверить уровень воды в системе охлаждения. Уровень воды в радиаторе должен быть ниже верхней кромки заливной горловины на 6—8 см. Если воды мало, то необходимо долить ее. При проверке уровня воды в радиаторе на прогревом двигателе следует оберегать лицо от ожогов паром и водой, выбрасываемых через горловину радиатора при снятии крышки горловины.

Заливать радиатор необходимо чистой и мягкой водой, т. е. не содержащей растворенных в ней солей. Если вода жесткая, то ее следует смягчить предварительным кипячением с добавлением 5—10 г каустической соды, 30—60 г хромпика, 3—4 г тринатрийфосфата на каждые 10 л воды.

При работе двигателя в холодное время систему охлаждения рекомендуется заполнять специальной жидкостью с температурой замерзания — 40° С, называемой антифризом марки 40. Заливать антифризом марки 40 систему охлаждения нужно в несколько меньших количествах (на 5—7%), чем воду, так как он больше расширяется при нагревании. При уменьшении уровня антифриза марки 40 вследствие испарения необходимо в него добавлять чистую мягкую воду. Антифриз марки 40 ядовит, поэтому обращаться с ним необходимо очень аккуратно.

Систему охлаждения (один раз в году) следует промывать от накипи раствором кальцинированной соды (100—150 г на 1 л воды). Заполнив систему охлаждения этим раствором, заставляют двигатель работать под нагрузкой в течение 10—12 ч. После этого раствор сливают, а систему несколько раз промывают чистой водой. Этот способ промывки системы охлаждения применяют только в двигателях, не имеющих в системе охлаждения алюминиевых деталей. Систему охлаждения у двигателей, имеющих головки цилиндров и блок-картеры из алюминиевого сплава, промывают от накипи раствором ингибированной соляной кислоты (0,5 л на 10 л воды) в течение 1—2 ч.

В процессе работы двигателя необходимо следить за правильной натяжкой ремня вентилятора и его исправностью и в случае необходимости регулировать натяжение ремня вентилятора. Нормальным натяжением ремня вентилятора считают такое, когда при натяжении деревянной линейкой на ремень с усилием 4—5 кг образуется прогиб 15—20 мм. У большинства двигателей ремень вентилятора натягивают перемещением генератора или перемещением генератора и насоса гидроусилителя рулевого управления.

Следует систематически следить за состоянием всех уплотнений, не допуская течи воды из системы охлаждения.

Периодически необходимо смазывать подшипники насоса и вентилятора.

Периодически следует проверять действие термостата. Для этого нужно вынуть термостат из патрубка головки цилиндров и очистить его от накипи, затем термостат погрузить в бачок с водой. Бачок установить на электроплитку и нагреть воду. По мере нагревания по термометру отмечают температуру воды, соответствующую началу открытия и полному открытию клапана термостата. При несоответствии моментов начала и полного открытия клапана термостата температурам, на которые он рассчитан, термостат следует заменить.

## Глава XIII

### СИСТЕМА СМАЗКИ

#### § 61. Масла для двигателей внутреннего сгорания

В д.в.с. в качестве смазочного материала применяют моторные масла (автолы) и консистентные смазки, являющиеся продуктами переработки нефти. Масла, используемые для смазки трущихся деталей двигателя, должны обладать следующими основными качествами: оптимальной вязкостью, высокой маслянистостью, высокой температурой вспышки, низкой температурой застывания, высокой термоокислительной стабильностью, высокими антикоррозионными свойствами, отсутствием механических приме-

сей и воды, хорошей стабильностью при хранении и транспортировке.

Вязкость масла обеспечивает жидкостное трение. При недостаточной вязкости масла легко наступает полужидкостное трение, что приводит к повышению механических потерь и износа деталей двигателя. Высокая вязкость масла также увеличивает потери на трение и уменьшает количество масла, проходящего через зазоры деталей. Вязкость масла изменяется в зависимости от температуры: с повышением ее вязкость уменьшается, с понижением — возрастает. Поэтому от масла требуется сохранение вязкости при высоких температурах и незначительное увеличение ее при низких температурах. Вязкость масла измеряют в единицах кинематической вязкости — м<sup>2</sup>/с при 100° С.

Маслянистость масла обеспечивает образование на трущейся поверхности плотно пристающей к ней непрерывной пленки. Чем больше маслянистость, тем устойчивее масляная пленка и тем медленнее она разрушается на трущихся поверхностях.

*Температура вспышки масла* — это минимальная температура, при которой воспламеняются его пары при поднесении к ним пламени. Масло с минимальной температурой вспышки непригодно для смазки сильно нагреваемых деталей. Масла имеют обычно температуру вспышки 170—200° С.

*Температура застывания масла* — это температура, при которой уровень масла в пробирке при ее наклоне под углом 45° остается неподвижным в течение 1 мин. Температура застывания масла характеризует минимальную температуру, при которой возможен запуск двигателя. Зимние сорта масла имеют температуру застывания от —20 до —35° С.

Термоокислительная стабильность масла характеризует стойкость масел против лако- и нагарообразования. Повышенное нагаро- и лакоотложение вызывает пригорание и закоксовывание поршневых колец, что приводит к увеличенным износам цилиндра и поломке колец.

Масло не должно содержать коррозирующих веществ, механических примесей и воды. Присутствие коррозирующих веществ способствует коррозии деталей двигателя и, в частности, цилиндров и вкладышей подшипников. Наличие воды приводит к образованию пены и эмульсий, ухудшающих условия смазки.

Чтобы улучшить смазочные качества, к маслам добавляют в незначительных количествах присадки, которые разделяются на: 1) вязкостные — повышающие вязкость масла, 2) депрессорные — уменьшающие температуру застывания масла, 3) противокоррозионные — образующие на трущихся поверхностях защитную пленку от коррозии, 4) антиокислительные — уменьшающие склонность масла к кислотообразованию, 5) моющие — уменьшающие образование нагара, 6) противопенные — уменьшающие пенообразование масла, 7) комплексные или многофункциональные — обладающие несколькими перечисленными свойствами.

Для смазки карбюраторных двигателей применяют масла: АС-6(М6Б), АС-8(М8Б), АС-10(М10Б), АС<sub>П</sub>-6(М6Б), АС<sub>П</sub>-10(М10Б), АКЗ<sub>П</sub>-6(М6Б), АКЗ<sub>П</sub>-10(М10Б), АК<sub>П</sub>-10(М10Б), АК-15, а для смазки дизелей — дизельные масла: Д<sub>П</sub>-8, ДС<sub>П</sub>-8, Д<sub>П</sub>-11, ДС<sub>П</sub>-11, Д<sub>П</sub>-14, ДС-8, Д-11, ДС-11.

Обозначение масла имеет следующую расшифровку: А — автотракторное, Д — дизельное, С — селективная очистка, К — серно-кислотная очистка, З — загуститель, повышающий вязкость масла, П — масло содержит моющую, антиокислительную или комплексную присадку, цифры — вязкость масла. В скобках дано обозначение по классификации масел. Буква М обозначает, что масло моторное, цифра показывает вязкость масла, буква Б — группу масел.

Консистентные смазки — это густые мазеообразные пластические вещества, состоящие из минерального масла (75—90%) и загустителя (10—25%). В качестве загустителей применяют мыло и парафин. Консистентные смазки применяют как антифрикционные, защитные и уплотнительные.

## § 62. Назначение и виды систем смазки

Уменьшение работы трения и износа деталей достигают введением слоя масла между трущимися поверхностями деталей, перемещающихся друг по другу во время работы двигателя. Смазка также защищает детали двигателя от коррозии, отводит тепло, выделяющееся в результате трения трущихся поверхностей. Чтобы обеспечить нормальную работу двигателя, в его конструкции предусматривают специальные устройства для непрерывного подвода масла к узлам трения и очистки его. Совокупность таких устройств образует систему смазки. Системы смазки в зависимости от способа подвода масла к трущимся поверхностям деталей делят на смазку разбрызгиванием и комбинированную.

В системе смазки разбрызгиванием масло, залитое в картер до определенного уровня, при вращении коленчатого вала разбрызгивается кривошипными головками шатунов, имеющими специальные черпачки. Масло при этом дробится на мельчайшие капельки, которые оседают на трущихся поверхностях и смазывают их.

Достоинство системы смазки разбрызгиванием — простота устройства, а недостаток — уменьшение интенсивности смазки по мере снижения уровня масла в картере. Система смазки разбрызгиванием не имеет применения в многоцилиндровых двигателях. Она применяется только лишь в пусковых двигателях, работающих непродолжительное время.

В комбинированной системе смазки нагруженные детали смазываются маслом, подаваемым на трущиеся поверхности под давлением, создаваемым насосом, а менее нагруженные — разбрызгиванием или самотеком.

## § 63. Комбинированная система смазки

Комбинированные системы смазки в зависимости от места нахождения основного количества масла разделяют на системы: с мокрым картером, в которых резервуаром для масла служит поддон картера, и с сухим картером, в которых резервуаром для масла служат специальные баки, расположенные внутри картера или вне двигателя.

В большинстве современных автотракторных двигателей применяют комбинированную систему смазки с мокрым картером. На рис. 44 приведена схема комбинированной системы смазки с мокрым картером двигателя ЗИЛ-130. Циркуляция масла в двигателе создается двухсекционным шестеренчатым масляным насосом 3, в который масло поступает из поддона картера 17 через маслоприемник 18. Верхняя секция насоса 3 подает масло по каналу 4 в фильтр грубой очистки 6. Часть очищенного в этом фильтре масла (около 20—25%) поступает в центробежный фильтр тонкой очистки 7. В нем масло очищается и стекает в поддон картера. Основная часть масла из фильтра грубой очистки направляется в распределительную камеру 5, откуда поступает в два продольных магистральных канала 10 и 16. Из правого канала 16 масло подается на смазку кривошипно-шатунного механизма компрессора 8, из картера которого оно сливается в поддон картера 17 по трубке 12. Из левого канала 10 масло подается к коренным подшипникам коленчатого вала и подшипникам распределительного вала. От коренных подшипников масло через каналы в коленчатом валу поступает в полости 15 шатунных шеек, а из них — к шатунным подшипникам.

На стенки цилиндра масло впрыскивается из отверстия 21 в нижней головке шатуна при совпадении этого отверстия с каналом в шатунной шейке коленчатого вала. Поршневой палец смазывается маслом, снимаемым со стенок цилиндра маслоъемным кольцом и направляемым во внутренние полости бобышек поршня и верхней головки шатуна. Чтобы смазать детали клапанного механизма, масло подается по каналу 9 из средней шейки распределительного вала. Из канала 9 масло через паз в стойке 19 коромысла и через зазор между отверстием в стойке и болтом, крепящем стойку, поступает внутрь полой оси 20 коромысел и оттуда к втулкам коромысел. От втулок коромысел масло через канал, выполненный в коротком плече коромысла, подается для смазки верхних сферических наконечников штанг. По каналам 11 и сверлениям в передней шейке распределительного вала масло направляется к упорному фланцу и шестерням распределительного вала. Толкатели смазываются маслом, поступающим непосредственно из магистральных каналов. Нижняя секция насоса 3 подает масло по маслопроводу 1 через кран 2 в масляный радиатор 13, где масло охлаждается. Охлажденное масло сливается в поддон картера по трубке 14.

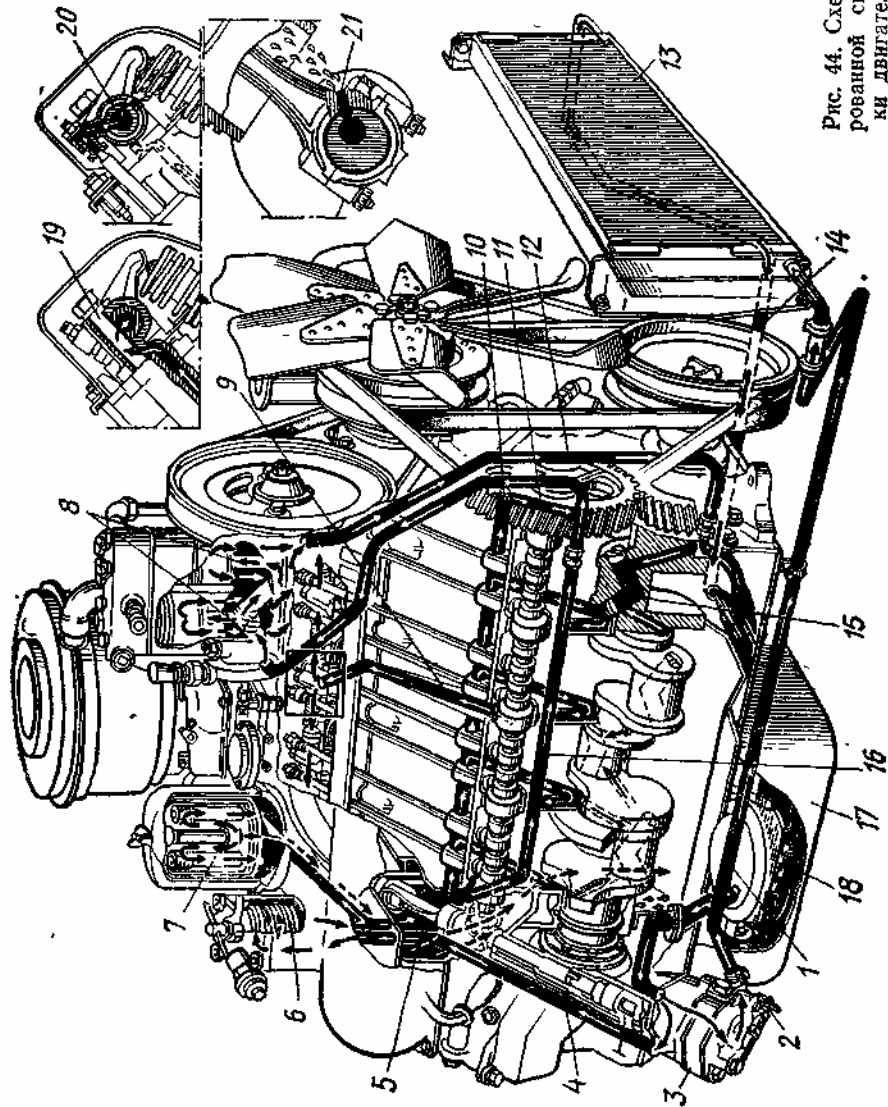


Рис. 44. Схема комбинированной системы смазки двигателя ЗИЛ-130

Таким образом, масло под давлением поступает к коренным и шатунным подшипникам коленчатого вала, подшипникам и шестерням распределительного вала, кривошипно-шатунному механизму компрессора, упорному фланцу распределительного вала и к втулкам коромысел. Остальные трущиеся детали смазываются разбрызгиванием.

#### § 64. Конструкция и принцип действия элементов системы смазки

Комбинированная система смазки состоит из следующих основных элементов: масляного насоса, масляных фильтров грубой и тонкой очистки, масляного радиатора и контрольных приборов (манометра, термометра и указателя уровня масла).

Масляный насос предназначен для нагнетания масла в систему смазки двигателя. Насосы системы смазки обычно выполняют шестеренчатого типа с шестернями внешнего зацепления. Шестеренчатые насосы изготовляют одно-, двух- и трехсекционные.

Односекционный масляный насос (рис. 45) состоит из корпуса 5, в котором размещены две шестерни — ведущая 1 и ведомая 2. Ведущая шестерня 1 приводится во вращение валиком 9, на котором она крепится с помощью шпонки. Ведомая шестерня свободно вращается на оси 8. В корпусе 5 имеется два канала — всасывающий 6 и нагнетательный 3. К всасывающему каналу подсоединена заборная трубка с плавающим маслоприемником, имеющим фильтрующую сетку 7. В корпусе насоса размещен редукционный клапан 4.

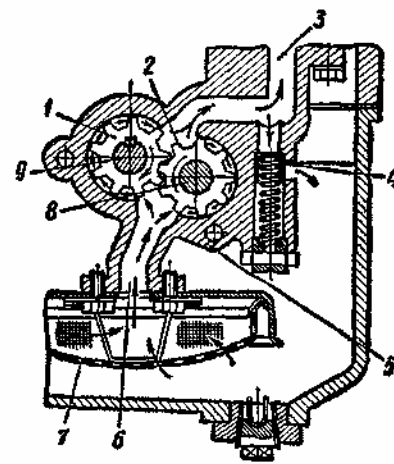


Рис. 45. Масляный насос

Масляный насос обычно располагается внутри поддона картера или снаружи блок цилиндров, имея приемник масла в масляной ванне.

Принцип действия масляного насоса состоит в следующем. При вращении шестерен масло поступает во всасывающий канал и, попадая во впадины между зубьями шестерен, переносится ими по стенке корпуса в нагнетательный канал, а затем в масляную магистраль.

Редукционный клапан 4 предназначен для ограничения давления в масляной магистрали. При повышении давления в магистрали редукционный клапан обеспечивает слив части масла в поддон картера.

У двухсекционных масляных насосов одна секция подает масло к трущимся поверхностям деталей, а вторая — в масляный радиатор (ЗИЛ-130) или в центрифугу. У этих насосов маслоприемник установлен неподвижно. В трехсекционных насосах одна секция нагнетающая, а две откачивающие.

**Масляные фильтры** предназначены для очистки масла от механических примесей и смолистых веществ. Масло очищается в фильтрах грубой и тонкой очистки.

**Фильтры грубой очистки** обеспечивают очистку масла от крупных частиц (40—80 мкм) механических примесей и осадков. Они обладают большой пропускной способностью, малым сопротивлением фильтрующего элемента и включаются в масляную систему

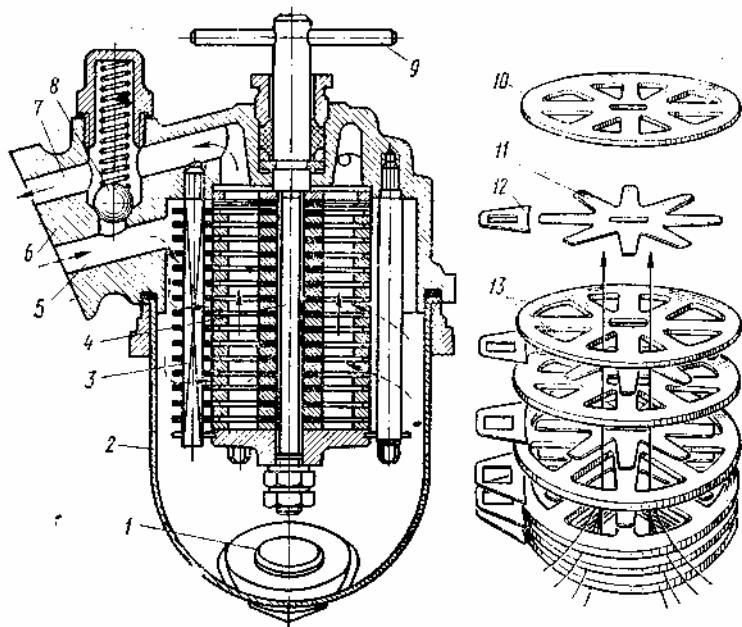


Рис. 46. Фильтр грубой очистки масла

последовательно, пропуская все масло, подаваемое насосом в магистраль. Фильтрующие элементы фильтров грубой очистки выполняют сетчатыми, пластинчато- и ленточно-шелковыми.

На рис. 46 показан пластинчато-шелковый фильтр грубой очистки двигателя ЗИЛ-130. Он состоит из корпуса 6, отстойника 2, сливной пробки 1, фильтрующего элемента и перепускного клапана 8. Фильтрующий элемент состоит из набора чередующихся между собой тонких фильтрующих стальных пластин 10 и пластин 11 (звездочек), собранных на стержне 4. В собранном элементе зазор между пластинами 10 равен 0,08 мм. Пластины элемента сжимаются на стержне 4 гайками. Сбоку фильтрующих пластин

на квадратном стержне 3 размещены очищающие пластины 12, которые входят в зазоры между пластинами 10.

Масло от насоса поступает по подводющему каналу 5 в отстойник 2. Из отстойника масло под давлением, создаваемым насосом, проходит через зазоры в фильтрующем элементе. При этом масло очищается от механических примесей, которые осаждаются на поверхности фильтрующего элемента и в отстойнике. Очищенное масло по отверстиям 13 в пластинах 10 подается в отводящий канал 7 и затем в масляную магистраль.

Очистка фильтрующего элемента осуществляется поворотом стержня 4 рукояткой 9. При этом зазоры между пластинами 10 очищаются от грязи неподвижными пластинами 12.

Перепускной клапан 8 предназначен для перепуска масла в главную магистраль при увеличении сопротивления в фильтре (вследствие его засорения или большой вязкости масла). При засорении фильтрующего элемента перепускной клапан открывается и масло поступает в магистраль, минуя фильтр грубой очистки. Для грубой очистки масла двигателей ЯМЗ и других применяют фильтры, представляющие собой металлические каркасы с гофрированными поверхностями, на которых установлены сетки: внутренняя стальная и наружная латунная.

**Фильтры тонкой очистки** обеспечивают очистку масла от механических частиц небольшого размера до 2—3 мкм и смолистых веществ. Они обладают малой пропускной способностью (10—15% производительности масляного насоса), высоким сопротивлением фильтрующего элемента и включаются в систему смазки параллельно главной масляной магистрали. Фильтрующие элементы тонкой очистки (картонные, бумажные, матерчатые и др.) — сменные. В автотракторных двигателях применяют картонные фильтрующие элементы типа АСФО.

В последнее время на двигателях в качестве фильтров тонкой очистки широко применяют центробежные фильтры или центрифуги с частотой вращения ротора 6000—7000 об/мин.

На рис. 47 приведена конструкция центробежного фильтра тонкой очистки. Очистка масла в нем осуществляется под действием центробежных сил, возникающих при вращении ротора центрифуги. Ротор состоит из корпуса 7 с маслоотводными каналами 6 и колпака 5, скрепленных гайкой. Каналы 6 сверху закрыты сетчатым фильтром 3. Внизу маслоотводящие каналы 6 сообщаются с касательными каналами 10, которые оканчиваются форсунками с жиклерами 9. Ротор в сборе надет на ось 4 и сверху закрыт кожухом 2, прижатым барашком 1 к корпусу 8 фильтра.

Масло под давлением, создаваемым насосом, поступает во внутреннюю полость ротора через канал в оси 6. Заполнив полость ротора, масло проходит через сетчатый фильтр и каналы к жиклерам форсунок, откуда выбрасывается с большой скоростью и сливается в поддон картера двигателя. Возникающие при этом реактивные силы вращают на оси 4 ротор с большим числом оборотов. Под действием центробежных сил механические частицы, находя-

щиеся в масле, отбрасываются к внутренней поверхности стенок колпака 5 и оседают на них в виде плотного слоя. Образовавшийся осадок удаляют при техническом обслуживании.

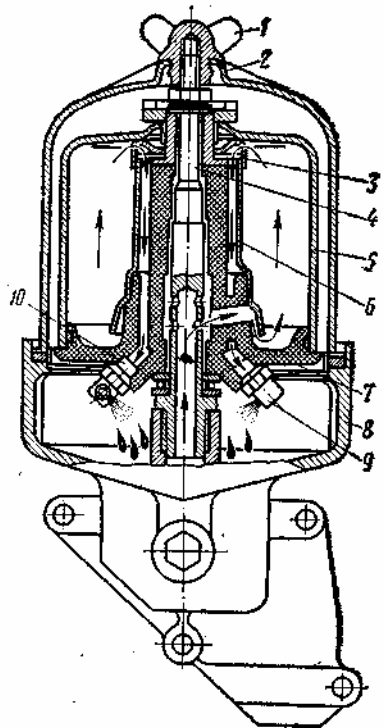


Рис. 47. Центробежный фильтр тонкой очистки масла

Масляные радиаторы предназначены для охлаждения масла в летнее время и при перегрузках двигателя. Конструкции радиаторов, передающих тепло от масла в окружающую среду, по роду охладителя делят на водомасляные и воздушно-масляные. В водомасляных радиаторах трубки омываются жидкостью системы охлаждения, а в воздушно-масляных — атмосферным воздухом.

Наибольшее распространение в автотракторных двигателях получили воздушно-масляные радиаторы, которые устроены подобно водяным радиаторам, но по размерам они значительно меньше. Масляный радиатор обычно устанавливают перед водяным радиатором, и циркулирующее масло по трубкам охлаждается потоком воздуха, создаваемым вентилятором. Масляный радиатор включают и отключают при помощи крана-переключателя или клапана-термостата. Клапан-термостат устанавливают в канале или трубопроводе, соединяющем выходной и входной патрубки радиатора. Пружина клапана-термостата отрегулирована на перепад давлений 0,5—0,7 МПа. При перепаде давления, большем 0,5—0,7 МПа, клапан-термостат откроется и масло, минуя радиатор, проходит в фильтр грубой очистки.

Контрольные приборы системы смазки состоят из устройств для наблюдения за давлением (манометр) и температурой (дистанционный термометр) масла в системе смазки. В системе смазки с мокрым картером для проверки уровня масла в картере имеется маслоизмерительный стержень, на котором нанесены метки, указывающие максимально и минимально допустимые уровни.

### § 65. Вентиляция картера

Во время работы двигателя через неплотности между поршневыми кольцами и цилиндром в поддон картера проникает некоторое количество паров топлива, воздуха и отработавших газов,

содержащих пары воды и сернистый газ. Пары топлива, конденсируясь на стенках цилиндра и попадая в поддон картера, разжижают масло. Пары воды, конденсируясь в поддоне картера, вспенивают масло и приводят к образованию эмульсий. Сернистый газ, соединяясь с водой, имеющейся в масле, образует сернистую или серную кислоту. Кислота, попадая вместе с маслом на рабочие поверхности деталей, разъедает их, ускоряя износ.

Пары топлива и отработавшие газы удаляются из поддона картера двигателя путем вентиляции картера. На современных

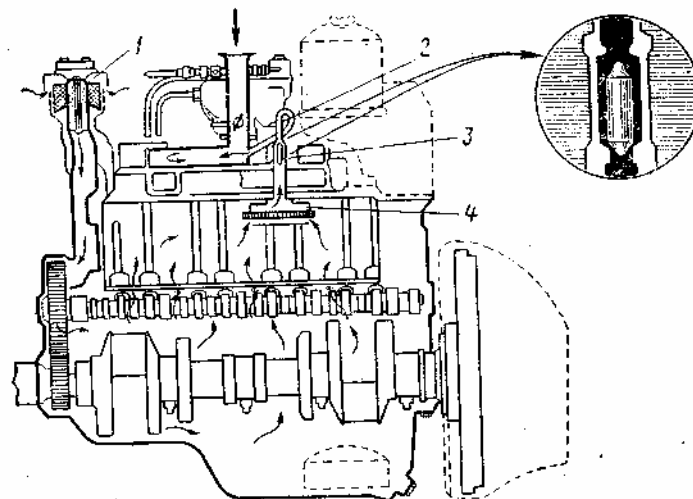


Рис. 48. Схема вентиляции картера двигателя ЗИЛ-130

автотракторных двигателях устанавливают принудительные системы вентиляции картера.

На рис. 48 приведена схема принудительной вентиляции картера двигателя ЗИЛ-130. Из поддона картера газы отсасываются через специальный клапан 3, установленный на впускном трубопроводе, и трубку 2 в центральную часть впускного трубопровода. При работе двигателя на небольших нагрузках клапан 2 под действием большого разрежения во впускном трубопроводе поднимается вверх, уменьшая проходное сечение отверстия клапана до величины, необходимой для прохода картерных газов. Если двигатель работает на больших нагрузках, то разрежение во впускном трубопроводе уменьшается и клапан под действием собственной массы опускается вниз, увеличивая проходное сечение отверстия клапана.

Частицы масла от отсасываемых газов отделяются в специальном уловителе 4, расположенном перед клапаном 3. Свежий воздух поступает в поддон картера двигателя через воздушный фильтр 1, расположенный на маслоразливной горловине.



## § 66. Неисправности системы смазки и техническое обслуживание

Основные неисправности системы смазки: повышенный расход масла, перегрев его и снижение или повышение давления в главной магистрали.

Повышенный расход масла наблюдается вследствие интенсивного поступления масла в камеру сгорания из-за износа компрессионных колец, утечки масла через неплотности в узлах системы смазки и из поддона картера.

Перегрев масла может возникнуть из-за перегрузки двигателя, засорения масляного радиатора и недостаточного количества масла в поддоне картера.

Пониженное давление масла (показываемое манометром) может быть вследствие разжижения масла, недостаточного количества масла в системе, увеличения зазоров между трущимися деталями из-за их износа, утечки масла вследствие пробоя прокладки между поддоном картера и блок-картером и неисправности масляного насоса или манометра. Повышение давления масла (показываемое манометром) происходит из-за переохлаждения масла в холодную погоду, засорения маслопроводов, фильтров, редукционных клапанов и неисправности манометра.

Указанные неисправности можно предупредить, если своевременно проводить техническое обслуживание и устранять возникающие неполадки.

Уход за системой смазки состоит в постоянной проверке и поддержании необходимого уровня масла в поддоне картера, смене масла и промывке системы, периодической очистке фильтров и в осмотре механизмов и приборов системы.

Уровень масла в поддоне картера проверяется при помощи маслоизмерительного стержня перед пуском двигателя. Уровень масла должен находиться около верхней метки на маслоизмерительном стержне. При недостатке масла необходимо долить его. Масло в системе смазки двигателя меняют согласно инструкции завода-изготовителя. Масло из поддона картера, корпуса фильтров и масляного радиатора следует сливать сразу же после остановки двигателя, пока механические примеси и смолистые отложения в нем не успели осесть. После слива масла необходимо систему смазки промыть маловязким (веретенным) маслом, для чего в поддон картера заливают 2—3,5 л промывочного масла и дают двигателю проработать на малых оборотах коленчатого вала в течение 3—5 мин. Затем сливают из системы смазки промывочное масло и заполняют ее свежим маслом до нормального уровня и запускают двигатель. После запуска двигателя и заполнения фильтров и каналов необходимо проверить уровень масла в поддоне и в случае необходимости долить его до верхней метки маслоизмерительного стержня.

В процессе эксплуатации двигателя следует ежедневно сливать отстой из корпусов фильтров. Пластинчатые фильтрующие элемен-

ты необходимо ежедневно (пока двигатель не остыл) очищать путем проворачивания рукоятки фильтра.

Ротор центробежного фильтра необходимо через каждые 100—140 ч работы двигателя очищать от отложений, промывать в керосине и обдуть сжатым воздухом. Ежедневно следует проверять центробежный фильтр по шуму вращения ротора. При остановке двигателя ротор исправной центрифуги должен вращаться по инерции в течение 2—3 мин, при этом будет слышен легкий шум ротора.

Во время работы надо следить за давлением в масляной магистрали по показаниям манометра и за температурой — по дистанционному термометру. При резком снижении давления масла в магистрали необходимо остановить двигатель, выяснить причину и устранить неисправность. Следует систематически следить за состоянием всех уплотнений, не допускать течи масла из системы смазки.

## Глава XIV

### СИСТЕМА ПИТАНИЯ КАРБЮРАТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

#### § 67. Топливо для карбюраторных двигателей

В карбюраторных двигателях в качестве топлива применяют бензин — продукт переработки нефти. Основной тепловой показатель бензина — его теплота сгорания, которая для бензина составляет около 44 000 кДж/кг. Качество бензина оценивают по его основным эксплуатационно-техническим свойствам: испаряемости, антидетонационной стойкости, термоокислительной стабильности, отсутствию механических примесей и воды, стабильности при хранении и транспортировке.

Испаряемость бензина характеризует способность его переходить из жидкой фазы в паровую. Испаряемость бензина определяют по его фракционному составу, который находится его разгонкой при различных температурах. Об испаряемости бензина судят по температурам выкипания 10, 50 и 90% бензина. Так, например, температура выкипания 10% бензина характеризует его пусковые качества. Чем больше испаряемость при малых температурах, тем лучше качество бензина.

Бензины имеют различную антидетонационную стойкость, т. е. различную склонность к детонации. Антидетонационная стойкость бензина оценивается октановым числом (ОЧ), которое численно равно процентному содержанию по объему изооктана в смеси изооктана и гептана, равноценной по детонационной стойкости данному топливу. ОЧ изооктана принимают за 100, а гептана — за нуль. Чем выше ОЧ бензина, тем меньше его склонность к детонации.

Для повышения ОЧ к бензину добавляют этиловую жидкость, которая состоит из тетраэтилсвинца (ТЭС) — антидетонатора

и дибромэтена — выносителя. Этиловую жидкость добавляют к бензину в количестве 0,5—1 см<sup>3</sup> на 1 кг бензина. Бензины с добавкой этиловой жидкости называют *этилированными*, они ядовиты и при их использовании необходимо соблюдать меры предосторожности. Этилированный бензин окрашен в красно-оранжевый или сине-зеленый цвет.

Бензин не должен содержать коррозирующих веществ (серы, сернистых соединений, водорастворимых кислот и щелочей), так как присутствие их приводит к коррозии деталей двигателя.

Термоокислительная стабильность бензина характеризует его стойкость против смоло- и нагарообразования. Повышенное нагаро- и смолообразование вызывает ухудшение отвода тепла от стенок камеры сгорания, уменьшение объема камеры сгорания и нарушение нормальной подачи топлива в двигатель, что приводит к снижению мощности и экономичности двигателя.

Бензин не должен содержать механических примесей и воды. Присутствие механических примесей вызывает засорение фильтров, топливопроводов, каналов карбюратора и увеличивает износ стенок цилиндров и других деталей. Наличие воды в бензине затрудняет пуск двигателя.

Стабильность бензина при хранении характеризует его способность сохранять свои начальные физические и химические свойства при хранении и транспортировке.

Автомобильные бензины маркируются буквой А с цифровым индексом, показывающим значение ОЧ.

### § 68. Система питания карбюраторного двигателя

Система питания предназначена для очистки топлива и воздуха, приготовления горючей смеси требуемого качества, подачи ее в цилиндры двигателя в необходимом количестве и отвода из цилиндров отработавших газов.

Система питания карбюраторного двигателя (рис. 49) состоит из топливного бака 2, топливного фильтра 1, топливного насоса 6, воздухоочистителя 4, карбюратора 7, глушителя отработавших га-

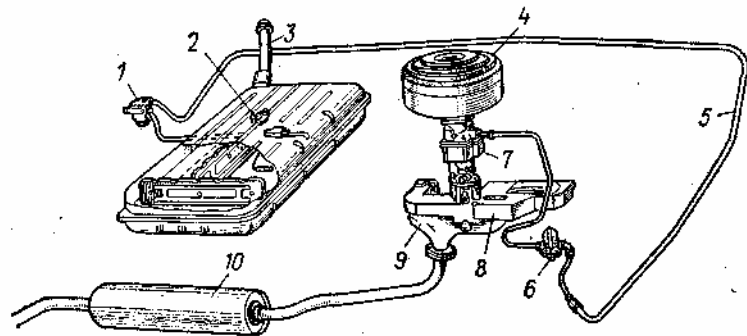


Рис. 49. Схема системы питания карбюраторного двигателя

зов 10, топливопроводов 5, впускного 8 и выпускного 9 трубопроводов.

Бензин из бака 2 через фильтр 1 подается топливным насосом 6 в карбюратор 7 по топливопроводу 5. В карбюраторе бензин распыливается на мельчайшие капли, смешивается с воздухом, поступившим из атмосферы через воздухоочиститель 4, и частично испаряется. В результате этого в карбюраторе образуется горючая смесь. Горючая смесь во время такта впуска поступает из карбюратора к цилиндрам двигателя по впускному трубопроводу 8. Во время такта выпуска отработавшие газы из цилиндра через выпускной трубопровод 9 и глушитель 10 отводятся в атмосферу. Бензин в бак заливают через трубку 3.

### § 69. Смесеобразование. Влияние качества и состава горючей смеси на работу двигателя

Чтобы обеспечить полное сгорание топлива в цилиндре двигателя, топливо должно быть соответствующим образом подготовлено к процессу сгорания в виде горючей смеси. Процесс приготовления горючей смеси из паров топлива и воздуха называют *смесеобразованием* или *карбюрацией*. В карбюраторных двигателях горючая смесь готовится не в цилиндре, а в специальных устройствах, называемых *карбюраторами*.

Процесс смесеобразования состоит из дозировки топлива и воздуха, истечения топлива или бензовоздушной эмульсии из распылителей, распыливания топлива и перемешивания его с воздухом и испарения топлива. Этот процесс начинается в карбюраторе, продолжается при движении горючей смеси во впускном трубопроводе и заканчивается в цилиндре двигателя в конце такта сжатия.

На работу двигателя оказывают существенное влияние качество и состав горючей смеси. В горючей смеси топливо должно быть хорошо распылено и равномерно перемешано с воздухом. Топливо и воздух должны содержаться в горючей смеси в строго определенных соотношениях.

Состав горючей смеси определяется коэффициентом избытка воздуха  $\alpha$ , который представляет собой отношение действительного количества воздуха  $L$ , участвующего в сгорании 1 кг топлива, к теоретически необходимому  $L_0$ , т. е.  $\alpha = L/L_0$ .

При  $\alpha = 1$  горючую смесь называют *нормальной*. В этой смеси на 1 кг бензина приходится 15 кг воздуха. Двигатель, работающий на нормальной смеси, развивает мощность, близкую к максимальной, при несколько большем удельном расходе бензина по сравнению с минимальным. При  $\alpha = 0,85 \div 0,9$  горючую смесь называют *обогащенной*, а при  $\alpha < 0,85$  — *богатой*. Двигатель при работе на обогащенной смеси развивает максимальную мощность вследствие наибольшей скорости сгорания и несколько большем расходе бензина. Работа двигателя на богатой смеси сопровождается умень-



шением мощности, ухудшением экономичности вследствие неполноты сгорания и уменьшения скорости сгорания.

При  $\alpha = 1,05 \div 1,1$  горючую смесь называют *обедненной*, а при  $\alpha > 1,1$  — *бедной*. При работе на обедненной смеси мощность двигателя снижается из-за уменьшения скорости сгорания, а расход топлива минимальный. Работа двигателя на бедной смеси сопровождается снижением мощности и ухудшением экономичности из-за очень малой скорости сгорания смеси.

Горючие смеси, у которых коэффициент избытка воздуха меньше 0,4 и больше 1,35, не воспламеняются.

## § 70. Конструкция и принцип действия элементарного карбюратора

Карбюратор предназначен для приготовления горючей смеси из паров топлива и воздуха. На двигателях внутреннего сгорания устанавливают карбюраторы пульверизационного типа. В зависимости от направления потока воздуха пульверизационные карбюраторы бывают с падающим, восходящим и горизонтальным потоками. Наилучшими являются карбюраторы с падающим потоком,

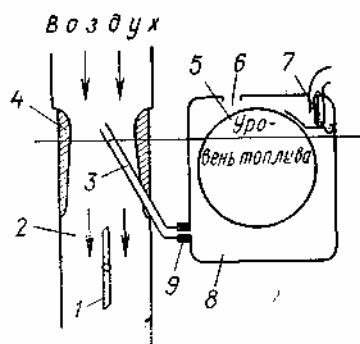


Рис. 50. Схема элементарного карбюратора пульверизационного типа

так как они позволяют увеличить наполнение цилиндра горючей смесью из-за уменьшения сопротивления впускной системы. Элементарный карбюратор с падающим потоком (рис. 50) состоит из поплавковой камеры 8 с поплавком 5, игольчатого клапана 7, распылителя 3, жиклера 9, диффузора 4, смешивающей камеры 2 и дроссельной заслонки 1.

Поплавковая камера с полым поплавком и игольчатым клапаном предназначена для поддержания постоянного уровня бензина в распылителе. Поплавковая камера через калиброванное отверстие-жиклер соединяется с распылителем.

Жиклер служит для дозировки бензина, поступающего в распылитель. Выходное отверстие распылителя расположено на 1—2 мм выше уровня бензина в поплавковой камере, что предотвращает утечку бензина из распылителя при неработающем двигателе.

Диффузор представляет собой вставной патрубок с суженным сечением. Он предназначен для увеличения скорости воздуха и повышения разрежения над распылителем. Дроссельная заслонка служит для изменения количества горючей смеси, поступающей из карбюратора в цилиндры двигателя.

Принцип действия элементарного карбюратора состоит в следующем. Бензин из топливного бака подается в поплавковую камеру. По мере ее заполнения поплавок всплывает и игольчатый клапан перемещается вверх. Когда бензин заполнит поплавковую

камеру до определенного уровня, поплавок с помощью игольчатого клапана закрывает отверстие, через которое бензин поступал в камеру.

Во время такта впуска в смешивающей камере создается разрежение. Под влиянием разрежения воздух через воздухоочиститель и воздушный патрубок поступает к диффузору. При движении через диффузор скорость воздуха увеличивается (до 100 м/с), а давление падает. Благодаря разности давлений в поплавковой камере, сообщаемой с атмосферным воздухом через отверстие 6, в диффузоре происходит истечение бензина из поплавковой камеры через жиклер в распылитель.

Бензин, вытекающий из распылителя со скоростью 4—5 м/с, подхватывается потоком воздуха, движущимся со скоростью 80—100 м/с, распыливается на мельчайшие частицы, испаряется и перемешивается с воздухом, образуя горючую смесь, которая поступает в цилиндр двигателя. Образовавшаяся смесь в карбюраторе неоднородна; она состоит из смеси паров и капелек неспарившегося бензина с воздухом. Для более полного испарения бензина применяют подогрев смеси во впускном трубопроводе отработавшими газами.

Недостаток элементарного карбюратора: он не обеспечивает требуемого изменения состава горючей смеси на различных режимах работы двигателя. Поэтому современные карбюраторы имеют ряд систем и устройств, которые обеспечивают необходимый состав горючей смеси для любого режима работы двигателя. К таким системам и устройствам относятся главная дозирующая система и вспомогательные устройства и системы.

## § 71. Главная дозирующая система карбюратора

Главная дозирующая система предназначена для поддержания необходимого состава горючей смеси на большинстве режимов малых и средних нагрузок работы двигателя. Главные дозирующие системы бывают: с регулированием разрежения у жиклера, с регулированием разрежения в диффузоре, с компенсационным жиклером и регулируемым сечением жиклера.

Главная дозирующая система с регулированием разрежения у жиклера (рис. 51, а) состоит из главного (топливного) жиклера 4, распылителя 1 и воздушного жиклера 2. Бензин из поплавковой камеры через главный жиклер 4 попадает в камеру 5, а из нее в распылитель 1. С камерой 5 соединяется колодец 3, который сообщается с атмосферой через воздушный жиклер 2. При работе двигателя с небольшим открытием дроссельной заслонки (малые нагрузки) в диффузоре создается малое разрежение. В случае малого разрежения в диффузоре из распылителя вытекает почти один бензин. При увеличении открытия дроссельной заслонки возрастают разрежение в диффузоре и расход бензина через главный жиклер. Так как сечение главного жиклера меньше сечения распылителя, то уровень бензина в распылителе и камере уменьшает-

ся и в колодец через воздушный жиклер поступает воздух из атмосферы. Поступивший воздух снижает разрежение у главного жиклера, что приводит к уменьшению истечения бензина из жиклера. При этом из распылителя поступает эмульсия, состоящая из бензина и воздуха. Чем больше разрежение в диффузоре, тем больше поступает воздуха через воздушный жиклер и тем больше снижа-

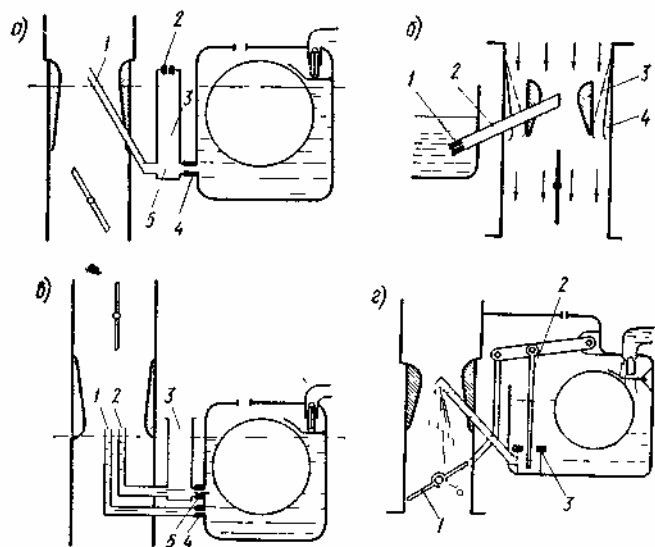


Рис. 51. Схемы главных дозирующих систем

ется разрежение у главного жиклера, что обеспечивает получение обедненной экономичной горючей смеси. Подбором проходных сечений главного и воздушного жиклеров можно получить горючую смесь требуемого состава.

Главная дозирующая система с регулированием разрежения в диффузоре (рис. 51, б) состоит из главного жиклера 1, распылителя 2 и упругих пластин 4, выполняющих функции клапана перепуска воздуха. Упругие пластины 4 установлены между диффузором 3 и стенками смесительной камеры. При работе двигателя с небольшим открытием дроссельной заслонки пластины прижаты к стенкам смесительной камеры и поступление бензина в диффузор происходит через главный жиклер и распылитель. При увеличении открытия дроссельной заслонки повышается скорость воздуха перед диффузором и в самом диффузоре. Под действием скоростного напора упругие пластины открывают отверстие между диффузором и стенками смесительной камеры и часть воздуха проходит мимо диффузора. В результате этого разрежение в диффузоре снижается, количество бензина, вытекающего из главного жиклера, уменьшается и горючая смесь обедняется.

Главная дозирующая система с компенсационным жиклером (рис. 51, а) состоит из главного жиклера 4 с распылителем 1, компенсационного жиклера 5 с распылителем 2 и компенсационного колодца 3, сообщенного с атмосферой.

В неработающем двигателе уровень бензина в поплавковой камере, колодце и распылителях одинаков. Во время работы двигателя на малых нагрузках (небольшое открытие дроссельной заслонки) из распылителей компенсационного и главного жиклеров вытекает бензин без воздуха. При переходе на режим больших нагрузок, расход бензина через компенсационный распылитель больше, чем его приток через компенсационный жиклер, что приводит к понижению уровня бензина в колодце до верхней кромки жиклера и заполнению колодца воздухом. В этом случае через распылитель компенсационного жиклера в смесительную камеру начинает поступать эмульсия, состоящая из бензина и пузырьков воздуха. При увеличении нагрузки разрежение в диффузоре увеличивается и количество бензина, вытекающего из главного жиклера, возрастает, а количество бензина, вытекающего из компенсационного жиклера, остается постоянным, зависящим только от высоты уровня бензина в поплавковой камере.

Таким образом, с помощью главного жиклера горючая смесь обогащается по мере увеличения разрежения в диффузоре, а с помощью компенсационного жиклера обедняется. В результате совместной работы главного и компенсационного жиклеров образуется горючая смесь требуемого состава.

Главная дозирующая система с регулируемым сечением жиклера (рис. 51, г) состоит из главного жиклера 3, дозирующей иглы 2 и механического привода дозирующей иглы. В главный жиклер 3 входит дозирующая игла 2, которая связана системой рычагов с дроссельной заслонкой 1. При открытии дроссельной заслонки дозирующая игла 2 поднимается и увеличивается проходное сечение жиклера, в результате чего расход бензина через жиклер увеличивается. Подбором профиля дозирующей иглы и величины жиклера можно получить горючую смесь требуемого состава при работе двигателя на различных режимах.

## § 72. Вспомогательные устройства и системы карбюратора

К вспомогательным устройствам и системам современных карбюраторов относятся: система холостого хода, пусковое устройство, экономайзер, ускорительный насос и ограничитель максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Система холостого хода предназначена для обеспечения устойчивой работы двигателя без нагрузки при сильно прикрытой дроссельной заслонке. При малом числе оборотов холостого хода дроссельная заслонка почти прикрыта, вследствие чего за ней создается сильное разрежение, а в диффузоре разрежение уменьшается до очень малой величины. В связи с резким уменьшением разрежения

в диффузоре истечение бензина из главной дозирующей системы прекращается.

Для приготовления горючей смеси на режиме холостого хода служит система холостого хода (рис. 52, а), которая состоит из жиклера 2 холостого хода, канала 3, регулировочной иглы 5 и выходных отверстий 6 и 8. Жиклер 2 холостого хода распо-

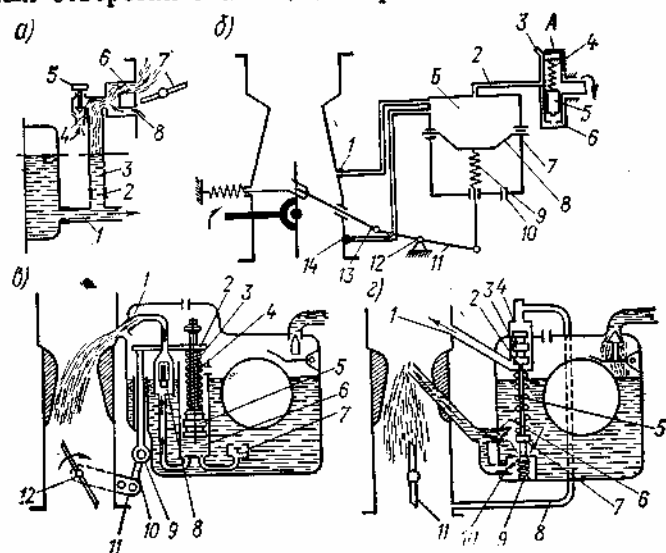


Рис. 52. Вспомогательные устройства и системы карбюратора

жен в канале 3, который соединен с задрессельным пространством и топливным каналом 1. Канал 3 сообщается с атмосферой через отверстие 4, проходное сечение которого изменяется с помощью регулировочной иглы 5.

При большом прикрытии дроссельной заслонки 7 вследствие высокого разрежения в задрессельном пространстве бензин вытекает из жиклера холостого хода, поднимается вверх по каналу 3 и, смешиваясь с воздухом, поступающим через отверстия 4 и 8, вытекает в виде эмульсии в задрессельное пространство через отверстие 6. Состав горючей смеси зависит от положения регулировочной иглы 5 относительно отверстия 4. Если отверстие 4 перекрыто иглой, то смесь обогащается.

Если открытие дроссельной заслонки незначительно, то разрежение у отверстия 6 снижается и количество вытекающей эмульсии из него уменьшается, но одновременно образуется разрежение у отверстия 8, из которого тоже начинает поступать эмульсия. Это обеспечивает плавный переход с холостого хода на малые нагрузки.

При дальнейшем открытии заслонки разрежение у отверстий 6 и 8 падает и работа системы холостого хода прекращается, но при этом включается в работу главное дозирующее устройство.

**Пусковое устройство** служит для обогащения горючей смеси при пуске и прогреве холодного двигателя. Самое распространенное пусковое устройство — воздушная заслонка, расположенная в воздушном патрубке карбюратора. При пуске воздушную заслонку прикрывают, вследствие чего в диффузоре образуется высокое разрежение и бензин вытекает как из распылителей, так и из отверстий системы холостого хода. После пуска воздушную заслонку быстро открывают во избежание переобогащения горючей смеси и остановки двигателя. Воздушная заслонка обычно снабжается автоматическим клапаном, который предотвращает переобогащение смеси в случае, если двигатель начал работать, а заслонка осталась закрытой.

✓ **Экономайзер** служит для обогащения горючей смеси с целью получения максимальной мощности при больших нагрузках. Экономайзеры выполняются как с механическим, так и с пневматическим приводом. Экономайзер с пневматическим приводом (рис. 52, г) имеет в настоящее время широкое распространение. Он состоит из жиклера мощности 10, клапана 7 с пружиной 9, штока 2 с пружиной 5 и поршня 3. Поршень 3, соединенный со штоком 2, расположен в камере 4. Верхняя часть камеры 4 через канал 8 соединена с задрессельным пространством, а нижняя — каналом 1 с воздушным патрубком.

На малых и средних нагрузках, когда дроссельная заслонка 11 прикрыта, разрежение, создаваемое в задрессельном пространстве, передается по каналу 8 в камеру 4 и удерживает поршень 3 в верхнем положении. Клапан 7 остается закрытым, а жиклер мощности 10 выключенным. При переходе на большие нагрузки, когда дроссельная заслонка 11 почти полностью открыта, разрежение в задрессельном пространстве уменьшается и шток 2 опускается под действием пружины 5, открывая клапан 7. В этом случае в смесительную камеру кроме бензина, поступающего через жиклер 6, начинает поступать дополнительное количество бензина через жиклер мощности 10. В результате горючая смесь обогащается и двигатель может развивать максимальную мощность с достаточной экономичностью. При механическом приводе экономайзера открытие клапана осуществляется через систему тяг и рычагов.

**Ускорительный насос** служит для обогащения горючей смеси при резком открытии дроссельной заслонки и улучшения приемистости. Ускорительный насос может иметь как механический, так и пневматический привод. Насос с механическим приводом наиболее распространен. Ускорительный насос с механическим приводом (рис. 52, в) состоит из жиклера 1 ускорительного насоса, колодца 6, поршня 5, штока 4 с пружиной 3, впускного 7 и выпускного 8 клапанов, тяги 9 с соединительной пластиной 2, серьги 10 и рычага 11 управления дроссельной заслонкой.

При резком открытии дроссельной заслонки 12 ее рычаг 11, поворачиваясь, увлекает за собой серьгу 10 и через тягу 9 перемещает соединительную пластину 2 вдоль штока 4, сжимая пружину 3,

## § 73. Конструкция и работа карбюратора

которая перемещает поршень 5 вниз. Под действием давления бензина впускной клапан 7 закрывается, а выпускной 8 открывается и бензин через жиклер 1 впрыскивается в смесительную камеру, обогащая горючую смесь.

В случае плавного открытия дроссельной заслонки бензин из колодца перетекает через впускной клапан 7 в поплавковую камеру и впрыска бензина в смесительную камеру не происходит.

**Ограничитель максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя** ограничивает при эксплуатации автомобиля частоту вращения вала до определенного, заранее установленного предела. Частоту вращения коленчатого вала двигателей грузовых автомобилей обычно ограничивают с помощью пневмоцентробежного или пневматического ограничителя. Пневмоцентробежный ограничитель имеет в настоящее время преимущественное распространение, так как он позволяет ограничивать частоту вращения в более узких пределах. Пневмоцентробежный ограничитель (рис. 52, б) состоит из центробежного датчика, вращающегося от распределительного или коленчатого вала, и механизма с диафрагменным приводом, который воздействует на дроссельную заслонку.

Датчик А состоит из неподвижного корпуса 6, клапана 5 и пружины 4. Клапан вращается в корпусе 6 и удерживается от перемещения по направляющей втулке пружиной 4. Клапан 5 получает вращение через привод от распределительного или коленчатого вала. Диафрагменный механизм Б состоит из корпуса 7, диафрагмы 8 и пружины 9. Верхняя часть корпуса механизма через трубопровод 2, гнездо клапана 5 и отверстие 3 в корпусе датчика сообщена с атмосферой, а через два трубопровода с калиброванными отверстиями (жиклерами) 1 и 14 — со смесительной камерой и с задрозельным пространством. Нижняя часть корпуса механизма через отверстие 10 также сообщена с атмосферой.

При возрастании частоты вращения вала двигателя выше установленного клапан 5 под действием центробежной силы преодолевает натяжение пружины 4 и перекрывает отверстие в гнезде клапана, прекращая тем самым доступ воздуха в верхнюю часть механизма Б. Разрежение из смесительной камеры через жиклеры 1 и 14 передается в пространство над диафрагмой, вследствие чего диафрагма перемещается вверх, преодолевая натяжение пружины 9. При этом рычаг 11, поворачиваясь около шарнира 12, перемещает рычаг 13 и перекрывает дроссельную заслонку, ограничивая количество поступающей горючей смеси в двигатель, а следовательно, и частоту вращения вала.

**Балансировка карбюратора.** Чтобы предотвратить обогащение горючей смеси при засорении воздухоочистителя, в современных карбюраторах поплавковая камера герметизируется и сообщается с впускным воздушным патрубком балансировочным каналом. Такие карбюраторы называют *балансированными*.

На современных двигателях грузовых автомобилей преимущественно устанавливают многокамерные карбюраторы с падающим потоком. В качестве примера рассмотрим конструкцию и принцип действия карбюратора К-88 двигателя ЗИЛ-130.

Карбюратор К-88 (рис. 53) двухкамерный с падающим потоком горючей смеси и балансирующей поплавковой камерой. Он имеет главную дозирующую систему с понижением разрежения у топливного жиклера, регулирующую систему холостого хода, эконо-

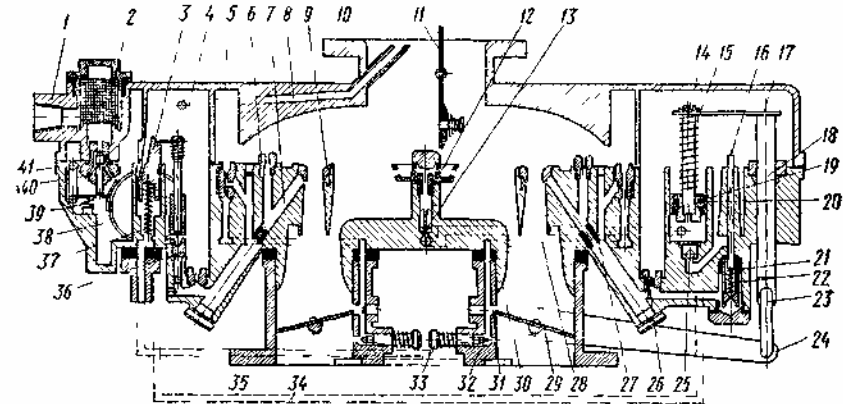


Рис. 53. Карбюратор К-88 двигателя ЗИЛ-130

майзеры с пневматическим и механическим приводом, пусковое устройство, ускорительный насос с механическим приводом и пневмоцентробежный ограничитель частоты вращения.

Карбюратор имеет отдельные для каждой камеры главную дозирующую систему и систему холостого хода. Корпус карбюратора состоит из трех частей: верхней 10, средней 41 и нижней 35. Все три части соединены винтами по плоскостям разреза. В верхней части расположены общий для обеих секций впускной патрубок с воздушной заслонкой 11, приемный топливный штуцер 1 с запорным игольчатым клапаном 40, топливный сетчатый фильтр 2 и балансирующий канал 8 поплавковой камеры. В средней части размещены поплавки 38 с пружиной 39, главная дозирующая система, жиклеры холостого хода 5, экономайзеры и ускорительный насос. В теле средней части отлиты большие 30 и малые 9 диффузоры. Нижняя часть представляет собой две одинаковые смесительные камеры с двумя дроссельными заслонками 29. В нижней части расположены регулировочные винты 33 холостого хода, а также верхние 31 и нижние 32 отверстия холостого хода.

Главная дозирующая система состоит из главных жиклеров 26, расположенных в поплавковой камере, воздушных жиклеров 6,

жиклеров мощности 27, которые размещены в каналах 7 главной дозирующей системы, и распылителей (кольцевые прорезы малых диффузоров).

Система холостого хода состоит из жиклеров холостого хода 5, верхнего 31 и нижнего 32 отверстий и регулировочного винта 33 холостого хода.

Экономайзер с пневматическим приводом состоит из жиклера 36, игольчатого клапана 4 с пружиной, поршня 3 и пружины пневматического привода 37, экономайзер с механическим приводом — из клапана 21 с пружиной 22, толкателя 16, рычага управления дроссельной заслонкой 24, серьги 23, тяги 18 с соединительной планкой 17.

Ускорительный насос с механическим приводом состоит из распыливающего отверстия 12, впускного 25 и выпускного 13 клапанов, штока 14 с пружиной 15, поршня 19 с пружиной 20 и системы рычагов и тяг для привода поршня.

Пусковое устройство состоит из воздушной заслонки 11 с автоматическим клапаном и системы тяг, через которые осуществляется связь воздушной и дроссельной заслонок.

При работе двигателя на холостом ходу дроссельные заслонки 29 закрыты, вследствие чего в задрросельном пространстве создается большое разрежение, которое передается через нижнее 32 и верхнее 31 отверстия холостого хода в канал 28. Под действием разрежения бензин из поплавковой камеры, пройдя через жиклер 26, направляется к жиклеру 5, у которого боковое отверстие дозирует количество бензина, а центральное — количество воздуха. Образовавшаяся эмульсия вытекает через отверстия 31 и 32 в смесительную камеру. Эмульсия в смесительной камере распыливается потоком воздуха, поступившим через зазор между дроссельной заслонкой и стенкой смесительной камеры, образуя горючую смесь. Количество эмульсии, подаваемой в смесительную камеру, регулируется винтом 33.

Во время работы двигателя на малых и средних нагрузках дроссельные заслонки открываются, в результате чего разрежение в малых диффузорах 9 увеличивается и в работу вступают главные дозирующие системы. При этом бензин из поплавковой камеры поступает через жиклеры 26 и 27 в канал, в который также поступает воздух, проходящий через жиклер 6. Поступивший воздух снижает разрежение у жиклера 27 и одновременно эмульсирует бензин. Образовавшаяся эмульсия вытекает через кольцевую прорезь диффузора 9 в смесительную камеру. При малых и средних нагрузках клапаны экономайзера закрыты и карбюратор подает экономичную смесь. В случае кратковременного возрастания нагрузки (разгон двигателя), когда разрежение в задрросельном пространстве падает и достигает значения 125—135 мм рт. ст., пружина 37 перемещает вверх поршень 3, который с помощью планки поднимает клапан 4. При этом дополнительное количество бензина из поплавковой камеры поступает через жиклер 36 к жиклерам 27, проходя по соединительному каналу 34 и затем через каналы 7

к кольцевым прорезям диффузоров 9. В результате горючая смесь обогащается, но не достигает состава, обеспечивающего получение максимальной мощности.

При переходе на большие нагрузки, когда дроссельная заслонка полностью открыта, рычаг 24 и серьга 23 перемещаются, опуская тягу 18 и укрепленную на ней планку 17. При этом планка 17 нажимает на толкатель 16 и перемещает его вниз. Толкатель воздействует на клапан 21, и он открывается, пропуская бензин из поплавковой камеры мимо жиклера 26 к жиклерам мощности 27, а затем через каналы 7 — к кольцевым прорезям диффузоров 9. В результате горючая смесь обогащается и двигатель может развивать максимальную мощность. При резком открытии дроссельных заслонок обогащение горючей смеси происходит с помощью ускорительного насоса, привод которого объединен с механическим приводом экономайзера. При резком открытии дроссельных заслонок рычаг 24 и серьга 23, перемещаясь, опускают тягу 18 и укрепленную на ней планку 17. Планка 17 перемещается вдоль штока 14 и сжимает пружину 15, которая перемещает поршень 19 вниз. Под действием давления бензина впускной клапан 25 закрывается, а выпускной 13 открывается и бензин через отверстие 12 впрыскивается в смесительную камеру, обогащая горючую смесь.

В случае пуска холодного двигателя воздушную заслонку 11 закрывают, а дроссельные заслонки приоткрываются, вследствие чего в смесительной камере образуется большое разрежение. Под действием разрежения в смесительную камеру поступает бензин из главной дозирующей системы и эмульсия из отверстий системы холостого хода, образуя богатую смесь. После пуска двигателя открывается автоматический клапан в воздушной заслонке, чтобы не произошло переобогащения горючей смеси.

Устройство и работа пневмоцентробежного ограничителя частоты вращения карбюратора К-88 приведены в § 72.

#### **§ 74. Подача топлива и воздуха в карбюратор и горючей смеси в двигатель**

В систему подачи топлива входят: топливные баки, топливопроводы, топливный насос и топливные фильтры.

**Топливные баки** служат для хранения бензина и обладают емкостью, обеспечивающей работу двигателя с нагрузкой в течение 10—12 ч. Баки изготовляют из тонкой листовой стали и снабжают ребрами жесткости. Бак имеет: заливную горловину для заправки бензином; внутренние перегородки, уменьшающие плескание бензина; пробку для слива отстоя и датчик указателя уровня топлива. В заливной горловине расположен сетчатый съемный фильтр для предварительной очистки бензина. Горловину закрывают откидной герметичной крышкой с впускным и выпускным клапанами. Впускной клапан выпускает воздух в бак при разрежении  $(2—4) \cdot 10^3$  Па,

обеспечивая бесперебойную подачу бензина в карбюратор. Выпускной клапан открывается при повышении давления в баке до  $(1,1—1,8) \cdot 10^4$  Па.

**Топливопроводы** обеспечивают герметичность топливной системы при всех рабочих давлениях. Их изготавливают из медных или латунных трубок. Топливопроводы между собой и с приборами системы питания соединяются с помощью штуцеров и накидных гаек.

**Топливный насос** предназначен для подачи бензина в поплавковую камеру карбюратора из топливного бака. Топливные насосы обычно выполняют диафрагменного типа.

Диафрагменный насос (рис. 54) состоит из корпуса 11, крышки 1 и головки 4. В головке насоса размещены два впускных 3

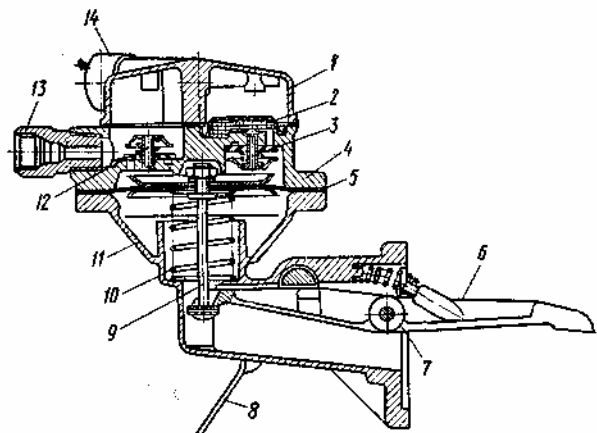


Рис. 54. Топливный насос Б-9

и один выпускной 12 клапаны. Между головкой и корпусом установлена диафрагма 5, которая при помощи толкателя 9 соединена с рычагом 6 привода.

Во время работы двигателя эксцентрик распределительного вала набегает на рычаг 6, который, поворачиваясь относительно оси 7, действует на толкатель 9. Толкатель вместе с диафрагмой 5 перемещается вниз, сжимая пружину 10. При перемещении диафрагмы вниз над ней образуется разрежение, под действием которого бензин через впускное отверстие 14, сетчатый фильтр 2 и впускные клапаны 3 поступает в полость над диафрагмой. Во время дальнейшего вращения эксцентрика рычаг 6 освобождается от его действия и пружина 10 перемещает диафрагму вверх. При перемещении диафрагмы вверх впускные клапаны 3 под действием давления бензина закрываются, а выпускной клапан 12 открывается и бензин через выпускной канал 13 и топливпровод поступает в поплавковую камеру карбюратора. Если двигатель не работает, то для наполнения поплавковой камеры карбюраторов используют рычаг 8 ручной подкачки топлива.

**Топливный фильтр** предназначен для очистки бензина от механических примесей и воды. В качестве топливного фильтра в карбюраторных двигателях используют фильтры-отстойники. Топливный фильтр-отстойник (рис. 55, а) состоит из корпуса 2, отстойника 5, фильтрующего элемента 4 и сливной пробки 6. Фильтрующий элемент состоит из набора алюминиевых или латунных пластин 3 (рис. 55, б), которые имеют выступы 2 высотой 0,05 мм и отверстия 1 для прохода чистого бензина.

Бензин из бака через топливпровод 1 (рис. 55, а) поступает в отстойник 5. В отстойнике вода и часть примесей оседают на

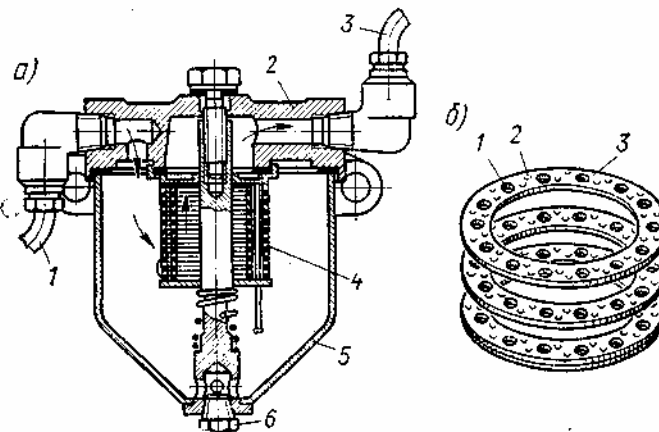


Рис. 55. Топливный фильтр-отстойник

дно, а бензин фильтруется, проходя через щели между пластинами. Очищенный бензин отсасывается в топливный насос через отверстие 1 в пластинах и выходной канал 3.

**Воздухоочиститель** (воздушный фильтр) предназначен для очистки воздуха от пыли. Воздухоочистители по способу очистки воздуха подразделяют на инерционные, фильтрующие и комбинированные.

В инерционных воздухоочистителях очистка воздуха состоит в отделении более тяжелых, чем воздух, частиц пыли при изменении направления движения потока воздуха.

В фильтрующих воздухоочистителях очистка воздуха состоит в задержании частиц пыли воздуха фильтрующим элементом, в качестве которого применяют металлические сетки, войлок, хлопчатобумажные ткани и др.

В комбинированных воздухоочистителях очистка воздуха сначала осуществляется инерционным способом, а затем фильтрующим. Комбинированные воздухоочистители обеспечивают наилучшую очистку воздуха, поэтому они получили наибольшее распространение в автотракторных двигателях. Комбинированные воздухоочистители выполняют сухими, мокрыми и смешанными (сухая инерционная и мокрая фильтрующая очистка).



Комбинированный воздухоочиститель ВМ-16 (масляно-инерционный) с двумя ступенями очистки приведен на рис. 56. Он состоит из корпуса 4, крышки 6 с патрубком 8 отбора воздуха в компрессор, фильтрующего элемента 5, масляной ванны 2, переходника 7 забора воздуха и переходника 1 для подачи воздуха в карбюратор.

Загрязненный пылью воздух под действием разрежения, возникающего при такте впуска в цилиндрах двигателя, засасывается через патрубок переходника 7 во входную кольцевую щель 9 и, опускаясь вниз, у поверхности масла, залитого в масляную ванну 2, резко меняет направление своего движения. При этом наиболее крупные частицы пыли, имея большую силу инерции, чем частицы воздуха, отделяются от воздушного потока и улавливаются маслом. Воздух, изменив направление, проходит через промасленную сетку фильтрующего элемента 5, очищается в нем от мелких частиц пыли и по патрубку переходника 1 поступает в карбюратор. При движении воздух захватывает с собой частицы масла из

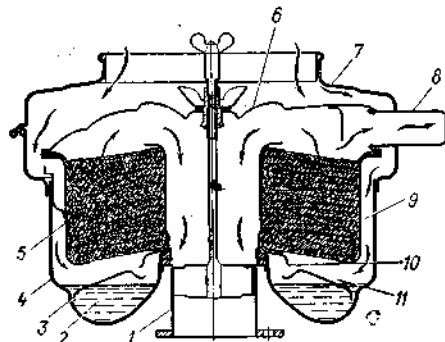


Рис. 56. Воздушный фильтр ВМ-16

полости 11, которым смачивается фильтрующий элемент. Лишнее масло вместе с пылью с сеток фильтрующего элемента стекает в масляную ванну 2 через кольцевые окна 10 отражателя 3.

**Впускные трубопроводы** предназначены для распределения горючей смеси по цилиндрам двигателя. Их отливают из чугуна или алюминиевого сплава и снабжают фланцем для крепления карбюратора. Впускные трубопроводы обычно выполняют симметричными относительно карбюратора, что обеспечивает равномерное распределение горючей смеси по цилиндрам.

Для подогрева горючей смеси среднюю часть впускного трубопровода выполняют с двойными стенками, между которыми проходят отработавшие газы, поступающие через специальные окна из выпускного трубопровода. В ряде конструкций двигателей подогрев смеси регулируют с помощью заслонки, установленной в выпускном трубопроводе. Заслонка отклоняет поток отработавших газов от стенки впускного трубопровода и регулирует температуру подогрева горючей смеси. Заслонка имеет ручной или автоматический привод.

**Выпускные трубопроводы** предназначены для отвода отработавших газов от цилиндров двигателя. Их отливают из чугуна или алюминиевого сплава, они имеют фланец для крепления выпускного трубопровода, идущего к глушителю шума.

**Глушитель** предназначен для уменьшения шума при выхлопе отработавших газов и для искрогашения. Глушитель представляет

собой цилиндрический барабан с внутренними перегородками, имеющими большое количество отверстий. Действие глушителя основано на уменьшении скорости и давления выхлопных газов.

## § 75. Система питания газовых двигателей

В газовых двигателях в качестве топлива применяют сжатые и сжиженные газы. К сжатым относятся как природные газы, получаемые из газовых и нефтяных скважин и состоящие из метана, этана и других углеводородов, так и газы сухой перегонки твердых топлив (коксовый, светильный и др.). К сжиженным газам относятся предельные и непредельные углеводороды, состоящие в основном из пропанобутановых фракций.

Газовые двигатели обычно выполняют с внешним смесеобразованием. При внешнем смесеобразовании газозоудушная смесь при-

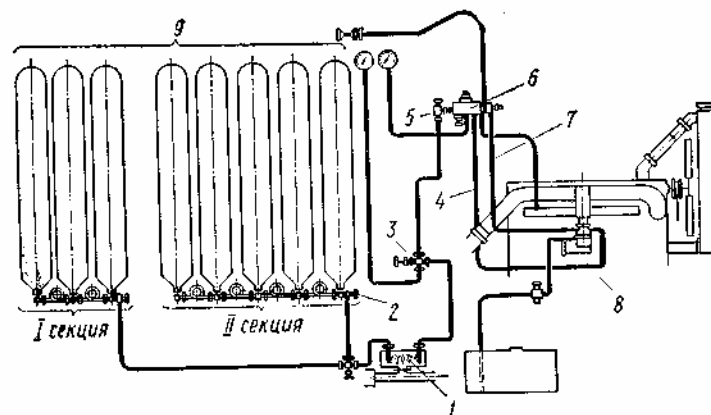


Рис. 57. Схема питания двигателя сжатым газом

готовляется в специальных приборах, называемых *карбюраторами-смесителями*.

Система питания двигателя, переоборудованного для работы на сжатом газе (рис. 57), состоит из восьми баллонов 9 для газа, подогревателя газа 1, магистрального вентиля 3, карбюратора-смесителя 8, газового редуктора 6, фильтра 5, трубки 4 для подачи газа в систему холостого хода карбюратора-смесителя и манометров. При работе двигателя сжатый газ из баллонов 9 через секционные вентили 2 поступает в подогреватель 1, обогреваемый отработавшими газами. Из подогревателя 1 газ через магистральный вентиль 3 поступает в фильтр 5, а затем в газовый редуктор 6, в котором происходит снижение давления газа до атмосферного. Из редуктора газ под действием разрежения поступает по трубке 7 в карбюратор-смеситель 8, где смешивается с воздухом, поступающим через воздухоочиститель. Образовавшаяся газозоудушная

смесь поступает во впускной трубопровод, а затем в цилиндр двигателя.

**Баллоны** предназначены для хранения газов. Они представляют собой цельнолитые трубы из низколегированной стали. Сжатый газ содержится в баллонах под давлением до 20 МПа, а сжиженный газ под давлением до 1,6 МПа.

**Подогреватель газа** предназначен для подогрева газа. Он представляет собой змеевик, установленный около выпускного трубопровода.

**Газовый редуктор** предназначен для снижения давления газа, поступающего из баллонов, для автоматического изменения количества и состава газа, подаваемого к карбюратору-смесителю, и для мгновенного прекращения подачи газа при остановках двигателя. На двигателях, работающих как на сжатом, так и на сжиженном газе, устанавливают двухступенчатые редукторы конструкции МКЗ-НАМИ.

**Фильтры** служат для очистки газа от механических примесей и состоят из корпуса и фильтрующего элемента. В качестве фильтрующего элемента используют мелкую медную сетку.

**Карбюратор-смеситель** предназначен для приготовления газовой или бензино-воздушной смеси. Он представляет собой серийный карбюратор с газовой форсункой, установленной в смесительной камере до дроссельной заслонки. Форсунка с помощью газопровода соединена с выходным патрубком редуктора.

## **§ 76. Неисправности системы питания карбюраторных двигателей и техническое обслуживание**

Основные неисправности системы питания — образование горючей смеси несоответствующего состава (богатой или бедной), подтекание топлива и перебои с подачей бензина.

**Признаки богатой смеси:** черный дым на выпуске из глушителя и хлопки; перегрев двигателя; повышенный расход топлива; отложение нагара на электродах свечей, клапанах и днищах поршней; уменьшение мощности. Причинами приготовления богатой смеси могут быть: повышение уровня топлива в поплавковой камере в результате неплотного прилегания игольчатого клапана; увеличение пропускной способности жиклеров; неплотное закрытие клапанов экономайзера; недостаточное поступление воздуха вследствие неполного открытия воздушной заслонки.

**Признаки бедной смеси:** хлопки в карбюраторе, перегрев двигателя, уменьшение мощности. Причины приготовления бедной смеси: уменьшение уровня топлива в поплавковой камере; засорение жиклеров; подсос воздуха в местах соединений частей карбюратора; недостаточная подача топлива в карбюратор из-за неисправности крышки впускного клапана топливного бака, засорения фильтра топливного насоса или топливопроводов и снижение производительности топливного насоса.

Подтекание топлива может быть вследствие повреждения топливопроводов и топливного бака, а также неправильной затяжки соединений и пробок карбюратора.

Перебои в подаче бензина возникают вследствие неисправности крышки впускного клапана топливного бака, снижения давления и производительности топливного насоса, попадания воды и ее замерзания в трубопроводах.

Неисправности можно предупредить, если своевременно проводить техническое обслуживание — уход за карбюратором, топливным фильтром, топливным насосом, топливным баком, воздухоочистителем, впускными и выпускными трубопроводами.

Уход за карбюратором состоит в проверке креплений и устранении подтекания бензина, удалении отстоя из поплавковой камеры, промывке деталей карбюратора, проверке герметичности игольчатого клапана поплавкового устройства и клапана экономайзера, проверке герметичности поплавка, проверке пропускной способности жиклеров, проверке и регулировке уровня бензина в поплавковой камере.

При ежедневном уходе необходимо проверить состояние всех креплений, не допуская течи бензина из системы питания. В случае обнаружения подтеканий бензина нужно подтянуть накидные гайки, пробки, штуцера и заменить негодные уплотнительные прокладки.

Периодически следует удалять отстой из поплавковой камеры и промывать детали карбюратора в чистом бензине с последующей продувкой их сжатым воздухом. Не реже двух раз в год (осенью и весной) проверяют герметичность игольчатого клапана поплавкового устройства, клапана экономайзера, поплавка и пропускную способность жиклеров. Герметичность игольчатого клапана проверяют на специальных вакуумных установках. При потере герметичности клапана вследствие износа уплотняющей поверхности иглы или ее гнезда следует притереть иглу к гнезду. Если после притирки герметичность не будет достигнута, то эти детали заменяют новыми. Герметичность клапана экономайзера проверяют на специальных вакуумных установках; герметичность поплавка — опусканием его на 30 с в горячую воду с температурой не ниже 80° С. При нарушении герметичности поплавка, на что укажет выход воздуха из него, необходимо поплавок запаять.

Пропускную способность жиклеров определяют на приборе НИИАТ пропусканием через них воды и оценивают количеством воды в кубических сантиметрах при температуре 20° С, протекающей в 1 мин через сечение жиклеров под давлением столба воды высотой 1 м. При уменьшении пропускной способности жиклеров вследствие смолоотложений их следует промыть в чистом бензине с последующей продувкой сжатым воздухом.

Уровень бензина в поплавковой камере определяют при помощи стеклянной трубки с внутренним диаметром не менее 9 мм и длиной 50—100 мм, присоединенной к поплавковой камере через переходник, ввернутый вместо пробки в отверстие против клапана



экономайзера с механическим приводом. Уровень бензина в поплавковой камере должен быть на 18—19 мм ниже верхней плоскости средней части корпуса карбюратора. Если уровень бензина в поплавковой камере не соответствует этим допускам вследствие износа запорного игольчатого клапана, то его следует отрегулировать.

Уход за топливным фильтром состоит в систематическом спуске воды и механических примесей из отстойника и в периодической промывке фильтрующего элемента в чистом бензине.

Уход за топливным насосом состоит в проверке производительности насоса и его герметичности.

Периодически (руководствуясь правилами технического ухода) определяют производительность насоса на приборе по числу полных ходов его рычага до появления струи бензина. При исправном насосе струя бензина должна появиться через 10—12 ходов его рычага. Непоявление струи после этого указывает на неисправность насоса, которая может быть вызвана подсосом воздуха в соединениях, разрывом диафрагмы, поломкой пружины диафрагмы и загрязнением клапанов. При подсосе воздуха устраняют неплотности в соединениях. Загрязнение клапанов ликвидируют путем очистки клапанов и седел и промывки их в бензине или керосине. Разорванные диафрагмы и поломанные пружины заменяют новыми.

Систематически необходимо проверять герметичность насоса и при необходимости устранять подтекание бензина.

Уход за топливным баком состоит в очистке крышки и горловины бака от пыли и грязи, удалении отстоя из бака, промывке бака, промывке сетчатого фильтра горловины бака. Перед заправкой бака бензином необходимо очистить крышку и горловину бака от пыли и грязи и прочистить отверстие в крышке для прохода воздуха. Периодически (руководствуясь правилами технического ухода) следует сливать отстой из бака, промывать бак и сетчатый фильтр горловины в бензине.

Уход за воздухоочистителем заключается в проверке герметичности воздухоочистителя, проверке качества и уровня масла в поддоне воздухоочистителя и промывке фильтрующего элемента. При ежедневном уходе герметичность воздухоочистителя проверяют на работающем двигателе путем закрытия отверстия, по которому поступает воздух в воздухоочиститель. Если двигатель остановится, то герметичность обеспечена; если он не остановится, значит имеется подсос воздуха, который необходимо устранить. При ежедневном уходе следует проверять качество и уровень масла в поддоне воздухоочистителя. В случае загрязнения масло заменяют свежим. Масло заливают в поддон до горизонтальной отметки, указанной на стенке. Периодически (руководствуясь правилами технического ухода) необходимо промывать фильтрующий элемент в бензине или керосине.

Уход за впускными и выпускными трубопроводами состоит в периодической подтяжке их креплений и соединений.

### § 77. Топливо для дизельных двигателей

В дизельных двигателях применяют дизельное топливо, являющееся продуктом переработки нефти. Топливо, используемое в дизельных двигателях, должно обладать следующими основными качествами: оптимальной вязкостью, низкой температурой застывания, высокой склонностью к воспламенению, высокой термоокислительной стабильностью, высокими антикоррозионными свойствами, отсутствием механических примесей и воды, хорошей стабильностью при хранении и транспортировке.

Вязкость дизельного топлива влияет на процессы топливоподачи и распыливания. При недостаточной вязкости топлива увеличивается утечка его через зазоры в распылителях форсунки и в прецизионных парах топливного насоса, а при высокой ухудшаются процессы топливоподачи, распыливания и смесеобразования в двигателе. Вязкость топлива зависит от температуры. Температура застывания топлива влияет на процесс подачи топлива из топливного бака в цилиндры двигателя. Поэтому топливо должно иметь низкую температуру застывания.

Склонность топлива к воспламенению влияет на протекание процесса сгорания. Дизельные топлива, обладающие высокой склонностью к воспламенению, обеспечивают плавное протекание процесса сгорания, без резкого повышения давления. Воспламеняемость топлива оценивают цетановым числом (ЦЧ), которое численно равно процентному содержанию по объему цетана в смеси цетана и альфаметилнафталина, равноценной по воспламеняемости данному топливу. Для дизельных топлив ЦЧ = 40—60.

Термоокислительная стабильность дизельного топлива характеризует его стойкость против смоло- и нагарообразования. Повышенное нагаро- и смолообразование вызывает ухудшение отвода тепла от стенок камеры сгорания и нарушение подачи топлива через форсунки в двигатель, что приводит к снижению мощности и экономичности двигателя.

Дизельное топливо не должно содержать коррозирующих веществ, так как присутствие их приводит к коррозии деталей топливоподающей аппаратуры и двигателя.

Дизельное топливо не должно содержать механических примесей и воды. Присутствие механических примесей вызывает засорение фильтров, топливопроводов, форсунок, каналов топливного насоса и увеличивает износ деталей топливной аппаратуры и двигателя.

Стабильность дизельного топлива характеризует его способность сохранять свои начальные физические и химические свойства при хранении и транспортировке.

Для автотракторных дизелей применяют топлива: ДЛ — дизельное летнее (при температуре выше 0°); ДЗ — дизельное зимнее (при температуре до -30° С); ДА — дизельное арктическое (при температуре ниже -30° С); ДС — дизельное специальное. Перечисленные дизельные топлива выпускает промышленность.

### § 78. Смесеобразование в дизелях

Процесс приготовления горючей смеси внутри цилиндра двигателя называют *смесеобразованием*. Процесс смесеобразования в дизеле состоит в распыливании впрыскиваемого жидкого топлива форсункой на мельчайшие капли и в равномерном распределении их в объеме сжатого воздуха в камере сгорания. Смесеобразование в дизеле осуществляется в конце процесса сжатия и в начале процесса расширения и протекает за очень короткий промежуток времени, соответствующий 30—40° поворота коленчатого вала. В результате кратковременности процесса смесеобразования и низкой испаряемости дизельного топлива горючая смесь получается неоднородной, что вызывает необходимость увеличения избытка воздуха для обеспечения полного сгорания топлива. Поэтому дизели работают с коэффициентом избытка воздуха, большим единицы ( $\alpha = 1,2 \div 1,8$ ). Высокое значение коэффициента избытка воздуха способствует уменьшению среднего эффективного давления. Чтобы уменьшить коэффициент избытка воздуха при обеспечении полного и своевременного сгорания топлива, следует улучшать качество смесеобразования.

Для улучшения смесеобразования необходимо повышать тонкость, однородность и равномерность распыливания топлива. Тонкость и однородность распыливания характеризуются диаметром и числом капель, получающихся при распаде струи топлива. Тонкость и однородность распыливания улучшаются с повышением давления впрыска и противодавления в цилиндре, с уменьшением диаметра соплового отверстия форсунки и вязкости топлива.

Равномерное распределение капель в камере сгорания зависит от дальнобойности факела распыленного топлива. Дальнобойность (глубина проникновения частиц топлива в среду сжатого воздуха) факела увеличивается при повышении давления впрыска и при уменьшении противодавления в цилиндре. На равномерное распределение капель топлива в объеме сжатого воздуха, а следовательно, и на качество смесеобразования значительное влияние оказывает конструкция камеры сгорания.

В автотракторных дизелях применяют два типа камер сгорания: неразделенные и разделенные. Неразделенные камеры сгорания (рис. 58, а) представляют собой единый объем, заключенный между днищем поршня и поверхностью головки, в котором происходит процесс смесеобразования и сгорания топлива, впрыснутого через форсунку. Тонкость распыливания и необходимая дальнобойность факела, обеспечиваются большим давлением впрыска, равным 20—60 МПа, и малым диаметром сопловых отверстий форсунки.

Равномерное распределение частиц топлива в объеме сжатого воздуха достигают применением многодырчатых форсунок.

Дизели с неразделенными камерами характеризуются высокой экономичностью и хорошими пусковыми качествами, но обладают повышенной жесткостью (резкое нарастание давления в процессе сгорания) работы и высокими требованиями к изготовлению и эксплуатации топливной аппаратуры.

Разделенные камеры сгорания состоят из двух объемов, которые соединены между собой одним или несколькими каналами. Разделенные камеры бывают двух типов: вихревые камеры и предка-

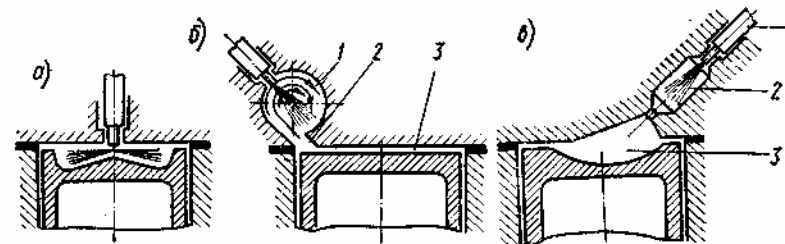


Рис. 58. Формы камер сгорания

меры. Вихревая камера (рис. 58, б) состоит из основной 3 и вихревой 1 камер, соединенных между собой каналом 2, который расположен под углом к днищу поршня и тангенциально по отношению к вихревой камере. Вихревая камера обычно имеет шаровую форму и располагается в головке цилиндра. Объем вихревой камеры составляет 55—70% от всего объема камеры сгорания.

Процесс смесеобразования и сгорания в дизелях с вихревой камерой осуществляется следующим образом. В процессе сжатия воздух из полости цилиндра поступает по тангенциальному каналу в вихревую камеру, где приобретает интенсивное вращательное движение. Благодаря этому топливо, впрыскиваемое форсункой, хорошо перемешивается с воздухом и самовоспламеняется. При сгорании топлива в вихревой камере давление в ней резко повышается и смесь несгоревшего топлива с продуктами сгорания перетекает через тангенциальный канал в основную камеру, где смешивается с еще неиспользованным воздухом, и полностью сгорает. Достоинство вихрекамерных дизелей: хорошее смесеобразование, возможность работы с пониженным коэффициентом избытка воздуха при бездымном сгорании, мягкая работа, возможность применения однопоршчатых форсунок с сравнительно малым давлением впрыска топлива (10—15 МПа). К недостаткам дизелей с вихревой камерой относятся: меньшая экономичность по сравнению с дизелями с неразделенными камерами и затруднительный пуск.

В предкамерных дизелях камера сгорания состоит из основной камеры 3 и предкамеры 2 (рис. 58, в), соединенных между собой одним или несколькими каналами. Объем предкамеры составляет 25—40% объема всей камеры сгорания. Процесс смесеобразования

и сгорания в предкамерных дизелях происходит следующим образом. В процессе сжатия часть воздуха из полости цилиндра перетекает в предкамеру с большой скоростью. Топливо, впрыскиваемое в предкамеру форсункой 1, перемешивается с движущимся с большой скоростью в ней воздухом и частично сгорает при малом коэффициенте избытка воздуха. При сгорании топлива давление в предкамере резко повышается и смесь несгоревшего топлива с продуктами сгорания перетекает в основную камеру, где смешивается с еще неиспользованным воздухом и полностью сгорает.

Предкамерные дизели обладают теми же достоинствами и недостатками, что и вихрекамерные дизели.

### § 79. Система питания дизеля

Система питания предназначена: для подачи под давлением в каждый цилиндр одинаковой, точно отмеренной порции топлива, соответствующей режиму работы дизеля; для очистки подаваемого топлива от механических примесей и воды, для подачи и очистки воздуха и для отвода из цилиндров отработавших газов.

Система питания дизеля (рис. 59) состоит из топливного бака 11, фильтров грубой 15 и тонкой 8 очистки топлива, топливоподкачивающего насоса 12, насоса высокого давления с регулятором 17,

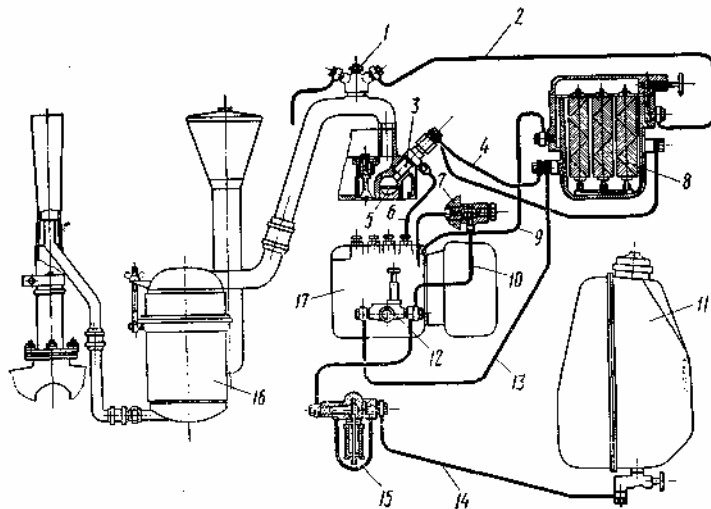


Рис. 59. Схема системы питания дизеля

форсунок 3, воздухоочистителя 16, топливопровода высокого давления 6, трубок слива топлива 4 из форсунок, предпускового подогревателя 1 и топливопроводов низкого давления 2, 9, 10, 13 и 14.

Топливо из бака 11 по топливопроводу 14 засасывается топливоподкачивающим насосом 12 в фильтр грубой очистки 15, где очи-

щается от крупных механических примесей. Очищенное топливо подается топливоподкачивающим насосом 12 под давлением по топливопроводу 13 к фильтру 8 тонкой очистки. В фильтре 8 топливо очищается от оставшихся примесей и по топливопроводу 9 поступает в насос высокого давления 17. Из насоса 17 топливо под большим давлением подается по топливопроводу высокого давления 6 к форсункам 3, из которых в распыленном виде впрыскивается в камеру 5 сгорания. Излишки топлива, поданного в насос 17, отводятся из него через перепускной клапан 7 по топливопроводу 10 обратно в насос 12. Топливо, которое просачивается через зазоры сопрягаемых деталей форсунок, по трубкам 4 отводится в фильтр 8.

Топливные баки служат для хранения на автомобиле или тракторе дизельного топлива и обладают емкостью, обеспечивающей работу дизеля с нагрузкой в течение 10—12 ч.

Топливные фильтры предназначены для очистки топлива от механических примесей и воды. Топливо очищается в фильтрах грубой и тонкой очистки.

Фильтры грубой очистки обеспечивают очистку топлива от крупных частиц (40—80 мкм) механических примесей. Они обладают малым сопротивлением фильтрующего элемента и включаются в систему питания между баком и подкачивающей помпой. Фильтрующие элементы фильтров грубой очистки выполняют сетчатыми, пластинчато- и ленточно-шелковыми.

Конструкция и принцип действия топливных фильтров грубой очистки дизельного топлива аналогичны фильтрам грубой очистки масла, описанным в § 64.

Фильтры тонкой очистки обеспечивают очистку топлива от механических частиц небольшого размера (4—6 мкм). Их включают в систему питания между топливоподкачивающим насосом и насосом высокого давления. Фильтрующие элементы фильтров тонкой очистки, устанавливаемых на автотракторных дизелях, выполняют из хлопчатобумажной нити или минеральной шерсти.

Топливоподкачивающие насосы предназначены для непрерывной подачи топлива из бака в насос высокого давления под постоянным избыточным давлением (0,1—0,3 МПа). Топливоподкачивающие насосы, применяемые на дизелях, по конструкции делят на поршневые, шестеренчатые и коловратные. В автотракторных дизелях широко применяют поршневые насосы, которые устанавливают на корпус топливного насоса высокого давления и приводят в действие от его кулачкового вала.

Топливоподкачивающий насос (рис. 60, а и б) состоит из корпуса 13, поршня 20 с пружиной 21, роликового толкателя 17 со штоком 16 и пружиной 15, всасывающего 12 и нагнетательного 2 клапанов с пружинами 3 и пробок 4 и 22. Нагнетательный клапан 2 центрируется в пробке 4. Над всасывающим клапаном расположен насос для ручной прокачки топлива, имеющий отверстие для центрирования всасывающего клапана.

Насос ручной прокачки топлива служит для заполнения топливом системы питания при пуске дизеля. Он состоит из цилиндра 9

с крышкой 6. В цилиндре движется поршень 8 со штоком 5 и рукояткой 7. На дне цилиндра имеется уплотнительное кольцо 10, которое зажимается при навинчивании рукоятки штока на крышку цилиндра. Топливо в насос подводится по каналу 11, а отводится по топливопроводу 1.

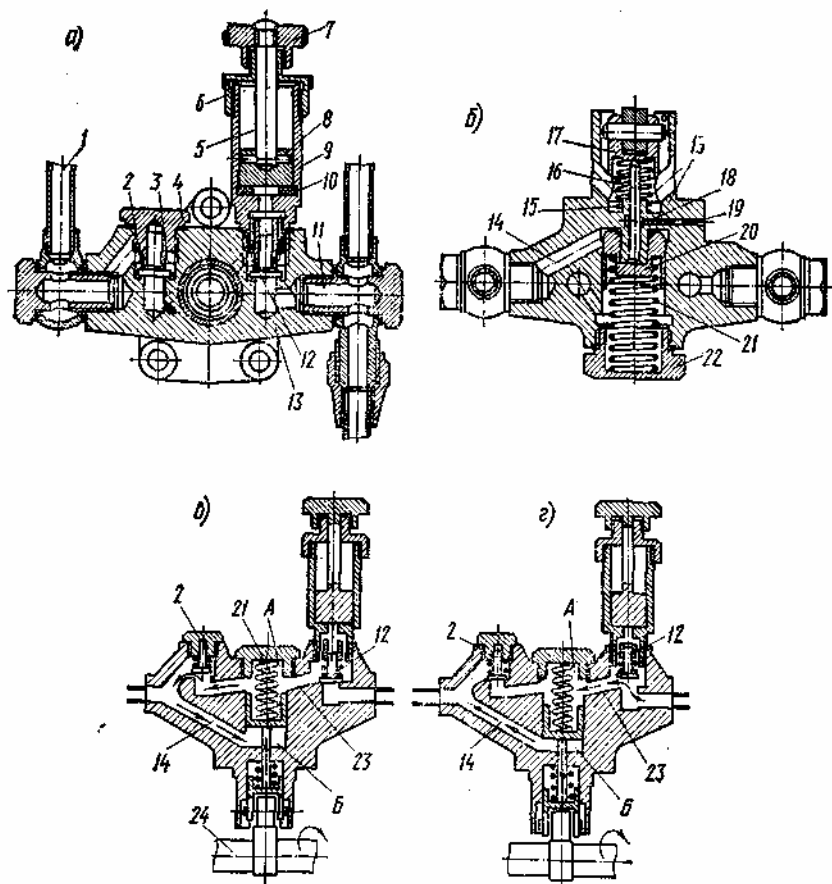


Рис. 60. Топлиподкачивающий насос:  
а и б — разрезы; в и г — схемы действия

Топлиподкачивающий насос работает следующим образом. Во время работы дизеля эксцентрик кулачкового вала 24 насоса высокого давления (рис. 60, в), набега на ролик толкателя, перемещает его и поршень 20 вверх. В результате над поршнем в полости А давление повышается, а под поршнем в полости Б создается разрежение. Под действием давления топлива всасывающий клапан 12 закрывается, а нагнетательный 2 открывается и топливо по каналу 14 из полости А перетекает в полость Б. При дальнейшем вращении эксцентрика роликовый толкатель освобождается от его

действия и пружина 21 перемещает поршень вниз (рис. 60, г). Во время перемещения поршня вниз в полости А создается разрежение, а в полости Б повышается давление. Всасывающий клапан 12 открывается, и топливо по каналу 23 поступает в полость А. Одновременно с этим клапан 2 закрывается и топливо из полости Б нагнетается по каналу 14 в топливопровод 1, ведущий к фильтру тонкой очистки. Если давление за насосом превышает давление, создаваемое пружинной 21, то перемещение поршня может прекратиться, следовательно, прекратится и подача топлива. Просочившееся топливо по зазору между штоком и корпусом собирается в кольцевую канавку 18 и сливается наружу через отверстие 19.

**Топливопроводы**, соединяющие отдельные элементы топливной системы, делят на топливопроводы высокого и низкого давления. Топливопроводы высокого давления соединяют топливный насос с форсунками. Их изготавливают из цельнотянутых стальных труб с внутренним диаметром 1,5—2,5 мм и толщиной стенок 2,5÷3 мм. Топливопроводы высокого давления соединяются со штуцерами насоса и форсунок с помощью накидной гайки, колечка и высаженного на конце топливопровода конуса.

Топливопроводы низкого давления соединяют между собой остальные элементы топливной системы. Их изготавливают из цельнотянутых стальных или медных труб с внутренним диаметром 6—10 мм и толщиной стенок 1,0—1,5 мм. Топливопроводы низкого давления соединяются с элементами системы с помощью штуцеров и накидных гаек.

**Воздухоочиститель** предназначен для очистки воздуха, поступающего в цилиндры дизеля. На дизелях, как и на карбюраторных двигателях, применяют комбинированные воздухоочистители (масляно-инерционные) с двумя ступенями очистки. Конструкция и работа их описана в § 74.

**Впускные трубопроводы** предназначены для распределения воздуха по цилиндрам двигателя. Их отливают из чугуна и снабжают патрубками для крепления воздухоочистителя. Впускные трубопроводы выполняют с плавными обводами, без резких изменений сечений и без существенных изменений направления потока воздуха, что обеспечивает меньшее сопротивление впуску.

**Выпускные трубопроводы** предназначены для отвода отработавших газов из цилиндров двигателя. Их отливают из чугуна, они имеют фланец для крепления выхлопного трубопровода, идущего к глушителю.

## § 80. Топливные насосы высокого давления

Топливный насос предназначен для подачи под давлением к форсунке каждого цилиндра одинаковой точно отмеренной порции топлива, соответствующей режиму работы дизеля, в момент, обеспечивающий хорошие условия смесеобразования и сгорания. В автотракторных дизелях наибольшее распространение получили топливные насосы золотникового типа с постоянным ходом плунжера.

В этих насосах количество подаваемого топлива регулируют поворотом плунжера.

В качестве примера рассмотрим конструкцию и принцип действия топливного насоса марки 4ТН9×10 (четырёхплунжерный топ-

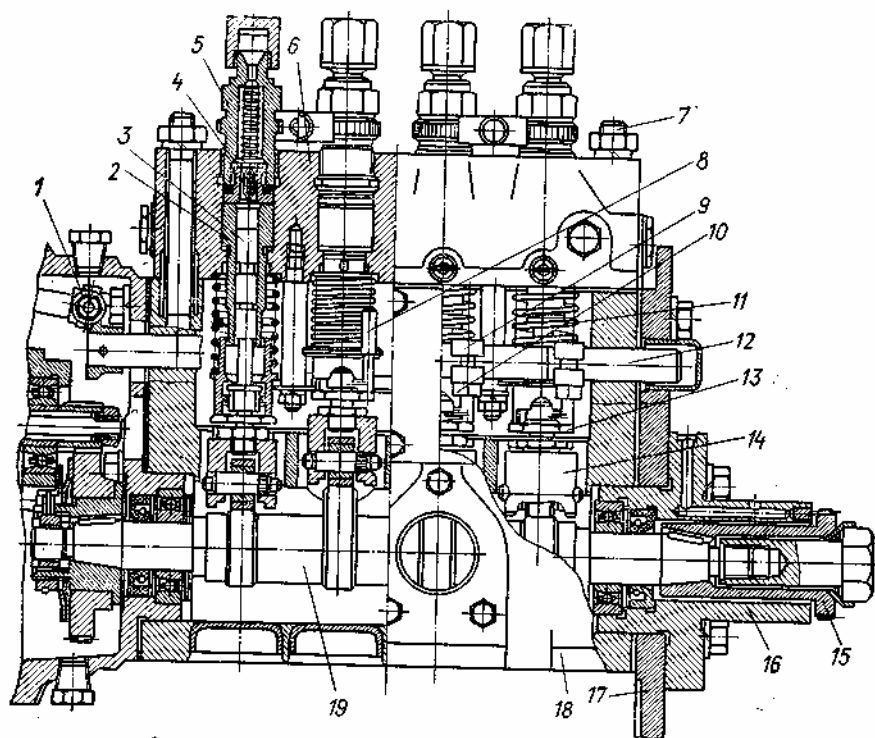


Рис. 61. Топливный насос 4ТН9×10

ливный насос с диаметром плунжера 9 мм и ходом плунжера 10 мм).

**Устройство насоса.** Он (рис. 61) состоит из корпуса 18, кулачкового вала 19, головки 6, четырех секций насоса и механизма регулирования количества подаваемого топлива.

Корпус представляет собой отлитую из чугуна жесткую коробку, к которой крепят головку с помощью болтов 7 и в которой размещают узлы и детали насоса. Корпус внутри имеет горизонтальную перегородку, которая делит его на верхнюю и нижнюю полости. В верхней полости размещены механизм регулирования количества подаваемого топлива и выступающие из головки части плунжерных пар, а в нижней — кулачковый вал 19. В горизонтальной перегородке имеются четыре отверстия, в которых установлены толкатели 14. С правой стороны корпуса имеется прилив для установки топливоподкачивающего насоса. К заднему торцу корпуса крепят регуля-

тор частоты вращения, а к переднему торцу — плиту 17 и установочный фланец 16.

Кулачковый вал служит для периодического перемещения плунжеров из нижнего положения в верхнее. Вал установлен на шариковых подшипниках. Он имеет четыре кулачка тангенциального про-

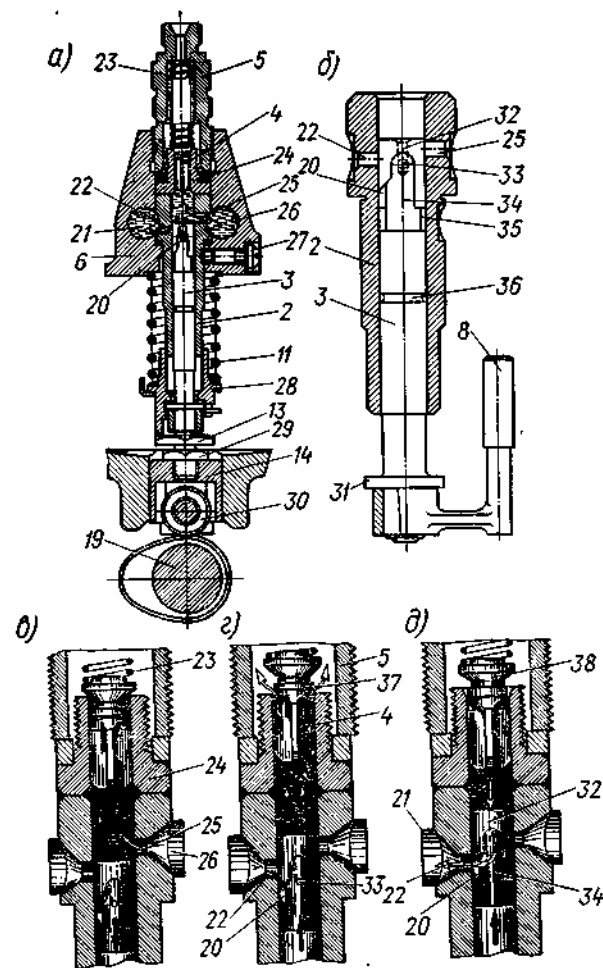


Рис. 62. Конструкция и принцип действия секции топливного насоса

филя и эксцентрик для привода в действие топливоподкачивающего насоса. Вал приводится во вращение от шестерни, установленной на фланец 16. Шестерня соединяется с валом с помощью шлицевой втулки 15, которая насажена на его конический хвостовик. На конце вала со стороны регулятора закреплена шестерня, с помощью которой приводится во вращение механизм регулятора. Кулачковый

вал у четырехтактных дизелей вращается в два раза медленнее коленчатого вала. Вал изготавливают штамповкой из углеродистой стали.

Головка 6 представляет собой фасонную отливку из чугуна, в которой размещены детали секций насоса, два продольных канала 21 и 26 (рис. 62, а), соединенных между собой поперечным каналом, и шариковый перепускной клапан. Топливо из фильтра тонкой очистки поступает в канал 26, а из него — в канал 21. Головка насоса соединена с корпусом шпильками (рис. 61).

Секция насоса (рис. 61, 62, а) состоит из гильзы 2, плунжера 3, пружины плунжера 11, нагнетательного клапана 4 с седлом 24 и пружины 23, штуцера 5, толкателя 14 с роликом 30 и регулировочным болтом 13.

Гильза (рис. 62, а, б) представляет собой цилиндр, в верхней утолщенной части которого расположены два сквозных отверстия: верхнее — впускное 25 и нижнее — перепускное 22. Впускное отверстие каждой гильзы соединено с каналом 26, а перепускное — с каналом 21. Гильзу устанавливают в головке 6 насоса в определенном положении и фиксируют от проворачивания установочным винтом 27.

Плунжер предназначен для подачи топлива под давлением к форсунке и является золотником для регулирования количества подаваемого топлива соответственно нагрузке дизеля. В верхней части плунжер имеет кольцевую выточку 35 (рис. 62, б) и вертикальный паз 34, имеющий с одной стороны спиральную отсечную кромку 20 для регулирования количества подаваемого плунжером топлива. Головка плунжера имеет центральное вертикальное 32 и радиальное 33 отверстия. На цилиндрической части плунжера предусмотрена кольцевая выточка 36 для распределения смазки по трущимся поверхностям плунжера и гильзы. В нижней части плунжера имеется выступ 31, на который устанавливают тарелку 28 плунжера. На конце плунжера напрессован поводок 8. Плунжер перемещается в гильзе, как поршень в цилиндре.

Нагнетательный клапан (рис. 62, г, д) служит для периодического разобщения внутренней полости топливопровода высокого давления с надплунжерным пространством и для разгрузки топливопровода высокого давления. Клапан имеет коническую запорную фаску 38, цилиндрический разгрузочный пояс 37 и хвостовик с продольными пазами. Седло клапана (рис. 62, а), установленное на торец гильзы 2, прижимается к ней с помощью штуцера 5, ввертываемого в головку насоса. Гильза, плунжер, нагнетательный клапан и седло клапана изготавливают из легированной стали.

Толкатель (рис. 61, 62, а) служит для передачи движения от кулачкового вала 19 к плунжеру 3. Он представляет собой тонкостенный стальной стакан. Сверху в толкатель ввернут регулировочный болт 13 с контргайкой 29. В нижней части корпуса толкателя запрессована ось ролика 30.

Механизм регулирования количества подаваемого топлива (рис. 61) предназначен для увеличения или уменьшения количест-

ва топлива, подаваемого в цилиндры, при изменении режима работы дизеля. Механизм состоит из рейки 12, на которой стяжными болтами 10 закреплены хомутики 9 и скобы 1. В пазы хомутиков входят поводки 8 плунжеров. Рейка 12 с помощью скобы 1 связана с регулятором частоты вращения.

Трущиеся поверхности подвижных деталей топливного насоса, кроме гильзы и плунжера, смазываются дизельным маслом, которое находится в нижней полости корпуса насоса. Поверхности гильзы и плунжера смазываются дизельным топливом.

**Принцип действия топливного насоса.** Рабочий цикл насоса состоит из трех процессов: наполнение, нагнетание и перепуск.

**Наполнение.** Плунжер 3 под действием пружины 11 перемещается вниз. При этом впускное отверстие 25 открывается (рис. 62, а) и топливо под давлением, создаваемым топливоподкачивающим насосом, из канала 26 поступает в надплунжерное пространство, заполняя его.

**Нагнетание.** При набегании кулачка вала 19 на ролик 30 толкателя плунжер поднимается. В начальный период подъема плунжера часть топлива перетекает из гильзы через впускное отверстие 25 в канал 26. После того как верхняя кромка плунжера перекроет впускное отверстие, давление топлива в надплунжерном пространстве повышается. Под действием давления топлива нагнетательный клапан 4, преодолевая сопротивление пружины 23, откроется (рис. 62, г) и топливо по топливопроводу высокого давления поступит к форсунке.

**Перепуск топлива.** При дальнейшем перемещении плунжера вверх наступит момент, когда отсечная кромка 20 откроет перепускное отверстие 22 (рис. 62, д) и топливо из надплунжерного пространства через отверстия 32 и 33, паз 34 и отверстие 22 перетекает в канал 21. Давление топлива в надплунжерном пространстве падает, и нагнетательный клапан под действием пружины 23 садится на свое седло, разобщая надплунжерное пространство с внутренней полостью топливопровода высокого давления. Подача топлива к форсунке прекращается, несмотря на продолжающееся движение плунжера вверх. При опускании нагнетательного клапана в седло цилиндрический разгрузочный пояс, действуя, как плунжер, отсасывает из топливопровода высокого давления некоторое количество топлива. В результате давление топлива в топливопроводе высокого давления резко падает и форсунка мгновенно прекращает подачу топлива в цилиндр дизеля.

Количество подаваемого топлива регулируют изменением полезного хода плунжера, т. е. хода, в течение которого происходит подача топлива к форсунке. Изменение полезного хода плунжера достигается поворотом его вокруг продольной оси.

Плунжер поворачивается с помощью рейки 12 (рис. 61) и хомутиков 9, в пазы которых входят поводки 8 плунжеров. При перемещении рейки вдоль оси хомутики поворачивают плунжеры в гильзах. Перемещение рейки вперед (по направлению к приводу насоса)



увеличивает подачу топлива, а перемещение рейки назад уменьшает подачу его.

Начало подачи топлива секций насоса по углу поворота коленчатого вала (угла начала подачи) регулируют изменением длины толкателя 14 при помощи регулировочного болта 13 (рис. 61). При вывертывании болта из толкателя топливо начинает раньше подаваться к форсунке, т. е. угол опережения подачи топлива возрастает, а при заворачивании болта топливо начинает позднее поступать к форсунке, т. е. угол опережения подачи топлива уменьшается.

## § 81. Форсунки

Форсунка предназначена для впрыска топлива в камеру сгорания и распыливания его на мелкие частицы. Форсунки, применяемые на дизелях, разделяют на закрытые и открытые.

*Закрытыми* называют такие форсунки, у которых топливопровод высокого давления в период между впрысками топлива разобщен с камерой сгорания специальной запорной иглой.

Управление иглой в форсунках осуществляется механическим или гидравлическим приводом. В автотракторных дизелях широко распространение получили форсунки с гидравлическим управлением (под действием давления топлива). Закрытые форсунки, в зависимости от способа смесеобразования, имеют различную конструкцию распыливающего устройства. По конструкции распылители бывают: игольчатые с одним или несколькими сопловыми отверстиями и штифтовые с одним сопловым отверстием и коническим или цилиндрическим штифтом на конце иглы. Игольчатые распылители с несколькими сопловыми отверстиями (4—10) применяют, как правило, в дизелях с неразделенными камерами сгорания. Штифтовые распылители, как и игольчатые распылители с одним сопловым отверстием, обычно применяют в дизелях с разделенными камерами сгорания.

В качестве примера рассмотрим конструкцию и принцип действия закрытой штифтовой форсунки с гидравлическим управлением иглой. Форсунка (рис. 63) состоит из стального корпуса 15, к которому с помощью гайки 16 крепится распылитель 18 с запорной иглой 17. Игла запорным конусом 23 прижимается к коническому седлу в распылителе посредством пружины 14 и штанги 2. На нижнем конце иглы 17 имеется конический штифт 24, который выступает из соплового отверстия. Нижний торец пружины 14 упирается в тарелку штанги 2, а верхний — в тарелку регулировочного винта 12, который ввернут в гайку 13, завернутую до упора в корпус форсунки. Положение регулировочного винта фиксируется контргайкой 11. Регулировочный винт сверху закрывается колпаком 10, накрученным на гайку 13. Колпак 10 уплотняется с корпусом с помощью медной прокладки 6. Распылитель и иглу изготавливают из легированной стали и подвергают термической обработке. Чтобы

обеспечить требуемую герметичность в прецизионной паре распылитель — игла, их трущиеся поверхности притирают друг к другу. Замена деталей в паре не разрешается.

При работе двигателя топливо из насоса по топливопроводу 5 высокого давления, присоединенному накидной гайкой 4 к корпусу 15, поступает через каналы 3 в корпусе 15 форсунки, кольцевую канавку 21 и канал 1 в распылителе в полость 19. При нагнетательном ходе плунжера давление топлива в полости 19 возрастает. Это давление передается на коническую поверхность 22 иглы. В момент, когда давление топлива на иглу преодолевает усилие пружины, игла распылителя приподнимается и топливо впрыскивается в камеру сгорания через узкую кольцевую щель между сопловым отверстием распылителя 18 и штифтом 24 иглы. Топливо под большим давлением, проходя через кольцевую щель, приобретает большую скорость и распыливается на мелкие частицы. Штифт придает струе распыленного топлива форму конуса, что обеспечивает хорошее смесеобразование. После окончания подачи топлива насосом давление в полости 19 упадет и игла под действием пружины прижимается конусом 23 к седлу, разобщая полость 19 от камеры сгорания.

Несмотря на герметичность прецизионной пары распылитель — игла, небольшое количество топлива прорывается через зазор между деталями пары. Просочившееся топливо поступает в сливную трубку 8 через отверстие 7 в гайке 13 и сверленный болт 9.

Форсунку крепят к головке цилиндров при помощи двух шпилек. При установке форсунки для лучшего уплотнения под гайку 16 устанавливают медную прокладку 20.

*Открытыми* называют такие форсунки, у которых отсутствует запорное устройство между трубопроводом высокого давления и камерой сгорания. Открытые форсунки по сравнению с закрытыми имеют ряд существенных недостатков: подтекание топлива через сопловое отверстие из-за недостатка четкого начала и конца впрыска топлива; плохое распыливание топлива при малой частоте вращения коленчатого вала вследствие резкого уменьшения давления впрыска. Из-за указанных недостатков открытые форсунки на дизелях применяются редко.

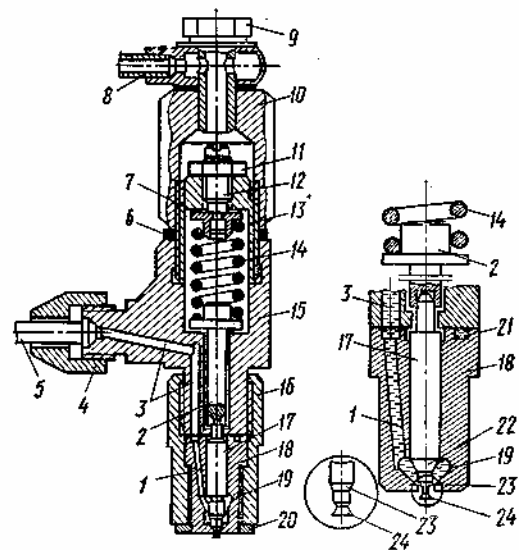


Рис. 63. Форсунки

## § 82. Регуляторы частоты вращения

В процессе эксплуатации автотракторные дизели работают с переменными нагрузками. Изменение нагрузки на дизель вызывает изменение частоты вращения коленчатого вала (скоростного режима).

Работа дизеля с непрерывно меняющимся скоростным режимом приводит к повышенным износам его деталей и снижению экономических показателей. Поэтому для поддержания заданного скоростного режима работы дизеля необходимо с изменением нагрузки изменять подачу топлива. При увеличении нагрузки частота вращения коленчатого вала уменьшается, поэтому подачу топлива необходимо увеличить, иначе дизель может остановиться. С уменьшением нагрузки частота вращения увеличивается, поэтому подачу топлива следует уменьшить, иначе частота вращения еще более увеличится и может произойти разнос дизеля.

Изменение подачи топлива в цилиндры дизеля при изменении нагрузки осуществляется специальным механизмом — регулятором частоты вращения, который автоматически поддерживает заданный скоростной режим при изменяющейся нагрузке. На автотракторных двигателях устанавливают центробежные регуляторы, которые по принципу действия делят на одно-, двух- и всережимные.

Однорежимные регуляторы поддерживают только один скоростной режим работы двигателя. Их применяют на карбюраторных пусковых двигателях.

Двухрежимные регуляторы ограничивают максимальную частоту вращения коленчатого вала и обеспечивают устойчивую работу на минимальных оборотах холостого хода. Их применяют на двухтактных дизелях.

Всережимные регуляторы обеспечивают устойчивую работу двигателя на всех скоростных режимах, начиная от холостого хода и кончая максимальной частотой вращения коленчатого вала. Их широко применяют на автотракторных дизелях (ЯМЗ-236, ЯМЗ-238, СМД-14, Д-108 и др.).

В качестве примера рассмотрим конструкцию и принцип действия центробежного всережимного регулятора, устанавливаемого на топливном насосе марки 4ТН9×10. Регулятор (рис. 64) выполнен в одном агрегате с топливным насосом и размещен в корпусе 10. В корпусе же расположен вал 16 на двух шарикоподшипниках 7. На передний конец вала 16 напрессованы крестовины 20 с двумя грузами 1 и шестерня 18, которая закреплена гайкой 17. На вал 16 надеты подвижная муфта 2 с упорным шарикоподшипником 19 и пружины 11 и 12, которые расположены между торцом муфты 2 и упорной втулкой 8. Втулка 8 установлена в крышке 9. Вал 16 получает вращение от шестерни кулачкового вала топливного насоса, входящей в зацепление с шестерней 18. Передаточное число между шестернями составляет 1 : 3,64.

Муфта 2 с помощью штифтов шарнирно соединена с вилкой 29, верхний конец которой при помощи тяги 15 соединен с рейкой топ-

ливного насоса. В верхний конец вилки 29 ввернут регулировочный винт 13 с контргайкой. Нижний конец вилки 29 с помощью пальца 5 шарнирно соединен с кронштейном 21, который свободно качается на валике 22. Кронштейн 21 соединен с валиком 22 спиральной пружиной 3. На наружном конце валика 22 размещены упор 32 и рычаг 28, который связан тягой с акселератором. На боковой стенке корпуса регулятора закреплена шайба 31, на которой по обе стороны упора 32 поставлены регулировочный болт 33 и регулировочный винт 34 для ограничения поворота рычага 28. Шайба 31 закрыта кожухом 30.

В верхней части корпуса 10 расположен валик 27 обогатителя подачи топлива с рычагом 26, призмой 14 корректора, пружиной 24 и уплотнительным резиновым кольцом 25.

В корпусе 10 установлен предупредительный винт 6 с контргайкой для предотвращения произвольного отхода вилки 29. Корпус регулятора сверху закрыт крышкой 23. Смазка деталей регулятора осуществляется разбрызгиванием. Дизельное масло заливают в корпус регулятора до уровня пробки 4.

**Принцип действия регулятора.** Необходимый скоростной режим работы дизеля устанавливают с помощью рычага 28. При повороте

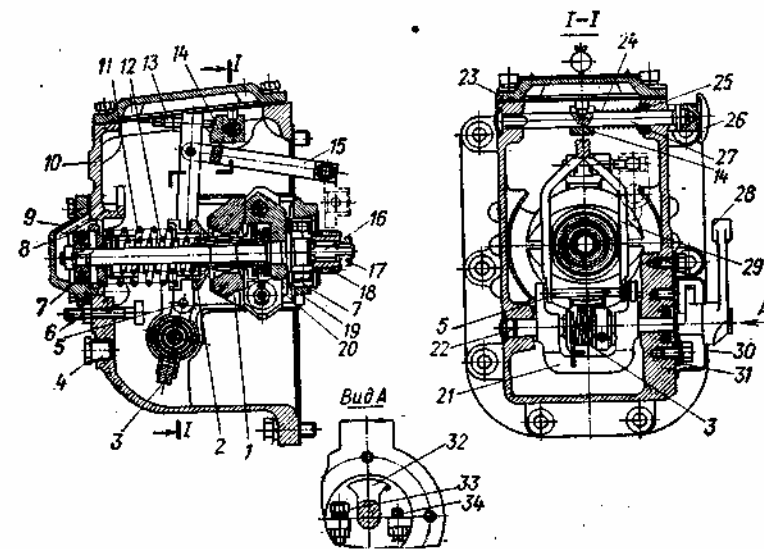


Рис. 64. Центробежный всережимный регулятор

этого рычага влево до соприкосновения его упора 32 с болтом 33 кронштейн 21 повернется через спиральную пружину 3 в крайнее левое положение и регулятор будет установлен на максимальный скоростной режим. При повороте рычага 28 вправо до соприкосновения его упора 32 с винтом 34 кронштейн 21 повернется через спиральную пружину 3 в крайнее правое положение, подача топлива



насосом прекратится и дизель остановится. Промежуточное положение рычага 28, устанавливаемое с помощью механизма управления, соответствует различным скоростным режимам.

При работе дизеля на максимальных оборотах холостого хода (малые нагрузки) грузы 1 под действием большой центробежной силы расходятся на максимальное расстояние и, нажимая своими лапами на упорный шарикоподшипник 19, передвигают его вместе с муфтой 2 в крайнее левое положение, сжимая пружины 11 и 12. При этом верхняя часть вилки 29 повернется относительно кронштейна 21 и переместит рейку топливного насоса через тягу 15 в положение, соответствующее минимальной подаче топлива.

С увеличением нагрузки дизеля снижается частота вращения вала регулятора и, следовательно, уменьшается центробежная сила грузов. В результате этого усилие сжатых пружин 11 и 12 переместит муфту 2 вправо, а вилка 29 повернется относительно кронштейна 21 по часовой стрелке, перемещая рейку топливного насоса через тягу 15 в сторону увеличения подачи топлива.

При полной нагрузке и номинальной частоте вращения коленчатого вала дизеля верхняя часть вилки 29 займет положение, при котором винт 13 упирается в наклонную часть призмы 14. Такое положение вилки 29 соответствует максимальной подаче топлива.

Если нагрузка дизеля превышает номинальную (перегрузка дизеля), то происходит дальнейшее снижение частоты вращения вала регулятора. Центробежная сила грузов еще более уменьшится и сжатые пружины 11 и 12 переместят муфту 2 еще дальше вправо. Начинает действовать корректор, имеющий возможность увеличить подачу топлива.

Корректор работает следующим образом. Дальнейшему перемещению муфты 2 вправо препятствует вилка 29, так как ее верхний конец упирается в призму 14, а нижний, связанный с кронштейном 21, удерживается спиральной пружиной 3. Как только усилие пружин 11 и 12 преодолеет сопротивление спиральной пружины 3, кронштейн 21 повернется по часовой стрелке и переместит нижний конец вилки 29. При этом верхний конец вилки переместится вверх и винт 13 будет скользить по наклонной поверхности призмы 14 вверх, обеспечивая дополнительное перемещение рейки топливного насоса в сторону увеличения подачи топлива.

При пуске дизеля валик 27 с помощью рычага 26 перемещается в осевом направлении. При этом пружина 24 сжимается и валик 27 выдвигается из корпуса регулятора. Вместе с валиком передвинется призма 14. Винт 13 вилки 29 сойдет с наклонной поверхности призмы 14, вилка 29 переместит рейку топливного насоса в сторону увеличения подачи топлива. С момента начала работы дизеля центробежная сила грузов, сжимая пружины 11 и 12, переместит муфту 2 и вилку 29 влево, обеспечивая необходимую подачу топлива, а валик 27 возвратится под действием пружины 24 в исходное положение.

### § 83. Неисправности системы питания дизельных двигателей и техническое обслуживание

Основные неисправности системы питания: недостаточная подача топлива от насоса высокого давления к форсункам, несвоевременное (раннее или позднее) начало подачи топлива насосом высокого давления, неравномерная подача топлива насосными секциями, неправильная работа форсунок и заедание в подвижных сопряжениях взаимно перемещающихся деталей регулятора.

Признаки недостаточной подачи топлива к форсункам: затрудненный пуск двигателя, неустойчивая работа двигателя на малых оборотах, перебои в работе, уменьшение мощности.

Причины недостаточной подачи топлива к форсункам: попадание воздуха в систему питания, засорение фильтрующих элементов топливных фильтров грубой или тонкой очистки, неисправности топливоподкачивающего насоса.

Признаки ранней подачи топлива (угол опережения начала подачи топлива больше нормального) насосом: жесткая работа двигателя, сильное искрение из выпускной трубы, уменьшение мощности и повышение расхода топлива. Признаки поздней подачи топлива насосом: затрудненный пуск двигателя, перегрев двигателя, дымный выхлоп, уменьшение мощности и повышение расхода топлива.

Причины ранней или поздней подачи топлива насосом: неправильная установка насоса высокого давления на двигателе, самоотвертывание контргайки в толкателе, износ плунжерных пар (поздняя подача).

Признаки неравномерной подачи топлива насосными секциями: неравномерная работа двигателя, перегрев отдельных цилиндров, дымный выхлоп.

Причины неравномерной подачи топлива насосными секциями: неправильная регулировка отдельных секций насоса, неплотная посадка нагнетательного клапана.

Признаки неправильной работы форсунок: работа двигателя с перебоями, дымный выхлоп, уменьшение мощности и повышение расхода топлива.

Причины неправильной работы форсунок: засорение сопловых отверстий, заедание запорной иглы, уменьшение упругости пружины, износ рабочих поверхностей запорной иглы, неправильная регулировка форсунки на давление впрыска и качество распыливания топлива.

Признаки заедания в подвижных сопряжениях взаимно перемещающихся деталей регулятора: чрезмерное повышение частоты вращения коленчатого вала двигателя (разнос), остановка двигателя.

Причины заедания в подвижных сопряжениях взаимно перемещающихся деталей регулятора: загрязнение сопряжений, недостаточная смазка перемещающихся деталей, уменьшение упругости пружин.

Неисправности можно предупредить, если своевременно проводить уход за системой питания, насосом высокого давления, регулятором, форсунками, фильтрами очистки топлива, топливоподкачивающим насосом, топливным баком, воздухоочистителем, впускными и выпускными трубопроводами.

**Уход за системой питания** состоит в проверке герметичности системы. Герметичность системы питания проверяют при ежедневном уходе на работающем двигателе (обороты холостого хода) путем определения наличия воздуха в системе. Чтобы выявить наличие воздуха в системе, следует слегка отвернуть пробку на крышке фильтра тонкой очистки. Если из-под пробки вытекает пена или топливо с пузырьками воздуха, значит, в системе имеется воздух. Подсос воздуха устраняется ликвидацией неплотностей в соединениях топливопроводов. Неплотности в соединениях устраняют подтяжкой всех резьбовых креплений или заменой уплотнительных прокладок и топливопроводов.

**Уход за насосом высокого давления** состоит в проверке уровня масла в корпусе насоса, герметичности нагнетательного клапана, проверке и регулировке насоса на начало подачи топлива и на равномерность подачи топлива насосными секциями.

При ежедневном уходе следует проверить уровень масла в корпусе насоса и в случае необходимости долить свежее масло до нормы.

Герметичность нагнетательного клапана проверяют следующим образом. Отъединив топливопровод высокого давления от проверяемой насосной секции, насосом ручной прокачки подают топливо в насос. Затем медленно поворачивают коленчатый вал дизеля с помощью пусковой рукоятки, выключив компрессию и подачу топлива. Если топливо вытекает из штуцера проверяемой секции непрерывной струей, значит, отсутствует плотное прилегание клапана к седлу. Необходимо клапан притереть к седлу, что следует делать только в мастерской.

Насос на начало подачи топлива проверяют моментоскопом, который при помощи накидной гайки присоединяют к штуцеру секции первого цилиндра. Установив рычаг подачи топлива в положение максимальной подачи, насосом ручной прокачки удаляют воздух из системы топливоподдачи. Удалив воздух и заполнив топливом при помощи ручной прокачки стеклянную трубку моментоскопа приблизительно на половину, проворачивают коленчатый вал дизеля по часовой стрелке до тех пор, пока неподвижный уровень топлива в трубке не начнет подниматься. Момент подъема топлива соответствует началу подачи топлива, которое отсчитывают в градусах угла поворота коленчатого вала до в. м. т. Если угол начала подачи не соответствует нормальной величине, его необходимо установить при помощи регулировочных болтов толкателя. При вывертывании болта из толкателя угол опережения увеличивается, а при заворачивании уменьшается.

На равномерность подачи топлива насосными секциями насос проверяют на стенде КО-1608. Для этого к насосу подсоединяют

отрегулированные на нормальное давление форсунки и устанавливают рейку в положение максимальной подачи топлива. Под форсунки подставляют мерные стаканчики. Проворачивая коленчатый вал с нормальной частотой вращения, замеряют количество топлива, поданное каждой секцией насоса в мерные стаканчики, в течение 2 мин. Если максимальное и минимальное количество топлива, поданное каждой секцией, отличается более чем на 8%, то насос необходимо отрегулировать.

Насосные секции у дизелей Д-75, СМД-14 и других регулируют перемещением хомутиков (перемещение хомутика по рейке вперед увеличивает подачу топлива, назад уменьшает), а у дизелей ЯМЗ-236, ЯМЗ-238, КДМ-100 и др. — смещением поворотной втулки плунжера относительно зубчатого сектора (поворот втулки влево уменьшает подачу, а вправо увеличивает).

**Уход за регулятором** состоит в проверке уровня масла в корпусе, очистке перемещающихся деталей и проверке работы регулятора (т. е. в определении частоты вращения вала двигателя).

При ежедневном уходе следует проверить уровень масла в корпусе регулятора и в случае необходимости долить свежее масло до нормального уровня.

Систематически необходимо очищать перемещающиеся детали от пыли и грязи.

Периодически (руководствуясь правилами технического ухода) следует проверять частоту вращения вала двигателя.

**Уход за форсунками** состоит в проверке затяжки гаек крепления форсунок, проверке и регулировке давления впрыска и качества распыливания топлива.

В процессе эксплуатации следует периодически проверять затяжку гаек крепления форсунок и при необходимости подтягивать их.

Форсунки на давление впрыска и качество распыливания топлива проверяют на приборе КП-1609. Проверяемую форсунку закрепляют на приборе и, качая рычаг прибора, заполняют форсунку топливом. После этого форсунка начинает впрыскивать топливо. Топливо, выходящее из сопловых отверстий, должно быть в мелкокапельном, туманообразном состоянии и равномерно распределяться по всему конусу распыливания; подтекание топлива в распылителе не допускается. Угол распыливания топлива определяется путем измерения отпечатка на бумаге, а давление впрыска топлива — по показанию манометра. Если давление впрыска топлива не соответствует техническим условиям вследствие уменьшения упругости пружины и отложений нагара на поверхности распылителей, то его следует отрегулировать.

Давление впрыска топлива регулируют повертыванием регулировочного винта форсунки при опущенной контргайке. При заворачивании винта давление впрыска увеличивается, а при отворачивании уменьшается.

**Уход за топливными фильтрами** состоит в периодической промывке фильтрующих элементов грубой очистки топлива и смене

фильтрующих элементов тонкой очистки, а также в периодическом сливе отстоя из фильтров.

Уход за топливоподкачивающим насосом заключается в проверке производительности насоса и его герметичности. Производительность насоса определяют на приборе СДТА-1 перепуском топлива в мерный бачок прибора при давлении в магистрали 0,15—0,2 МПа и оценивают количеством топлива в литрах, поступившим в мерный бачок в 1 мин при определенной частоте вращения.

Систематически следует проверять герметичность насоса и при необходимости устранять подтекание топлива.

Уходы за топливным баком, воздухоочистителем, впускными и выпускными трубопроводами описаны в § 76.

## Глава XVI

### СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ

#### § 84. Назначение и виды систем зажигания

Рабочая смесь в цилиндрах двигателя с внешним смесеобразованием воспламеняется электрической искрой, возникающей между электродами свечи зажигания. Электрическая искра получается под действием импульса электрического тока высокого напряжения порядка 15—24 кВ.

Для образования искры и ее распределения по цилиндрам в соответствии с порядком и режимом работы двигателя служат электроприборы, которые образуют систему зажигания. В зависимости от способа получения тока высокого напряжения существуют системы батарейного зажигания и зажигания от магнето.

В системе батарейного зажигания ток высокого напряжения получается в катушке зажигания трансформацией тока низкого напряжения (12 В), который поступает в нее через прерыватель из аккумуляторной батареи или генератора.

В системе зажигания от магнето ток высокого напряжения получается от магнето, которое само вырабатывает ток низкого напряжения. Батарейную систему зажигания применяют на автомобильных двигателях, а систему зажигания от магнето — на пусковых двигателях дизелей и двигателях строительных машин.

#### § 85. Система батарейного зажигания

Система батарейного зажигания (рис. 65) состоит из источников тока низкого напряжения — аккумуляторной батареи 15 и генератора 16, катушки зажигания 12 с вариатором 11, прерывателя тока низкого напряжения 7 с конденсатором 2, распределителя 6 тока высокого напряжения, выключателя 10 зажигания, свечей зажигания 4, проводов высокого 5 и низкого напряжений.

При включенном зажигании и замкнутых контактах прерывателя 7 ток низкого напряжения от отрицательной клеммы бата-

реи 15, проходя по массе двигателя, неподвижному контакту 9 прерывателя и подвижному контакту на рычажке 8, поступает в первичную обмотку 14 катушки 12 зажигания, откуда через вариатор 11, выключатель 10 зажигания и амперметр А возвращается на положительную клемму батареи 15.

Ток, проходящий по первичной обмотке катушки 12, создает сильное магнитное поле. Кулачковая шайба 1 прерывателя, связанная с коленчатым валом двигателя, вращаясь, периодически размыкает контакты прерывателя 7. При размыкании контактов прерывателя ток в первичной обмотке и созданное им магнитное

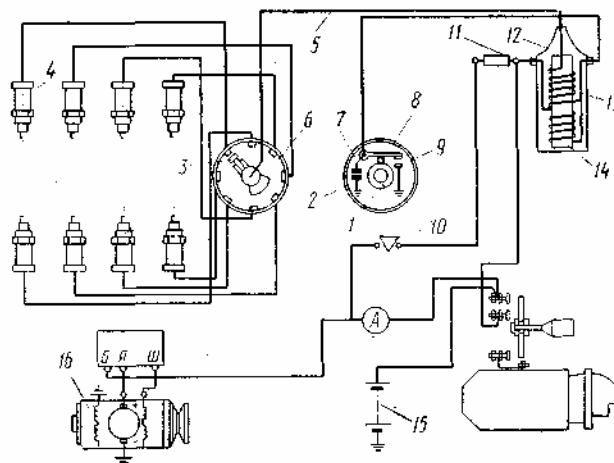


Рис. 65. Схема батарейного зажигания

поле исчезают, вследствие чего во вторичной обмотке 13 и катушке 12 индуктируется ток высокого напряжения (15—24 кВ). Ток высокого напряжения по проводу 5 подводится к токоразносной пластине 3 ротора распределителя, а затем — к центральному электроду свечи зажигания и от него в виде искрового разряда (искры) — на боковой электрод.

На автомобилях ЗИЛ-130 и ГАЗ-53 в настоящее время устанавливают контактно-транзисторную систему зажигания. Принципиальная особенность этой системы заключается в том, что ток в первичную обмотку катушки зажигания проходит через транзистор, минуя контакты прерывателя. Через контакты прерывателя проходит только небольшой силы ток (0,7—0,8 А), управляющий транзистором. Такое уменьшение силы тока практически исключает износ контактов и позволяет увеличить напряжение тока во вторичной цепи на 25—30%. Повышение напряжения тока во вторичной цепи дает возможность увеличить зазор между электродами свечей зажигания. При увеличенном зазоре повышается тепловая мощность электрической искры, обеспечивающая легкий

пуск и более полное сгорание рабочей смеси, что улучшает экономичность работы двигателя.

**Катушка зажигания** представляет собой трансформатор, преобразующий ток низкого напряжения в ток высокого напряжения. Она состоит из стального кожуха 6 (рис. 66), карболитовой крышки 2, сердечника 8 с первичной 9 и вторичной 10 обмотками, кольцевого магнитопровода 7, фарфорового изолятора 11 и пружины 3. Сердечник катушки для уменьшения вихревых токов выполнен из полосок трансформаторной стали. На сердечник надета картонная труба 5, на которую намотана вторичная обмотка из изолированной медной проволоки диаметром 0,07—0,1 мм, имеющей 19—26 тыс. витков. Поверх вторичной обмотки намотана первичная обмотка, состоящая из 270—330 витков изолированной медной проволоки диаметром 0,7—1,0 мм. Между слоями обмоток проложена изоляционная бумага. Обмотки вместе с кольцевым магнитопроводом установлены в кожух так, что сердечник входит в отверстие фарфорового изолятора. Концы первичной обмотки соединены с зажимами 4 и клеммами низкого напряжения Вк. Один конец вторичной обмотки соединен с первичной обмоткой, а второй — с центральной клеммой 1.

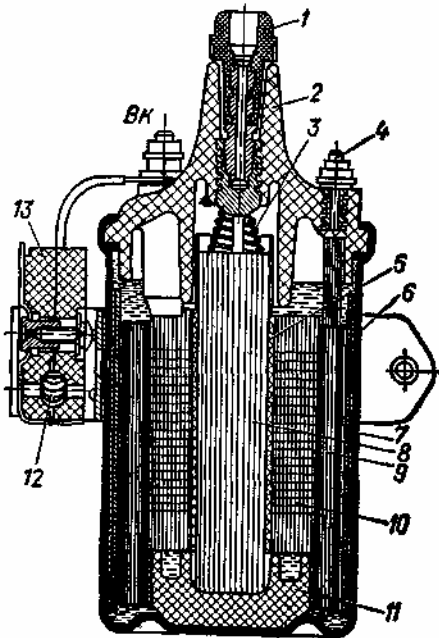


Рис. 66. Катушка зажигания

Принцип действия катушки зажигания основан на явлении электромагнитной индукции. При замыкании контактов прерывателя ток низкого напряжения от батареи или генератора подводится к первичной обмотке катушки. При прохождении тока по первичной обмотке образуется магнитное поле. В момент размыкания контактов прерывателя ток низкого напряжения и созданное им магнитное поле исчезают, вследствие чего во вторичной обмотке катушки индуцируется ток высокого напряжения.

Чтобы автоматически регулировать величину тока в первичной обмотке при изменении частоты вращения коленчатого вала, в цепь первичной обмотки катушки включено дополнительное сопротивление (варнатор) 12 в виде проволоочной спирали, расположенной в фарфоровом разъемном изоляторе 13.

**Прерыватель-распределитель** предназначен для прерывания тока низкого напряжения в первичной обмотке катушки зажигания и распределения тока высокого напряжения по свечам в соответ-

ствии с порядком работы двигателя. Он состоит из прерывателя тока низкого напряжения, конденсатора, распределителя тока высокого напряжения, центробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания и октан-корректора.

Прерыватель служит для прерывания тока низкого напряжения в первичной обмотке катушки зажигания. Он состоит из цилиндрического корпуса 2 (рис. 67), внутри которого расположен подвижный диск 5, и кулачковой шайбы 11, закрепленной

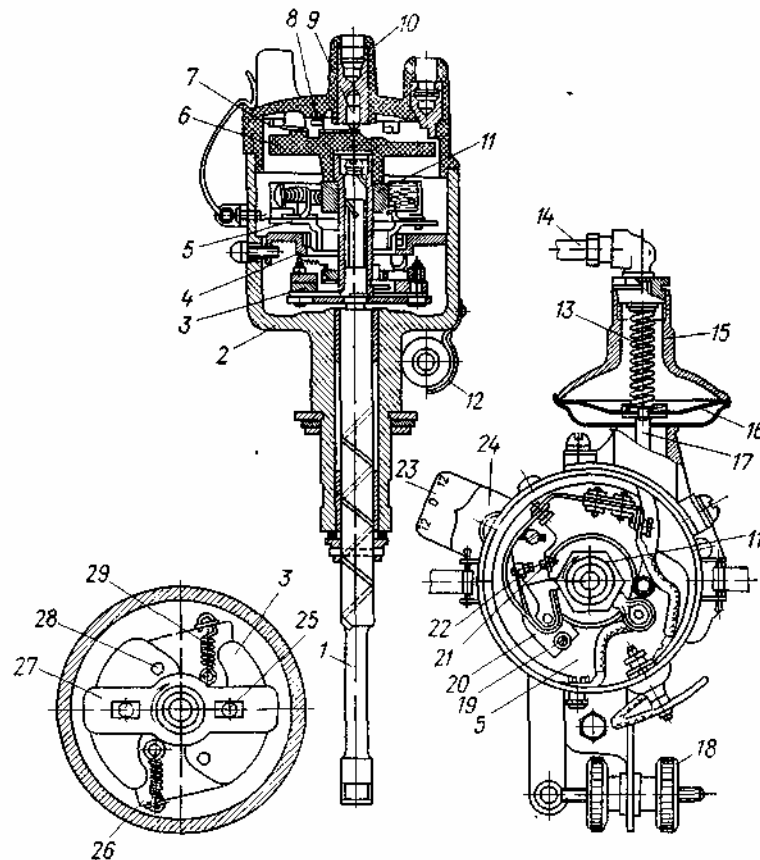


Рис. 67. Прерыватель-распределитель

на валу 1. Подвижный диск 5 опирается на шарикоподшипник, расположенный в гнезде неподвижного диска 4. На подвижном диске 5 установлены подвижный рычажок с контактом 21 и пластина 20 с неподвижным контактом 22. Подвижный рычажок закреплен на оси шарнирно и под действием пластинчатой пружины прижимается к неподвижному контакту 22. Этот контакт соединен с массой, а подвижный контакт изолирован от массы. Контакты прерывателя изготовлены из вольфрама.

Кулачковая шайба 11 имеет выступы, число которых равно числу цилиндров двигателя. Вал 1 приводится во вращение с помощью шестерни от распределительного вала двигателя. Вал 1 в четырехтактных двигателях вращается в два раза медленнее, чем коленчатый вал.

Работа прерывателя состоит в том, что при вращении вала 1 выступы кулачковой шайбы, поочередно набегаая на выступ рычажка с подвижным контактом 21, размыкают контакты, включенные последовательно в цепь первичной обмотки катушки зажигания. Зазор между контактами прерывателя в разомкнутом состоянии должен быть равен 0,35—0,5 мм; его регулируют эксцентриком 19.

Конденсатор предназначен для поглощения тока самоиндукции, возникающего при размыкании контактов прерывателя в первичной обмотке катушки зажигания. Конденсатор 12 (рис. 67) укреплен на корпусе 2 и включен параллельно контактам прерывателя.

Распределитель предназначен для распределения тока высокого напряжения по свечам зажигания. Он состоит из ротора 6 (рис. 67) с латунной токоразносной пластиной и карболитовой крышки 8, закрепленной на корпусе 2 прерывателя пружинными защелками. Ротор установлен на валу 1 и вращается вместе с ним. В крышку 8 вмонтированы боковые контакты 7 и центральный контакт 10, соединенный проводом высокого напряжения с контактом вторичной обмотки катушки зажигания. Снизу в отверстие центрального контакта вставлен угольный контакт 9, который с помощью пружины прижимается к токоразносной пластине.

Ток высокого напряжения из вторичной обмотки катушки зажигания поступает к центральному контакту 10, откуда через угольный контакт 9 — на токоразносную пластину и далее через воздушный зазор 0,25 мм — на один из боковых контактов, соединенных проводами со свечами зажигания.

Центробежный регулятор предназначен для автоматического изменения угла опережения зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя. Центробежный регулятор расположен внутри корпуса 2 прерывателя. Он состоит из ведущей пластины 26, жестко укрепленной на валу 1 прерывателя, двух грузиков 3 с пружинами 29 и ведомой пластины 27, жестко скрепленной с кулачковой шайбой 11. Грузики 3 свободно сидят на осях 28, закрепленных в пластине 26, и стянуты пружинами 29. Ведомая пластина 27 своими продольными прорезями установлена на пальцы 25 грузиков.

При увеличении частоты вращения коленчатого вала двигателя грузики 3 под действием центробежной силы расходятся, преодолевая сопротивление пружин 29, и своими пальцами 25 поворачивают пластину 27, а с ней и кулачковую шайбу по ходу вращения вала 1. Вследствие этого размыкание контактов прерывателя происходит раньше, т. е. угол опережения зажигания увеличивается.

Вакуумный регулятор предназначен для автоматического изменения угла опережения зажигания в зависимости от нагрузки двигателя. Вакуумный регулятор расположен снаружи корпуса 2 прерывателя. Он состоит из разъемного корпуса 15, диафрагмы 16, пружины 13 и тяги 17, присоединенной к подвижному диску 5 прерывателя. Полость регулятора сообщена с задрессельным пространством карбюратора с помощью трубки 14.

При увеличении нагрузки (открытии дроссельной заслонки) разрежение за дроссельным пространством уменьшается и диафрагма 16 под действием пружины 13 выгибается в сторону корпуса и при помощи тяги 17 поворачивает подвижный диск 5 в направлении вращения вала 1, вследствие чего размыкание контактов прерывателя происходит позже, т. е. угол опережения зажигания уменьшится.

Октан-корректор изменяет угол опережения зажигания в зависимости от детонационной стойкости бензина. Октан-корректор расположен снаружи корпуса 2 прерывателя. Он состоит из верхней пластины 24, укрепленной на корпусе прерывателя 2, и нижней 23, прикрепленной к блок-картеру двигателя. На нижней пластине 23 нанесена шкала с делением, а на верхней имеется указательная стрелка. Посредине шкалы есть нулевое деление, которое при установке зажигания совмещается с указательной стрелкой.

Угол опережения зажигания изменяют поворотом корпуса 2 прерывателя с помощью приспособления 18.

Выключатель зажигания предназначен для разъединения цепи тока низкого напряжения. Он установлен на щитке приборов в кабине.

Свечи зажигания служат для образования электрической искры, необходимой для воспламенения рабочей смеси в цилиндрах двигателя. Свечи зажигания по конструкции разделяют на неразборные и разборные. Наибольшее применение в автотракторных двигателях получили неразборные свечи.

Неразборная свеча зажигания (рис. 68) состоит из стального корпуса 4 с боковым электродом 9, керамического изолятора 2 со стержнем 3 и центральным электродом 8 и наконечника 1 для крепления провода высокого напряжения. Нижняя часть корпуса 4 имеет резьбу для ввертывания в головку цилиндра. Изолятор 2 наглухо закреплен в корпусе 4 путем завальцовки верхнего края корпуса. Изолятор в корпусе уплотнен двумя медными шайбами 6 и герметиком 5. Чтобы предотвратить прорыв газов, между корпусом свечи и головкой цилиндра установлено медно-асбестовое кольцо 7.

Зазор между электродами свечи устанавливают 0,8—0,9 мм. Изоляторы изготовляют из уралита и боркорунда, а электроды свечи — из никелемарганцевого сплава.

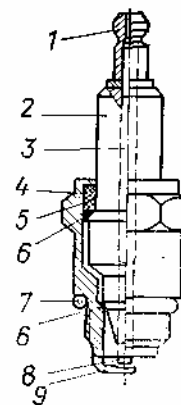


Рис. 68. Свеча зажигания

Свечи маркируют по резьбе ввернутой части, длине нижней части изолятора и материалу изолятора. Диаметр резьбы ввернутой части обозначают буквами М и А, где М соответствует диаметру 18 мм, А — диаметру 14 мм. Цифра после буквы М или А обозначает длину нижней части изолятора (в мм), а последняя буква — материал изолятора. Например, свеча А15Б: буква А указывает, что резьба свечи 14×1,25, цифра 15 — длина нижней части изолятора в мм и буква Б — материал изолятора — боркорунд.

### § 86. Установка батарейного зажигания

Мощность, экономичность двигателя в большой степени зависят от правильной установки зажигания. При правильной установке зажигания на двигателе искра должна появиться в свече каждого цилиндра в конце такта сжатия при соответствующем положении поршня по отношению к в. м. т.

Зажигание на двигателях (ЗИЛ-130, ГАЗ-53А и др.) необходимо устанавливать в такой последовательности:

1. Проверить состояние контактов прерывателя и величину зазора между ними.

2. Установить поршень первого цилиндра в в. м. т. при такте сжатия, для чего вывернуть свечу зажигания первого цилиндра, закрыть отверстие свечи бумажной пробкой и медленно проворачивать пусковой рукояткой коленчатый вал до момента, когда пробка будет выбита из отверстия. Совместить отверстие на шкиве коленчатого вала с меткой в. м. т. на указателе установки зажигания.

3. Установить указатель октан-корректора в нулевое положение и отсоединить трубку вакуумного регулятора от прерывателя.

4. Включить зажигание и медленно поворачивать корпус прерывателя против часовой стрелки до размыкания контактов, которое определяется по появлению искры между концом центрального провода, идущего от катушки зажигания, и массой. После установки начала размыкания контактов выключить зажигание и присоединить трубку вакуумного регулятора.

5. Проверить правильность установки проводов в крышке распределителя в соответствии с порядком работы двигателя.

### § 87. Источники тока

В качестве источников тока на автомобилях и тракторах применяют аккумуляторные батареи и генераторы постоянного или переменного тока.

Аккумуляторная батарея предназначена для питания потребителей электрической энергией во время пуска, после остановки и при работе двигателя на малых оборотах.

На современных автомобилях и тракторах применяют свинцовые аккумуляторные батареи, состоящие, как правило, из трех

или шести последовательно соединенных элементов или аккумуляторов. Напряжение каждого аккумулятора 2 В.

Аккумуляторная батарея (рис. 69) состоит из шести аккумуляторов и бака 4. Каждый аккумулятор состоит из блока положительных 10 и отрицательных 9 пластин, сепараторов 8 и крышки 2 с пробкой 3. Пластины 10 и 9 отлиты в виде решеток из

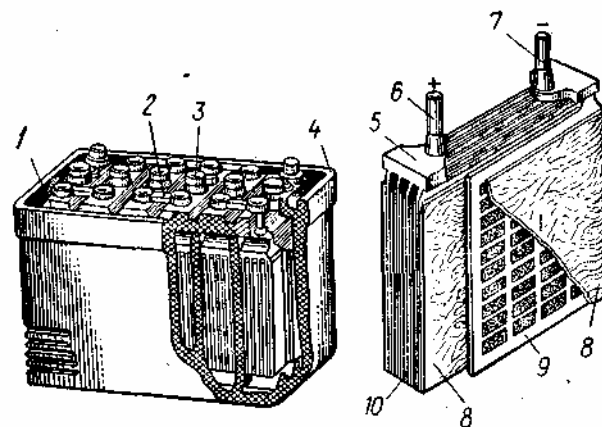


Рис. 69. Аккумуляторная батарея

сплава свинца с сурьмой. В ячейки решетки пластин запрессована активная масса, которая участвует в химической реакции, протекающей в аккумуляторе. У заряженного аккумулятора активная масса положительной пластины состоит из перекиси свинца (коричневого цвета), а отрицательной — из пористого свинца (серого цвета). Одноименные пластины соединены между собой с помощью бареток 5. Положительные пластины в блоке расположены между отрицательными, поэтому отрицательных пластин на одну больше, чем положительных. Пластины 10 и 9 разделяются сепараторами 8 и прокладками, которые предназначены для предотвращения короткого замыкания пластин. Сепараторы 8, изготовленные из древесины или пористого эбонита, свободно пропускают через себя электролит. Крышка 2 аккумулятора изготовлена из кислотоупорной пластмассы и имеет три отверстия: два крайних для полюсных штырей 6 и 7 и одно среднее для заливки электролита. Заливное отверстие закрывается пробкой 3, в которой имеется вентиляционное отверстие для соединения аккумулятора с атмосферой. В качестве электролита в аккумуляторе применяют раствор химически чистой серной кислоты и дистиллированной воды. Уровень электролита в аккумуляторе должен быть на 1,0—1,5 см выше верхнего края пластин. Аккумуляторы, установленные в баке 4, соединяются между собой с помощью свинцовых перемычек 1. Бак 4 представляет собой моноблок с пятью перегородками, образующими шесть ячеек для аккумуляторов. Днище бака имеет



ребра, на которые опираются пластины. Бак изготовлен из кислотоупорной пластмассы или эбонита.

Чтобы зарядить аккумулятор, через него необходимо пропускать постоянный электрический ток от генератора.

Степень зарядки батареи определяют по плотности электролита, которая для полностью заряженных аккумуляторов при температуре электролита  $20^{\circ}\text{C}$  должна быть  $12,6\text{--}13,1\text{ кН/м}^3$ .

На автомобилях и тракторах устанавливают аккумуляторные стартерные батареи следующих типов: 6-СТ-68 ЭМЗ, 6-СТ-78 ЭМСЗ, 6-СТ-165 ЭМС, 6-СТ-42 и др. Первые цифры в маркировке

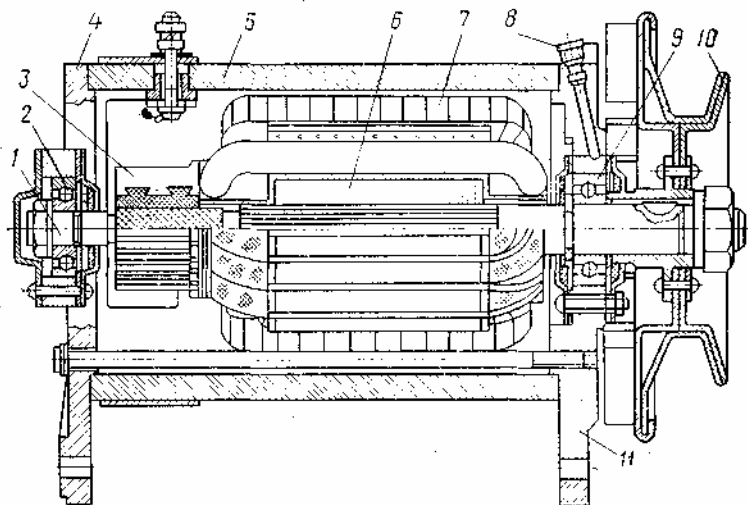


Рис. 70. Генератор Г-130

показывают количество последовательно соединенных аккумуляторов в батарее, буквы СТ — батарея стартерного типа, число — емкость батареи в ампер-часах. Буква Э характеризует материал бака (эбонит), буква М — материал сепараторов (минпласт или мипор), буква С — материал прокладок (стекловолок), буква З означает, что в состоянии поставки батареи имеет сухозаряженные пластины.

**Генератор** предназначен для питания потребителей электрической энергией и заряда аккумуляторной батареи при работе двигателя на средних и больших оборотах. На большинстве автомобилей и тракторов устанавливают генераторы постоянного тока с параллельным возбуждением и напряжением 12 В.

Генератор постоянного тока Г-130 автомобиля ЗИЛ-130 (рис. 70) состоит из стального корпуса 5 с двумя полюсами (сердечники электромагнита) и обмоткой возбуждения 7, якоря 6, задней 4 и передней 11 крышек, щеток и шкива 10 привода. Якорь 6 вращается на двух шариковых подшипниках 2 и 9, уста-

новленных в крышках 4 и 11 и уплотненных шайбами. Он состоит из вала 1, сердечника, обмотки и коллектора 3. Коллектор выполняет роль токосборителя и преобразователя переменного тока в постоянный. Он состоит из медных пластин, изолированных друг от друга.

Щетки расположены в щеткодержателях на задней крышке 4. Отрицательная щетка соединена с массой генератора, а положительная изолирована от массы и соединена с клеммой. Обмотка возбуждения 7 подключена параллельно обмотке якоря и одним концом соединена с массой, а другим — с изолированной клеммой на корпусе генератора.

Якорь генератора приводится во вращение клиновидным ремнем от шкива коленчатого вала. Крышки генератора имеют отверстия для вентиляции. Под действием шкива-вентилятора 10 воздух прогоняется через внутреннюю часть генератора и охлаждает его.

Задний подшипник 9 смазывается через масленку 8.

Принцип действия генератора основан на явлении электромагнитной индукции. При вращении якоря генератора его обмотка пересекает слабый магнитный поток, созданный остаточным магнетизмом сердечников электромагнита. В результате в обмотках якоря индуцируется э. д. с., под действием которой в обмотку возбуждения поступит ток, который усиливает магнитное поле. С увеличением магнитного поля увеличивается э. д. с. генератора, а следовательно, и напряжение на его клеммах.

Увеличение количества и мощностей потребителей электрической энергии на автомобилях и тракторах вызвало применение генераторов переменного тока. Генераторы переменного тока по сравнению с генераторами постоянного тока имеют более простую конструкцию, меньшую массу и более надежны в работе. Выпрямление переменного тока генератора производится селеновым или кремниевым выпрямителем.

## § 88. Реле-регулятор

Реле-регулятор предназначен для автоматического включения и выключения генератора, поддержания постоянного напряжения на клеммах генератора и защиты его от перегрузки. Реле-регулятор автомобиля ЗИЛ-130 (рис. 71) состоит из трех электромагнитных приборов: реле обратного тока *РОТ*, регулятора напряжения *РН* и ограничителя тока *ОТ*. Эти приборы смонтированы на общей изоляционной панели 16 и закрыты герметически крышкой. На панели 16 реле-регулятора закреплены три изолированные клеммы: *Б* (батарея), *Я* (якорь) и *Ш* (шунт). Клеммы *Я* и *Ш* соединены с соответствующими клеммами генератора, а клемма *Б* через амперметр — с аккумуляторной батареей и потребителями. В реле-регуляторе смонтированы дополнительные сопротивления *R1—R4*, которые включаются в обмотку возбуждения генератора при раз-

мыкании контактов ограничителя тока *ОТ* и регулятора напряжения *РН*.

**Реле обратного тока *РОТ*** автоматически включает генератор в цепь, когда напряжение на клеммах генератора больше напряжения аккумуляторной батареи, и выключает генератор из цепи, когда его напряжение меньше напряжения батареи. Реле состоит

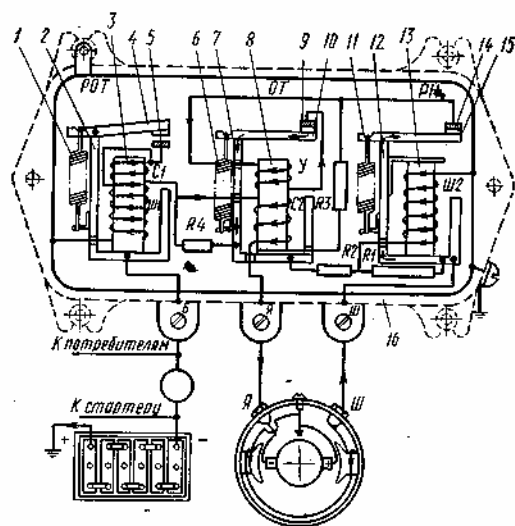


Рис. 71. Реле-регулятор РР-20

из ярма 2, сердечника 3 электромагнита, якоря 4 с подвижным контактом, стойки с неподвижным контактом 5 и пружины 1. На сердечник 3 намотаны две обмотки; первая тонкая шунтовая *Ш1* с большим числом витков и вторая толстая серийная *С1* с малым числом витков. Шунтовая обмотка включена параллельно с генератором, а серийная — последовательно. При неработающем двигателе контакты реле находятся в разомкнутом состоянии вследствие натяжения пружины 1. Когда двигатель начинает работать, на клеммах генератора создается напряжение, под действием которого через шунтовую обмотку реле проходит ток. Как только напряжение на клеммах генератора превысит напряжение батареи, ток, проходя по шунтовой обмотке, намагничивает сердечник 3 так, что он, преодолевая упругую силу пружины 1, притягивает к себе якорь 4, замыкая контакты реле, и включает генератор в цепь. При этом весь ток генератора проходит через серийную обмотку реле и дополнительно намагничивает сердечник 3, что усилит притяжение якоря и обеспечит надежное прилегание контактов реле.

Если напряжение генератора станет меньше напряжения аккумуляторной батареи, то ток через серийную обмотку реле пойдет в обратном направлении (от батареи к генератору), в результате чего серийная обмотка размагничивает сердечник 3 и контакты реле под действием пружины 1 размыкаются, выключая генератор из цепи.

**Ограничитель тока *ОТ*** предохраняет генератор от перегрузки. Он состоит из ярма 7, сердечника 8 электромагнита, якоря 10 с подвижным контактом, стойки с неподвижным контактом 9 и пружины 6. На сердечник 8 намотаны две обмотки — серийная *С2* и ускоряющая *У*. Серийная обмотка *С2* соединена последо-

тельно с обмоткой якоря и через нее проходит весь ток, вырабатываемый генератором. Если ток, отдаваемый генератором, не превышает допустимой величины, то контакты ограничителя тока замкнуты под действием пружины 6. Как только ток, отдаваемый генератором, превысит допустимую величину, сердечник 8 намагничивается так, что он, преодолевая силу пружин 6, притягивает к себе якорь 10, размыкая контакты ограничителя. При этом в цепь обмотки возбуждения генератора включается дополнительное сопротивление, в результате чего уменьшается ток в обмотке возбуждения, а следовательно, и ток, вырабатываемый генератором. Уменьшение тока приведет к ослаблению магнитного поля электромагнита и контакты прерывателя под действием пружины 6 вновь замыкаются, вследствие чего ток в обмотке возбуждения снова возрастет. Ускоряющая обмотка *У* служит для ускорения размыкания контактов и включена последовательно в цепь возбуждения генератора.

**Регулятор напряжения *РН*** поддерживает постоянное напряжение генератора при различной частоте вращения коленчатого вала двигателя. Он состоит из ярма 12, сердечника 13 электромагнита, якоря 15 с подвижным контактом, стойки с неподвижным контактом 14 и пружины 11. На сердечник 13 намотана шунтовая обмотка *Ш2*, которая присоединена параллельно обмотке якоря генератора.

При нормальном напряжении на клеммах генератора контакты регулятора замкнуты под действием пружины 11. Как только напряжение генератора превысит нормальное, сердечник 13 намагничивается так, что, преодолевая силу пружины 11, притянет к себе якорь 15, размыкая контакты регулятора. При этом в цепь обмотки возбуждения генератора включатся дополнительные сопротивления *Р1*, *Р2* и *Р4*, вследствие чего уменьшится напряжение генератора. Уменьшение напряжения генератора приводит к ослаблению магнитного поля электромагнита и контакты регулятора под действием пружины 11 вновь замкнутся, в результате чего ток в обмотке возбуждения снова возрастет.

## § 89. Неисправности системы батарейного зажигания и техническое обслуживание

Неисправности в системе зажигания и ее приборах вызывают перебои в работе или остановку двигателя и затрудняют его пуск. Перебои в работе какого-либо цилиндра двигателя обычно связаны с неисправностями свечей зажигания, а перебои в работе различных цилиндров — с неисправностями катушки зажигания или прерывателя-распределителя и конденсатора.

Основные неисправности свечи зажигания: отложение нагара на внутренней поверхности и большое загрязнение снаружи, нарушение нормального зазора между электродами, трещины на изоляторе и поломка бокового электрода. Из-за таких неисправностей искра в свече получается очень слабая или не проскакивает



совсем. Это приводит к неустойчивой и неравномерной работе двигателя, уменьшению его мощности и остановке двигателя при повышенной нагрузке.

К числу основных неисправностей катушки зажигания относятся: замыкание первичной обмотки на массу и замыкание вторичной обмотки на первичную, замыкание дополнительного сопротивления на массу, перегорание дополнительного сопротивления и трещины в крышках и изоляторах.

Неисправности дополнительного сопротивления и первичной обмотки вызывают отказ в работе катушки зажигания, а остальные неисправности — перебой в работе цилиндров.

Основные неисправности прерывателя-распределителя: обгорание или замасливание контактов прерывателя и нарушение нормального зазора между ними, заедание грузиков и ослабление пружин центробежного регулятора, нарушение герметичности вакуумного регулятора, появление трещин в крышке и роторе распределителя и обрыв гибких проводов, соединяющих неподвижный диск с подвижным и рычажок подвижного контакта с клеммой низкого напряжения.

Обгорание или замасливание контактов прерывателя вызывает резкое увеличение сопротивления между ними, вследствие чего уменьшается в первичной обмотке катушки ток и снижается мощность искры в свече. Нарушение нормального зазора между контактами прерывателя приводит к ухудшению искрообразования между электродами свечей, а это в свою очередь к перебоям в работе двигателя.

К числу основных неисправностей конденсатора относятся: пробой изоляции, обрыв соединительного провода и плохой контакт между конденсатором и зажимом прерывателя или массой. Неисправность конденсатора вызывает сильное искрение между контактами прерывателя.

Неисправности можно предупредить, если своевременно проводить уход за свечами зажигания, катушкой зажигания, прерывателем-распределителем, аккумуляторной батареей, генератором и реле-регулятором.

**Уход за свечами зажигания** состоит в проверке крепления проводов и очистке свечей, проверке свечей на искрообразование, очистке изоляторов от нагара и проверке и регулировке зазоров между электродами. В процессе эксплуатации следует ежедневно проверять крепление проводов и очищать свечи от грязи и пыли чистой мягкой тряпкой. Пыль и грязь может служить причиной утечки тока. Проверяют свечи на искрообразование и очищают изоляторы от нагара периодически (руководствуясь правилами технического ухода). Если искра не появится, то свеча неисправна. Неисправность свечи вызвана трещинами в изоляторе.

Зазор между электродами проверяют круглым щупом и регулируют подгибанием только бокового электрода.

**Уход за катушкой зажигания** состоит в проверке креплений провода, проверке обмоток и в очистке катушки от пыли и грязи.

В процессе эксплуатации следует систематически проверять крепление проводов и при необходимости подтягивать. Периодически (руководствуясь правилами технического ухода) необходимо проверять состояние обмоток катушек. В случае сгорания изоляции первичной обмотки или пробоя изоляции вторичной обмотки катушку следует заменить. Ежедневно следует очищать катушку от пыли и грязи.

**Уход за прерывателем-распределителем** заключается в проверке состояния контактов и регулировке зазоров между контактами прерывателя, проверке исправности конденсатора, ротора распределителя, центробежного регулятора, креплений проводов и в очистке от грязи и масла поверхности корпуса прерывателя, крышки распределителя, контактов крышки и ротора.

Проверять состояние контактов прерывателя и регулировать зазоры между ними необходимо в такой последовательности: установить кулачковую шайбу прерывателя в положение, при котором контакты прерывателя максимально разошлись; осмотреть рабочие поверхности контактов, и если они загрязнены, замаслены, то зачистить их мелкой стеклянной шкуркой или плоским надфилем. После зачистки контакты протереть тряпкой, смоченной в бензине; проверить пластинчатым щупом зазор между контактами, и если он больше или меньше указанного в инструкциях, то отрегулировать поворотом эксцентрика.

Исправность конденсатора проверяют по его способности заряжаться и сохранять заряд. Для этого конденсатор необходимо включить в цепь переменного тока напряжением 220 В последовательно с электролампой. Если лампа не загорается, конденсатор исправен, а если лампа загорается, то конденсатор неисправен. Неисправность конденсатора вызвана коротким замыканием.

Исправность ротора распределителя проверяют следующим путем: провод высокого напряжения катушки зажигания следует поднести к токоразносной пластине и разомкнуть контакты прерывателя. Если искра не проскакивает с провода высокого напряжения на токоразносную пластину, то ротор исправен, а появление искры укажет на неисправность ротора, вызванную трещиной в нем.

Исправность центробежного регулятора проверяют следующим образом: кулачковую шайбу необходимо повернуть до отказа в сторону вращения и отпустить ее. Если кулачковая шайба вернется в первоначальное положение, то регулятор исправен, а если шайба не вернется, то регулятор неисправен. Неисправность регулятора вызвана ослаблением пружин или поломкой грузиков.

Систематически следует проверять крепление проводов и очищать поверхности корпуса прерывателя, крышки распределителя, контакты крышки и ротора от грязи и масла.

**Уход за аккумуляторной батареей** заключается в проверке состояния батареи, уровня и плотности электролита и степени заряженности ее. При проверке батарей ее очищают от пыли и грязи мягкой тряпкой, смоченной в растворе нашатырного спирта,

зачищают окислившись штыри батарей и наконечники проводов стеклянной шкуркой и прочищают вентиляционные отверстия в пробках элементов деревянной палочкой.

Уровень электролита в аккумуляторе проверяют стеклянной трубкой с внутренним диаметром 5—6 мм. Нижний конец трубки (30—35 мм) градуирован с ценой деления 1 мм. Трубку опускают в заливное отверстие до упора в пластины, зажимают сверху пальцем и вынимают. Уровень электролита в трубке соответствует уровню электролита в аккумуляторе. Если уровень электролита в аккумуляторе окажется ниже нормы, то следует в него долить дистиллированную воду.

Плотность электролита в каждом аккумуляторе проверяют с помощью кислотомера, который представляет собой стеклянную трубку, внутри которой помещен ареометр. Разница в плотности электролита в аккумуляторах не должна быть более  $0,05 \text{ г/см}^3$ .

Степень заряженности батарей проверяют или по плотности электролита, или замером напряжения на полюсных штырях с помощью нагрузочной вилки. Напряжение, замеряемое нагрузочной вилкой на штырях заряженного аккумулятора, должно быть неизменным в течение 5 с и не менее 1,8 В. Разность напряжений на штырях отдельных аккумуляторов не должна превышать 0,1—0,2 В.

Уход за генератором состоит в проверке щеток и коллектора, осмотре и регулировке натяжения ремня привода генератора.

В процессе эксплуатации следует периодически (руководствуясь правилами технического ухода) проверять плотность прилегания щеток к коллектору и состояние коллектора, так как при плохом прилегании щеток к коллектору увеличивается искрение щеток и подгорание коллектора. Плохой контакт может быть из-за загрязнения, износа щеток и коллектора, заедания щеток в щеткодержателях.

В процессе работы двигателя необходимо следить за правильностью натяжения ремней привода генератора и их исправностью и в случае необходимости регулировать натяжение ремня.

Уход за реле-регулятором состоит в систематической проверке крепления реле-регулятора и затяжке его клемм, в периодической проверке (руководствуясь правилами технического ухода) напряжения, при котором замыкаются контакты реле обратного тока *РОТ* и регулятора напряжений *РН*; величины обратного тока, при котором размыкаются контакты ограничителя тока *ОТ*; максимальных величин регулируемых напряжений и тока. Если величины этих параметров не соответствуют допустимым значениям, то следует отрегулировать реле-регулятор (в специально оборудованной мастерской).

## § 90. Система зажигания от магнето

Система зажигания от магнето отличается от батарейной системы зажигания тем, что ток низкого напряжения получается непосредственно в магнето. Магнето представляет собой прибор,

который предназначен для получения тока низкого напряжения, преобразования его в ток высокого напряжения и распределения тока высокого напряжения по свечам зажигания в соответствии с порядком работы двигателя.

В зависимости от способа получения тока низкого напряжения различают магнето с вращающимся магнитом и неподвижными обмотками и с вращающимися обмотками и подвижным магнитом. Наиболее распространены магнето с вращающимся магнитом

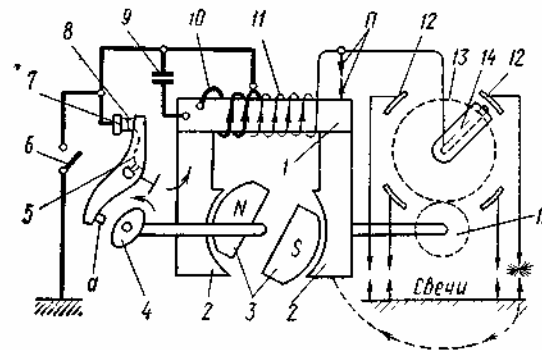


Рис. 72. Схема магнето с вращающимся магнитом

и неподвижными обмотками. Магнето с вращающимся магнитом и неподвижными обмотками (рис. 72) состоит из магнитной системы, первичной обмотки с прерывателем тока низкого напряжения и конденсатором, вторичной обмотки с распределителем тока высокого напряжения и корпуса с крышками.

Магнитная система предназначена для получения меняющегося магнитного потока. Она состоит из вращающегося двухполюсного постоянного магнита 3 (ротора), стоек 2, изготовленных из тонких пластин трансформаторного железа, и сердечника 1. Магнит 3 приводится во вращение от двигателя.

Первичная обмотка с прерывателем и конденсатором предназначена для получения тока низкого напряжения, обеспечивающего возникновение резко изменяющегося магнитного поля. Первичная обмотка 10 намотана на сердечник 1 и состоит из 150—240 витков изолированной проволоки диаметром 0,8—1,0 мм. Один конец первичной обмотки соединен с сердечником 1, т. е. с массой а второй — с изолированным неподвижным контактом 7 прерывателя, к которому постоянно с помощью пружины прижимается подвижный контакт 8 прерывателя, находящийся на качающемся рычажке 5, соединенном с массой. Нижняя часть рычажка 5 имеет фибровую вставку а, прилегающую к кулачку 4 с двумя выступами. Кулачок 4 жестко связан с магнитом 3. При вращении кулачок своими выступами нажимает на фибровую вставку а рычажка 5 и разъединяет контакты прерывателя, размыкая первичную цепь. Параллельно контактам прерывателя включен конденса-

тор 9, который уменьшает искрение между контактами и предохраняет их от подгорания.

Вторичная обмотка с распределителем предназначена для получения тока высокого напряжения и распределения его по свечам в соответствии с порядком работы двигателя. Вторичная обмотка 11 намотана на сердечник 1 сверху первичной обмотки и состоит из 11—12 тыс. витков изолированной проволоки диаметром 0,1 мм. Один конец вторичной обмотки соединен с первичной, а второй через скользящий угольный контакт — с контактом 14 распределителя, который вращается вместе с магнитом 3 при помощи шестерен 13 и 15. Вращающийся контакт 14 поочередно замыкает неподвижные контакты 12, которые соединены со свечами зажигания. Для предохранения изоляции вторичной обмотки от повреждений, магнето имеет искровый предохранитель П, через который ток высокого напряжения при большом повышении его величины проходит на массу. Чтобы выключить зажигание путем соединения первичной обмотки с массой, предусмотрен выключатель 6.

**Принцип работы магнето.** При вращении магнита 3 его полюсы поочередно подходят к стойкам 2. В результате этого в стойках 2 возникает переменный по величине и направлению магнитный поток, который проходит через сердечник 1. Магнитный поток возбуждает в первичной обмотке 10 ток низкого напряжения, создающий вокруг нее переменное магнитное поле, в котором находится вторичная обмотка 11. Когда ток в первичной обмотке достигает максимума, кулачок 4 размыкает контакты 7 и 8 прерывателя и магнитное поле, созданное током низкого напряжения, исчезает, а во вторичной обмотке индуктируется ток высокого напряжения. Ток высокого напряжения от вторичной обмотки передается через распределитель и провода высокого напряжения к свечам зажигания.

Уход за магнето состоит в проверке состояния контактов прерывателя и регулировке зазоров между ними, проверке креплений проводов, очистке магнето от пыли и грязи.

## Глава XVII

### ПУСКОВЫЕ УСТРОЙСТВА ДВИГАТЕЛЕЙ

#### § 91. Способы пуска двигателей

Чтобы быстро и надежно пустить двигатель, в нем предусмотрены пусковые устройства, которые делят на основные, предназначенные для вращения коленчатого вала, и вспомогательные — для облегчения пуска.

В зависимости от пускового устройства различают следующие способы пуска автотракторных двигателей:

1. Пуск от руки проворачиванием коленчатого вала пусковой рукояткой, палец которой сцепляется с храповиком на носке вала, или шнуром, наматываемым на маховик. Этот способ применяется только в карбюраторных двигателях малой мощности.

2. Пуск электрическим стартером, питающимся от аккумуляторной батареи.

3. Пуск вспомогательным карбюраторным двигателем, пускаемым от руки или электростартером.

#### § 92. Пуск электрическим стартером

Пуск автомобильных двигателей и тракторных дизелей небольшой мощности, как правило, осуществляется с помощью электростартера.

Электростартер, используемый в качестве пускового устройства двигателя, представляет собой серийный электродвигатель постоянного тока, снабженный приводным механизмом для включения шестерни стартера с зубчатым венцом маховика во время пуска и разъединения их после пуска.

В зависимости от способа включения и выключения шестерни стартера с зубчатым венцом маховика стартеры могут быть с принудительным механическим включением и непосредственным управлением и с принудительным электромагнитным включением и дистанционным управлением. В стартерах с принудительным включением и непосредственным управлением включение шестерни стартера с венцом маховика и замыкание тока в обмотках стартера осуществляется усилием водителя, а в стартерах с принудительным включением и дистанционным управлением эти операции производятся автоматически с помощью тягового реле и реле включения.

В качестве примера рассмотрим конструкцию и принцип действия стартера СТ-130 с принудительным электромагнитным включением и дистанционным управлением. Стартер (рис. 73) состоит из четырехполюсного электродвигателя постоянного тока последовательного возбуждения с механизмом привода, электромагнитного тягового реле и реле включения. Электродвигатель постоянного тока последовательного возбуждения состоит из стального корпуса 29 с четырьмя полюсными сердечниками 27 и обмотками 28 возбуждения; якоря 26 с обмотками, коллектора 30 и четырех щеток 32. Щетки 32 расположены в щеткодержателях на крышке 33 и выполнены из материала, содержащего 90% меди, 4% графита и 6% свинца. Две положительные щетки изолированы от массы (корпуса) и соединены с концами обмотки возбуждения, а две отрицательные соединены с массой.

Обмотку возбуждения и обмотку якоря у электродвигателя изготовляют из толстого медного провода прямоугольного сечения, так как он при пуске двигателя потребляет большой ток (до 900 А).

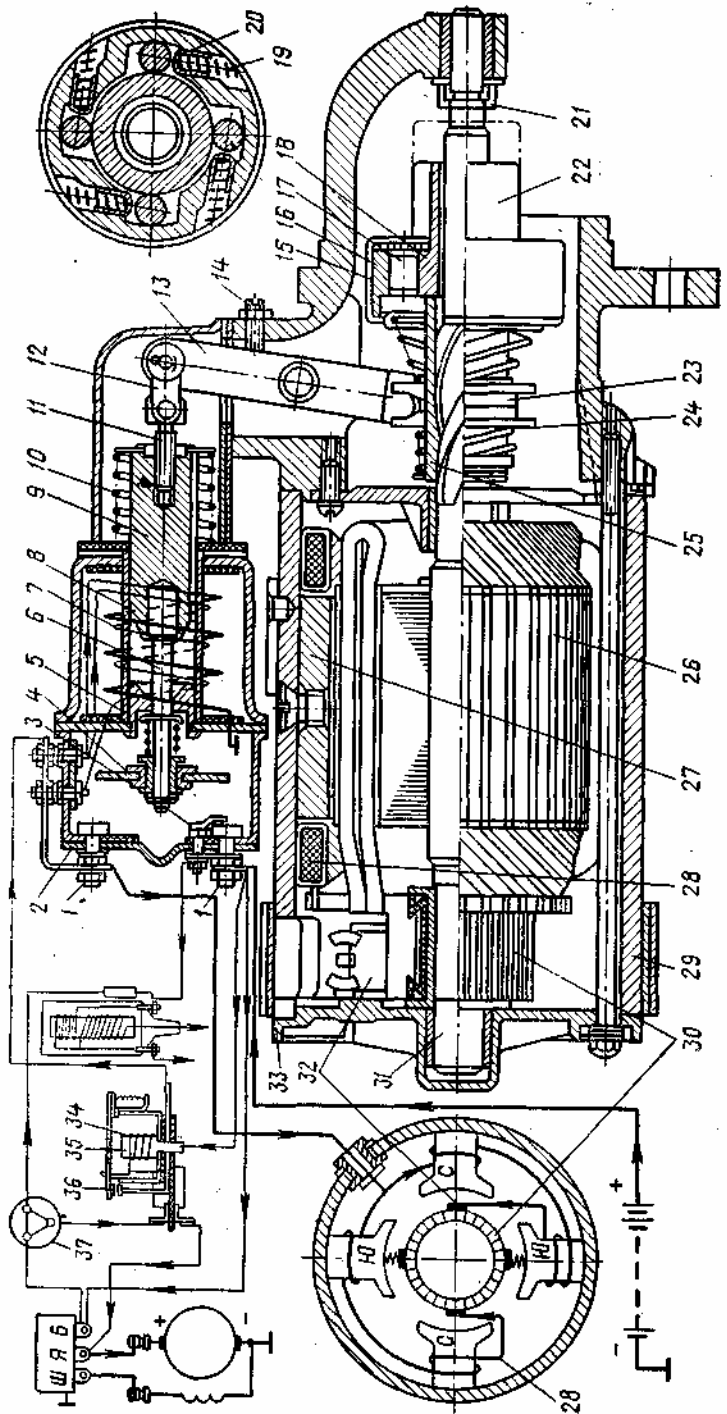


Рис. 73. Стартер СТ-130

Принцип действия электродвигателя основан на взаимодействии магнитного поля полюсных сердечников с магнитным полем якоря при прохождении электрического тока по обмоткам. В результате взаимодействия магнитных полей вал якоря начнет вращаться.

Механизм привода предназначен для передачи крутящего момента с вала якоря на маховик и разъединения якоря стартера с коленчатым валом после пуска двигателя. Он состоит из роликовой муфты свободного хода 15 с шестерней 22, муфты включения 23 и буферной пружины 24. Муфта свободного хода состоит из внутренней ведомой обоймы 18, изготовленной заодно с шестерней 22 и наружной ведущей обоймы 16. Наружная обойма своей ступицей 25 установлена на винтовых шлицах вала якоря 31, вращается заодно с ним и перемещается по шлицам вала якоря для введения шестерни 22 в зацепление с венцом маховика. Наружная обойма имеет четыре клиновидных паза для роликов 17 и отверстия для установки толкателей 20, отжимающих ролики 17 пружинами 19 в узкую часть клиновидных пазов, образованных обоймами.

При вращении вала якоря и наружной обоймы 16 ролики под действием толкателей 20 перемещаются в сторону меньшего зазора между обоймами и заклиниваются. В результате этого обоймы 16 и 18 вращаются как одно целое и шестерня 22 начнет вращать маховик двигателя.

После пуска двигателя маховик начинает вращать шестерню 22 и связанную с ней внутреннюю обойму 18 быстрее, чем вращается вал якоря и наружная обойма 16. Это вызывает сдвиг роликов 17 в широкую часть паза наружной обоймы 16, в результате чего обоймы 16 и 18 разъединяются и вращение шестерни на вал якоря передаваться не будет.

Буферная пружина 24 обеспечивает ввод шестерни 22 в зацепление с венцом маховика в случае, если зуб шестерни упрется в зуб венца маховика.

Тяговое реле предназначено для принудительного введения шестерни стартера в зацепление и подключения стартера к аккумуляторным батареям. Тяговое реле устанавливают на корпус стартера. Оно состоит из подвижного якоря 9, втулки 5 с втягивающей 7 и удерживающей 8 обмотками, возвратной пружины 10, контактного кольца 4, контактов 1 и 3 и крышки 2.

Реле включения РВ служит для включения тока в обмотки тягового реле при пуске двигателя и автоматического выключения стартера. Оно состоит из сердечника 35 с обмоткой 34, якоря, пружины и контактов 36.

При включении стартера поворотом ключа в замке включателя 37 зажигания ток от аккумуляторной батареи поступает в обмотку 34 реле включения, создавая магнитное поле. Под действием магнитного поля сердечник 35 перемещается и замыкает контакты 36, включив тем самым втягивающую 7 и удерживающую 8 обмотки тягового реле. Во время прохождения тока по

втягивающей и удерживающей обмоткам якорь 9 втягивается внутрь втулки 5, преодолевая усилие возвратной пружины 10. При этом связанный с якорем 9 рычаг включения 13 поворачивается и перемещает муфту включения 23 и вводит шестерню 22 в зацепление с венцом маховика. Перемещение шестерни 22 ограничивается упорным кольцом 21. Когда шестерня 22 войдет в зацепление с венцом маховика, контактное кольцо 4, связанное с якорем 9 через шток 6, замкнет контакты 1 тягового реле и включит стартер. В результате вал якоря начинает вращаться и крутящий момент через муфту свободного хода 15, шестерню 22 передается на венец маховика. После включения стартера якорь тягового реле, а вместе с ним и все детали механизма привода возвращаются в исходное положение возвратной пружины 10.

Регулировка зазора между шестерней 22 и упорным кольцом 21 осуществляется винтами 11 и 14 и серьгой 12.

### § 93. Пуск вспомогательным карбюраторным двигателем

Пуск тракторных дизелей средней и большой мощности осуществляется с помощью вспомогательного карбюраторного двигателя. Применение в качестве пускового устройства карбюраторного двигателя обеспечивает надежный пуск дизелей при любых температурных условиях.

Пусковое устройство включает в себя пусковой двигатель и силовую передачу. Пусковой двигатель и силовую передачу крепят обычно с правой стороны к картеру маховика дизеля. В качестве пусковых двигателей широко используют карбюраторные двигатели ПД-10М, ПД-10М2, П-23 и П-46. Двигатели ПД-10М и ПД-10М2 одноцилиндровые, двухтактные, карбюраторные с кривошипно-камерной продувкой мощностью 7,36 кВт (10 л.с.). Двигатели П-23 и П-46 двухцилиндровые, двухтактные, карбюраторные с кривошипно-камерной продувкой мощностью 12,5 кВт (17 л.с.).

Силовая передача предназначена для передачи вращения коленчатого вала пускового двигателя валу дизеля. Силовая передача пускового устройства состоит из муфты сцепления, редуктора и механизма выключения.

### § 94. Средства, облегчающие запуск двигателей

Пуск двигателя при низкой температуре окружающего воздуха затруднен из-за повышения вязкости смазочного масла, увеличения сопротивления при проворачивании коленчатого вала и из-за низкой температуры горючей смеси или воздуха в конце сжатия. Поэтому современные двигатели имеют ряд пусковых устройств для облегчения и ускорения пуска двигателя при любых температурных условиях. К таким устройствам относятся пусковые подогреватели для нагрева охлаждающей воды и смазочного масла, устройства для облегчения воспламенения топлива или

горючей смеси и устройства для облегчения проворачивания коленчатого вала.

Пусковые подогреватели для нагрева охлаждающей воды и смазочного масла установлены на большинстве двигателей. В качестве примера рассмотрим конструкцию и принцип действия пускового подогревателя двигателя ЗИЛ-130.

Подогреватель (рис. 74) представляет собой неразборный котел 10, который постоянно включен в систему охлаждения дви-

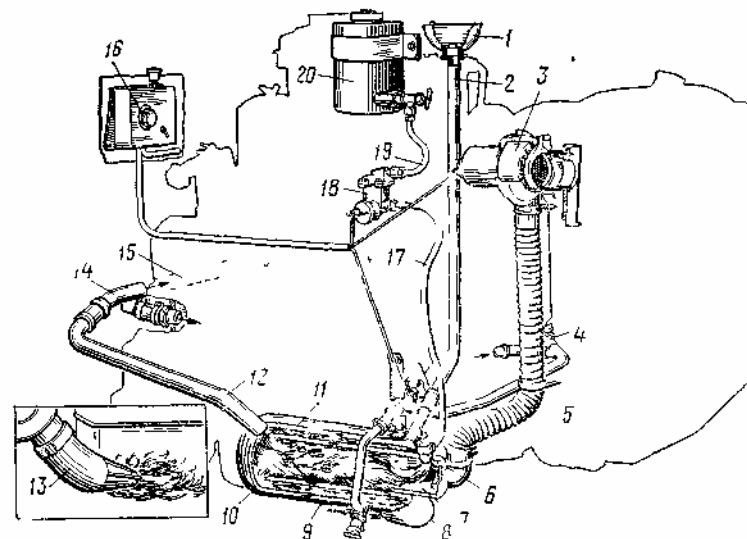


Рис. 74. Пусковой подогреватель двигателя ЗИЛ-130

теля. Котел состоит из камеры сгорания 7, жаровой трубы 8, обратного газохода 9 и двух соединенных между собой водяных рубашек 11. В камеру сгорания 7 бензин поступает из бачка 20 самотеком через регулятор подачи топлива 18 по трубкам 19 и 17. Регулятор 18 обеспечивает равномерную подачу определенного количества бензина в камеру сгорания. Воздух в камеру сгорания подается электровентильатором 3 по шлангу 5. Вода в котел поступает из воронки 1 самотеком по трубке 2.

Горючая смесь в камере сгорания воспламеняется свечой накаливания 6. Для контроля за работой свечи 6 в ее цепь последовательно включена контрольная спираль накаливания 16, по накалу которой следят за работой свечи.

Продукты сгорания, образовавшиеся в результате сгорания горючей смеси, проходят по жаровой трубе и нагревают воду, находящуюся в рубашке котла. Нагретая вода из котла по трубопроводу 12 и патрубкам 14 и 15 поступает в рубашку охлаждения блок-картера. Продукты сгорания, проходящие через обратный проход, направляются по патрубку 13 под поддон картера для подогрева масла. Подогреватель имеет кран 4 для слива воды.

К устройствам для облегчения воспламенения топлива или горючей смеси относятся электрические свечи накаливания и подогреватели воздуха. Электрические свечи накаливания устанавливаются в камере сгорания. Подогреватели воздуха предназначены для подогрева воздуха, поступающего в цилиндр двигателя. Их устанавливают, как правило, на дизелях.

К устройствам, облегчающим проворачивание коленчатого вала, относится декомпрессионный механизм (см. § 54).

### Глава XVIII

#### ДВИГАТЕЛИ, УСТАНОВЛИВАЕМЫЕ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ, И ИХ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

##### § 95. Требования, предъявляемые к двигателям строительных машин

Основные требования, предъявляемые к конструкции д. в. с. строительных машин, сводятся к следующим:

- 1) способность двигателя работать при различных скоростных и нагрузочных режимах без перебоев и вынужденных остановок;
- 2) минимальная масса при сохранении необходимой прочности и жесткости;
- 3) высокая экономичность, т. е. работа с низкими удельными расходами топлива и масла при различных скоростных и нагрузочных режимах;
- 4) хорошая приемистость;
- 5) надежный пуск и работа при значительных колебаниях температуры окружающей среды;
- 6) удобное и безопасное обслуживание двигателя во время работы;
- 7) высокая износоустойчивость основных деталей двигателя;
- 8) надежное охлаждение двигателя;
- 9) хорошая фильтрация воздуха, топлива и масла;
- 10) способность длительно работать на малых скоростях без перебоев и вынужденных остановок;
- 11) устойчивость работы при продольных уклонах до 35° и при поперечных уклонах до 15°.

##### § 96. Характеристики двигателей внутреннего сгорания строительных и дорожных машин

На строительные машины, работающие при переменных режимах (экскаваторы, бульдозеры и т. д.), обычно устанавливают дизели, а на машины, работающие при постоянных режимах, — карбюраторные двигатели.

В табл. 3 приведены краткие технические характеристики двигателей, наиболее широко применяемых на строительных и дорожных машинах.

Параметры	Четырехтактные двигатели									
	карбюраторные					дизельные				
	ЗИЛ-130	ГАЗ-53	СМД-14	Д-108	А-01	Д-180	ЯМЗ-238	В-30		
Число цилиндров . . . . .	8	8	4	4	6	6	8	12		
Диаметр цилиндра, мм . . . . .	100	92	120	145	130	145	130	150		
Ход поршня, мм . . . . .	95	80	140	205	140	205	140	180/186,7		
Рабочий объем цилиндров, л . . . . .	6	4,25	6,3	13,53	11,15	20,3	14,86	38,8		
Степень сжатия . . . . .	6,5	6,7	17	14	16,5	14	16,5	15		
Мощность двигателя, кВт, при частоте вращения коленчатого вала в минуту . . . . .	110/3100	84,5/3200	53/1700	80/1070	81/1600	132/1150	176/2100	228/1500		
Минимальный удельный расход топлива, кг/(кВт·ч) . . . . .	0,316	0,312	0,265	0,237	0,252	0,237	0,237	0,224		
Максимальный крутящий момент, Н·м, при частоте вращения коленчатого вала в минуту . . . . .	410/1800	290/2500	360/1200	820/700	570/1200	1300/800	960/1200	1650/1100		
Расположение цилиндров . . . . .	V-образное	V-образное	Рядное	Рядное	Рядное	Рядное	V-образное	V-образное		
Тип охлаждения . . . . .	Жидкостное	Жидкостное	Жидкостное	Жидкостное	Жидкостное	Жидкостное	Жидкостное	Жидкостное		

## § 97. Конструкции двигателей внутреннего сгорания строительных и дорожных машин

Двигатели внутреннего сгорания, устанавливаемые на автомобилях и тракторах, широко применяют в качестве силового агрегата для строительных и дорожных машин. Далее приведены конструктивные устройства ряда д.в.с. строительных и дорожных машин.

Двигатель ЗИЛ-130 — V-образный, восьмицилиндровый, четырехтактный карбюраторный с жидкостным охлаждением. Блок

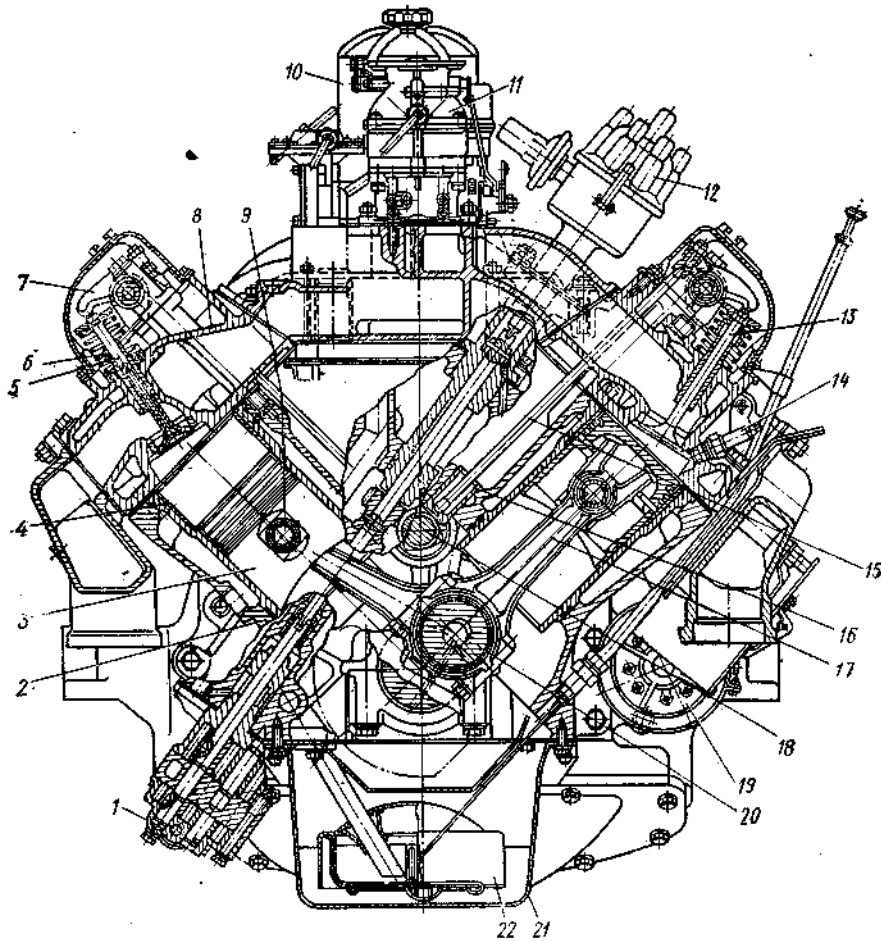


Рис. 75. Двигатель ЗИЛ-130

цилиндров 2 (рис. 75) отлит из серого чугуна и имеет два ряда цилиндрических гнезд. Снизу блок цилиндров закрыт поддоном 21. Гильзы 4 цилиндров мокрые, в верхней части уплотнены от про-

сачивания охлаждающей воды буртом и прокладкой, в нижней части — резиновыми кольцами. Для повышения износоустойчивости гильзы в ее верхнюю часть запрессована вставка из антикоррозионного чугуна. На двигатель установлены две головки цилиндров 8, которые отлиты из алюминиевого сплава. В головку цилиндров вставлены гнезда и запрессованы направляющие втулки 6 впускных и выпускных клапанов. Коленчатый вал 20 стальной, кованый, пятиопорный, с полыми шатунными шейками. Вкладыши шатунных и коренных подшипников тонкостенные, изготовлены из стальной ленты с медно-никелевым подслоем, покрытым антифрикционным сплавом.

Поршни 3 отлиты из алюминиевого сплава, трущиеся поверхности их покрыты оловом. На каждом поршне в канавках установлены три компрессионных и одно маслосъемное кольца. Верхнее компрессионное кольцо покрыто с наружной стороны пористым хромом. Поршневой палец 9 — плавающего типа. Осевое перемещение поршневого пальца в отверстии поршня ограничено пружинными кольцами.

Шатуны 17 двутаврового сечения, кованые, из углеродистой стали. Нижняя головка шатуна разъемная. В верхнюю головку шатуна запрессована бронзовая втулка.

Впускные 13 и выпускные 5 клапаны изготовлены из жаростойкой стали. Рабочие фаски клапанов имеют наплавку из жаростойкого сплава. Впускные клапаны выполнены с натриевым наполнением. Клапаны имеют привод через толкатели 16, штанги 15 и коромысла 7 от распределительного вала 18. Распределительный вал стальной кованый пятиопорный, приводится во вращение от коленчатого вала двумя косозубыми шестернями.

Система охлаждения двигателя — жидкостная с принудительной циркуляцией охлаждающей воды. Она включает водяной насос, вентилятор, термостат, радиатор и пусковой подогреватель. Циркуляция воды обеспечивается центробежным водяным насосом, который приводится во вращение от коленчатого вала клиноременной передачей. Вентилятор шестилопастный. Термостат с твердым наполнителем установлен в верхней трубке системы охлаждения. Радиатор трубчатоленточный с четырьмя рядами трубок овального сечения.

Система смазки комбинированная. Она состоит из маслоприемника 22, масляного насоса 1, фильтра грубой и центробежной очистки 10 и масляного радиатора. Масло засасывается масляным насосом через маслоприемник из поддона картера и подается на фильтр грубой очистки, после которого масляный поток делится на две части. Одна часть потока поступает в фильтр центробежной очистки, а другая — в продольные магистральные каналы и оттуда — в коренные подшипники коленчатого вала. От коренных подшипников масло поступает к шатунным подшипникам и к подшипникам распределительного вала. Масляный насос шестеренчатый двухсекционный. Из верхней секции насоса масло поступает в систему смазки, а из нижней — в масляный радиатор.



Система питания двигателя состоит из топливного бака, топливного насоса, фильтра тонкой очистки, воздухоочистителя, карбюратора 11, глушителя отработавших газов, впускного и выпускного трубопроводов. Бензин из бака через фильтр подается топливным насосом в карбюратор. Карбюратор К-88 двухкамерный с падающим потоком горючей смеси и балансированной поплавковой камерой.

Система батарейного зажигания состоит из источников тока низкого напряжения — аккумуляторной батареи и генератора, катушки зажигания с вариатором, прерывателя-распределителя 12 и свечей зажигания 14.

Пуск двигателя осуществляется стартером 19 (СТ-130), который питается током от аккумуляторной батареи напряжением 12 В.

Дизель А-01 — шестицилиндровый, четырехтактный, с жидкостным охлаждением и однорядным вертикальным расположением цилиндров. Блок-картер 6 (рис. 76) представляет собой отливку коробчатой формы из серого чугуна. Верхняя часть отливки является блоком цилиндров, а нижняя — картером. В расточенные гнезда верхней половины блок-картера установлены шесть мокрых гильз 7 цилиндров. Снизу блок-картер закрыт поддоном 2. Полость между стенками блока представляет собой водяную рубашку 14. На двигателе установлены две взаимозаменяемые головки 9 цилиндров (одна головка на три цилиндра), которые отлиты из чугуна. В головке цилиндров размещены клапанный механизм, форсунки, впускные и выпускные каналы и водяная рубашка. С нижней стороны головки расположены гнезда под впускные и выпускные клапаны.

Коленчатый вал 5 — стальной. Он имеет шесть шатунных, семь коренных шеек и шесть противовесов 4. В шатунных шейках есть полости, в которых очищается масло. Вкладыши шатунных и коренных подшипников стальные, тонкостенные, взаимозаменяемые, покрыты слоем свинцовистой бронзы.

Поршни 13 отлиты из алюминиевого высококремнистого сплава. В днище поршня расположена камера сгорания. На каждом поршне в канавках установлены три компрессионных и два маслосъемных кольца. Верхнее компрессионное кольцо покрыто с наружной стороны пористым хромом. Поршневой палец — плавающего типа. Осевое перемещение поршневого пальца в отверстиях поршня ограничено пружинными кольцами.

Шатуны 16 двутаврового сечения, кованные, из хромистой стали. Нижняя головка имеет косой разъем. В верхнюю головку шатуна запрессована бронзовая втулка.

Впускные и выпускные клапаны изготовлены из жаростойкой стали. Клапаны имеют привод через роликовые толкатели 17, штанги 15 и коромысла 12 от распределительного вала 18. Распределительный вал приводится во вращение от коленчатого вала через шестерни.

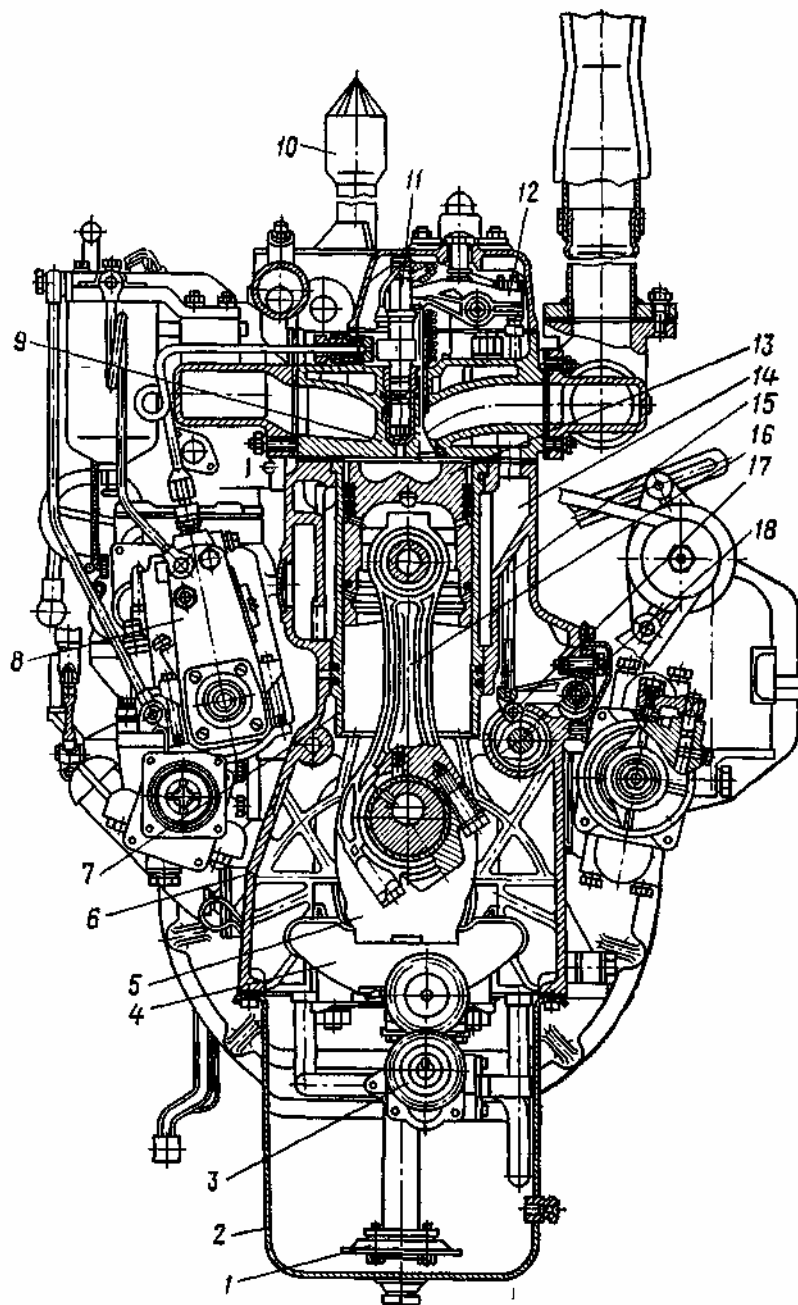


Рис. 76. Дизель А-01

На дизеле установлен декомпрессионный механизм для облегчения вращения коленчатого вала при пуске дизеля.

Система охлаждения дизеля жидкостная с принудительной циркуляцией охлаждающей воды. Она состоит из водяного насоса, вентилятора, термостата, радиатора и пускового подогревателя. Центробежный водяной насос и вентилятор выполнены в виде объединенного агрегата. Водяной радиатор пятирядный, разборной конструкции.

Система смазки — комбинированная. Она включает маслоприемник 1, масляный насос 3, фильтр грубой и центробежной очистки и масляный радиатор. Масло засасывается масляным насосом через маслоприемник из поддона картера и подается в фильтр грубой очистки, после которого масляный поток делится на две части. Одна часть потока поступает в фильтр центробежной очистки, а другая — в главную масляную магистраль и оттуда в коренные подшипники коленчатого вала. От коренных подшипников масло поступает к шатунным подшипникам и к подшипникам распределительного вала. Масляный насос — шестеренчатый двухсекционный. Из нагнетающей секции насоса масло поступает в систему смазки, а из радиаторной — в масляный радиатор.

Система питания дизеля состоит из топливного бака, подкачивающего насоса, фильтров грубой, тонкой и контрольной очистки, воздухоочистителя 10, насоса высокого давления 8, форсунок 11, впускного и выпускного трубопроводов. Топливо из бака через фильтр грубой очистки подается подкачивающим насосом в фильтры тонкой и контрольной очистки. Очищенное в фильтрах топливо поступает в насос высокого давления. Из насоса высокого давления топливо под большим давлением подается к форсункам, из которых в распыленном виде впрыскивается в камеру сгорания. Насос высокого давления — золотниковый типа с постоянным ходом плунжера марки 4ТН 9×10. Форсунки закрытого типа с многодырчатыми распылителями. Воздухоочиститель циклонный с двумя ступенями очистки: первая — сухая инерционная с эжекторным удалением пыли отработавшими газами, вторая — мокрая фильтрующая.

Пуск дизеля осуществляется с помощью карбюраторного двухтактного пускового двигателя, снабженного электростартером. Пусковой двигатель связан с венцом маховика двухступенчатым редуктором и встроенными в него муфтой сцепления и механизмом включения.

**РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ**  
**АВТОМОБИЛИ И ТРАКТОРЫ**

---

**Глава XIX**  
**ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМОБИЛЯХ И ТРАКТОРАХ**

**§ 98. Классификация автомобилей и тракторов**

*Автомобилем* называют самодвижущееся транспортное средство, которое приводится в движение двигателем, установленным на нем, и предназначено для перевозки грузов и пассажиров по безрельсовым дорогам.

Автомобили классифицируют по следующим основным признакам: назначению, типу двигателя и проходимости.

По назначению автомобили разделяют на транспортные и специальные.

Транспортные автомобили подразделяют на грузовые, грузопассажирские и пассажирские.

Грузовые автомобили служат для перевозки грузов. Они делятся по грузоподъемности на автомобили особо малой грузоподъемности — до 0,8 т, малой грузоподъемности — от 0,8 до 2,5 т, средней грузоподъемности — от 2,5 до 8,0 т, большой грузоподъемности — свыше 8,0 т и особо большой грузоподъемности — свыше 10 т. Грузовые автомобили делят на бортовые, самосвалы и со специальными кузовами (фургоны, цистерны и т. д.). Грузовые автомобили, приспособленные для буксирования прицепов и полуприцепов, называют *автомобилями-тягачами*.

Грузопассажирские автомобили (типа пикап) предназначены для перевозки пассажиров (восемь человек) или небольшого количества груза.

Пассажирские автомобили служат для перевозки пассажиров, к ним относятся легковые автомобили и автобусы.

Специальные автомобили предназначены для выполнения каких-либо определенных работ. Они оборудованы специальными устройствами (кранами, цистернами, экскаваторами, мастерскими и т. д.).

По типу двигателей автомобили подразделяют на автомобили с карбюраторными или газовыми двигателями и дизелями.

По проходимости автомобили подразделяют на автомобили нормальной и повышенной проходимости. Автомобили нормальной

ной проходимости обычно двухосные и имеют задние ведущие колеса, а автомобили повышенной проходимости — двух- и трехосные со всеми ведущими колесами.

Трактором называют колесную или гусеничную машину, приводимую в движение двигателем, установленным на ней, и предназначенную для передвижения прицепных или навесных дорожных, сельскохозяйственных и других машин и буксирования прицепов.

Тракторы классифицируют по следующим основным признакам: назначению, типу двигателя, конструкции ходовой части и типу остова.

По назначению тракторы разделяют на сельскохозяйственные общего назначения, промышленные, транспортные и специального назначения.

Сельскохозяйственные тракторы общего назначения (ДТ-75, Т-100 и др.) предназначены как для выполнения основных сельскохозяйственных работ, так и для выполнения различных работ на транспорте и в промышленности.

Промышленные тракторы используют для выполнения мелиоративных, дорожных и земляных работ с бульдозерами, грейдерами и канавкопателями.

Транспортные тракторы оборудованы грузовой платформой и служат для перевозки грузов.

Специальные тракторы оборудованы лебедками, платформами, подъемниками и другими устройствами и служат для транспортных работ.

По типу двигателей тракторы подразделяются: на тракторы с карбюраторными двигателями и дизелями.

По конструкции ходовой части тракторы разделяют на колесные и гусеничные.

По типу остова тракторы подразделяют на безрамные, полурамные и рамные.

## § 99. Общее устройство автомобилей и тракторов

Автомобили и тракторы представляют собой совокупность механизмов и устройств, взаимно связанных между собой.

Автомобиль (рис. 77) состоит из двигателя 5, силовой передачи, ходовой части, механизмов управления и кузова.

В силовую передачу входит сцепление 12, коробка передач 13, карданная передача 15, главная передача 20, дифференциал 19 и полуоси 17.

Ходовая часть состоит из остова (рамы) 22, на котором крепятся все механизмы и агрегаты автомобиля, передней подвески (рессор 7 и амортизаторов 8) и задней подвески 21, осей 10 и 18, управляемых 9 и ведущих 16 колес.

Механизмы управления состоят из рулевого управления и тормозной системы. Рулевое управление состоит из рулевого меха-

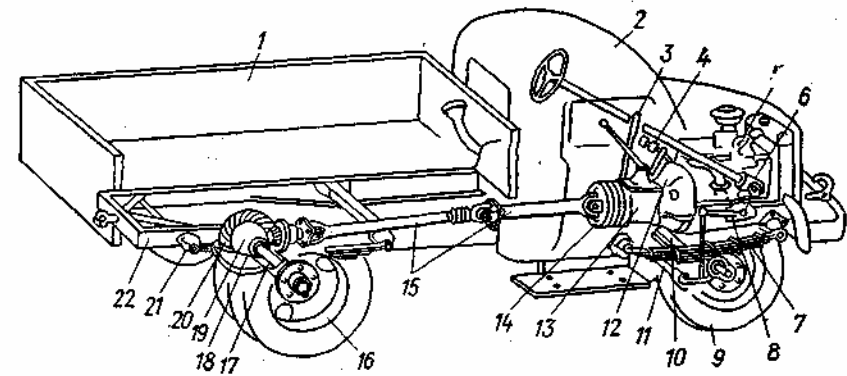


Рис. 77. Схема расположения основных агрегатов автомобиля

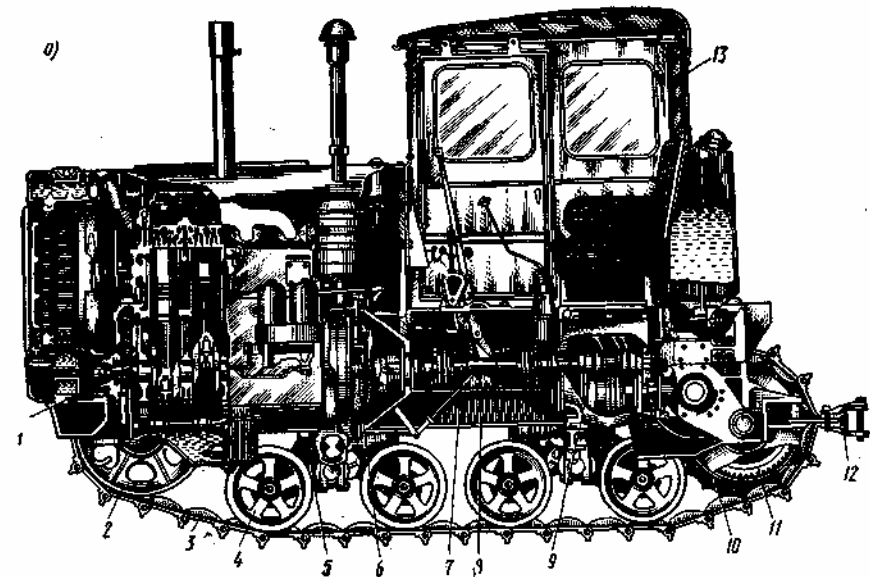


Рис. 78. Схема расположения основных агрегатов гусеничного трактора

Основные параметры	Автомобили					
	бортовые				повышенной про- ходности	
	ГАЗ-53	ЗИЛ-130	МАЗ-500	КрАЗ-257	ГАЗ-66	ЗИЛ-131
Грузоподъемность при движении по шоссе, кг . . .	4000	5500	7700	12 000	2000	3500
Масса автомобиля в снаряженном состоянии, кг . . . . .	3200	4300	6500	11 130	3500	6000
Габаритные размеры, мм:						
длина . . . . .	6400	6675	7330	9 660	5655	6650
ширина . . . . .	2380	2500	2650	2 650	2342	2500
высота . . . . .	2220	2340	2640	2 620	2440	2350
Емкость платформы, м <sup>3</sup>	—	—	—	—	—	—
Число осей всего, в том числе ведущих . . .	2 1	2 1	2 1	3 2	2 2	3 3
Максимальная ско- рость при полной нагруз- ке, км/ч . . . . .	80	85	75	70	90	80
Марка двигателя . . . . .	ГАЗ-53	ЗИЛ-130	ЯМЗ-236	ЯМЗ-238	ГАЗ-53	ЗИЛ-130

низма 6 и рулевого привода 11; тормозная система — из колесного тормозного механизма, управляемого педалью 4 и стояночного тормозного механизма 14, управляемого рычагом 3.

Кузов автомобиля предназначен для размещения водителя, пассажиров и грузов. Он размещен на раме автомобиля. У грузовых автомобилей груз размещается на платформе 1, а для водителя предусмотрена кабина 2.

Трактор (рис. 78, а, б) состоит из двигателя, силовой передачи, ходовой части, механизмов управления, кабины и рабочего оборудования. Двигатель 1 трактора крепят к раме 8.

Силовая передача состоит из сцепления 6, карданной передачи 7, коробки передач 9, главной передачи 14 и конечных передач 11.

Ходовая часть включает в себя остов (раму) 8, ведущие колеса (звездочки) 10, гусеничные цепи 3, направляющие колеса 2 с натяжными устройствами, опорные 4 и поддерживающие катки и подвески 5. Механизмы управления состоят из механизма 15 поворота (фрикционный) и тормозов.

Кабина 13 оборудована мягкими креслами.

Рабочее оборудование состоит из гидравлической навесной системы, прицепного устройства 12, приводного шкива и вала отбора мощности.

Автомобили							
самосвалы					тягачи		
ЗИЛ-ММЗ-555	МАЗ-503	КрАЗ-256	БелАЗ-540	БелАЗ-548	ЗИЛ-130В	МАЗ-504	КрАЗ-258
4500	7150	11 000	27 000	40 000	На седле 7000	На седле 7450	На седле 12 000
4500	6800	11 000	21 000	27 000	3800	6350	9 680
5475	5785	8 100	7 210	8 120	5280	5430	7 375
2425	2600	2 640	3 480	3 787	2360	2600	2 630
2350	2700	2 790	3 415	3 800	2345	2640	2 620
3,11	4,0	—	15,3	21	—	—	—
2	2	3	2	2	2	2	3
1	1	2	1	1	1	1	2
85	70	65	55	55	80	75	70
ЗИЛ-130	ЯМЗ-236	ЯМЗ-238	ЯМЗ-240	ЯМЗ-240Н	ЗИЛ-130	ЯМЗ-236	ЯМЗ-238

#### § 100. Характеристики автомобилей и тракторов, применяемых в строительстве

Грузовые автомобили, тягачи и тракторы широко используют для перевозки сыпучих и вязких грузов, разнообразных строительных материалов, изделий и конструкций. Кроме того, тягачи являются базой строительных машин с различными видами навесного и прицепного оборудования.

Краткие технические характеристики грузовых автомобилей, тягачей и тракторов, применяемых в строительстве, приведены в табл. 4 и 4а.

#### Глава XX

#### СИЛОВЫЕ ПЕРЕДАЧИ

#### § 101. Назначение и типы силовых передач

Силовая передача предназначена для преобразования крутящего момента двигателя и передачи его на ведущие колеса автомобиля (трактора). Силовые передачи разделяют по способу изменения крутящего момента на ступенчатые и бесступенчатые.

Основные параметры	Колесные трактора			Гусеничные трактора			
	МТЗ-50 <sup>*</sup>	Т-125	К-700	ДТ-75	Т-100	Т-180	ДЭТ-250
Тяговый класс . . . . .	1,4	3	5,0	3	6	15	25
Масса трактора (конструкторская), кг . . . . .	2790	6940	11 090	5950	11 100	15 000	25 200
Габаритные размеры, мм:							
длина . . . . .	3815		7380	3705	4256	5300	6236
ширина . . . . .	1970		2530	1740	2460	2740	3160
высота . . . . .	2485		3175	2273	3040	2800	3180
Скорость движения, км/ч . . . . .	1,32—25,8	0,7—29,0	2,82—30,8	4,12—10,85	2,4—10,13	2,74—12,5	3—20,0
Марка двигателя . . . . .	Д-50	АМ-03	ЯМЗ-238 НВ	СМД-14	Д-108	Д-108	В-30

Ступенчатые силовые передачи — это механические передачи. Они состоят из набора шестерен с различным количеством зубьев. В этих передачах изменение крутящего момента, передаваемого ведущим колесам, осуществляется переключением сцепляющихся шестерен в коробке передач.

Бесступенчатые силовые передачи в отличие от ступенчатых позволяют плавно автоматически изменять крутящий момент при колебании нагрузки автомобиля (трактора) без изменения степени загрузки двигателя. Но бесступенчатые передачи по сравнению со ступенчатыми имеют существенные недостатки: низкий к. п. д., узкий диапазон рабочих передаточных отношений, сложность конструкции и эксплуатации.

Механические ступенчатые силовые передачи получили наибольшее распространение в автомобилях и тракторах благодаря сравнительно простому устройству и надежной работе. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать только механические ступенчатые передачи.

### § 102. Схемы силовых передач грузовых автомобилей

Схема силовой передачи грузового автомобиля определяется числом и расположением ведущих осей.

На рис. 79 приведена схема силовой передачи двухосного автомобиля с задней ведущей осью. Она состоит из сцепления 6, коробки передач 5, карданной передачи 4, главной передачи 3, дифференциала 2 и полуосей 1. Крутящий момент от двигателя к ве-

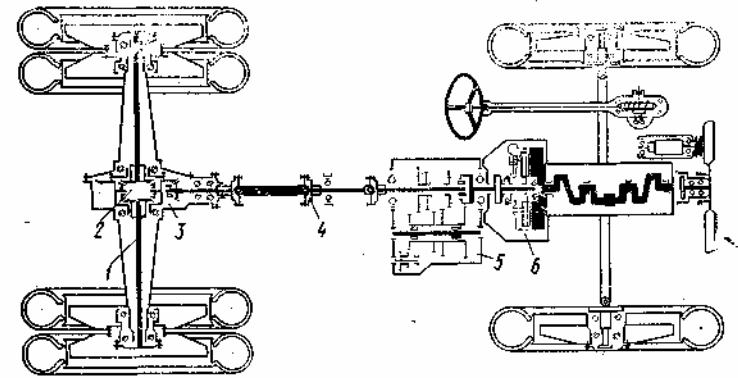


Рис. 79. Схема силовой передачи двухосного автомобиля с задней ведущей осью

дущим колесам последовательно передается через сцепление, коробку передач, карданную передачу и главную передачу с дифференциалом. Такая схема силовой передачи применена на большинстве автомобилей (ЗИЛ-130, ГАЗ-53 и др.).

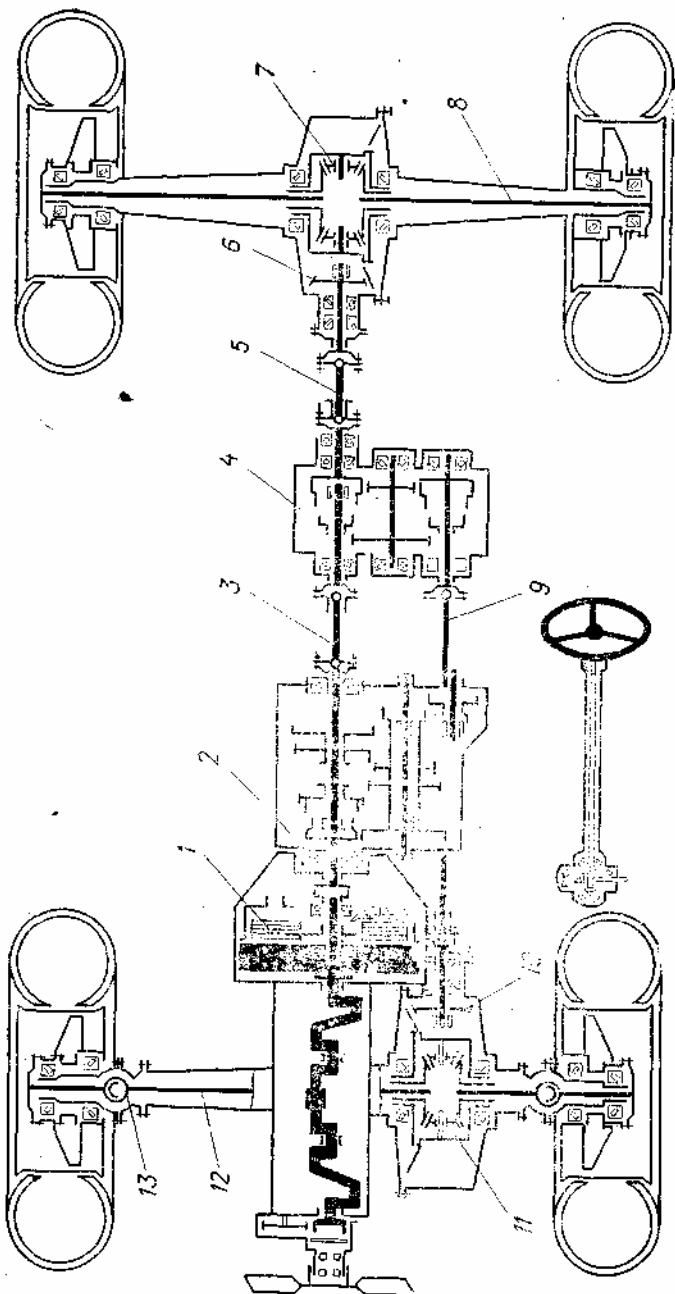


Рис. 80. Схема силовой передачи автомобиля ГАЗ-66 с двумя ведущими осями

На рис. 80 приведена схема силовой передачи автомобиля ГАЗ-66 с двумя ведущими осями. Она состоит из сцепления 1, коробки передач 2, карданных передач 3, 5 и 9, раздаточной коробки 4, главных передач заднего 6 и переднего 10 мостов, дифференциалов заднего 7 и переднего 11 мостов, кардана привода к передним колесам 13, полуосей задней 8 и передней 12. В такой силовой передаче крутящий момент от раздаточной коробки подводится к заднему и переднему мостам.

Схема силовой передачи трехосных автомобилей (КрАЗ-256, КрАЗ-257 и др.) аналогична схеме силовой передачи двухосного автомобиля с обеими ведущими осями.

### § 103. Схемы силовых передач тракторов

Схема силовой передачи колесного трактора определяется его типом и назначением. На рис. 81, а приведена схема силовой передачи колесного трактора с задними ведущими колесами. Она состоит из сцепления 1, увеличителя крутящего момента 2, коробки передач 3, главной передачи 4 с дифференциалом 5, конечных передач 7, полуосей 6 и механизма 8 отбора мощности. Крутящий момент от двигателя 9 к ведущим колесам последовательно передается через сцепление, коробку передач, главную передачу с дифференциалом и конечные передачи.

Схема силовой передачи гусеничного трактора определяется типом механизма поворота. На рис. 81, б приведена схема силовой передачи гусеничного трактора. Она состоит из сцепления 1, карданной передачи 2, коробки передач 3, главной передачи 4, бортовых фрикционов 5, конечных передач 7, полуосей 6 и механизма 8 отбора мощности. Крутящий момент от двигателя 9 к ведущим звездочкам последовательно передается через сцепление, коробку передач, главную передачу, бортовые фрикционы и конечные передачи.

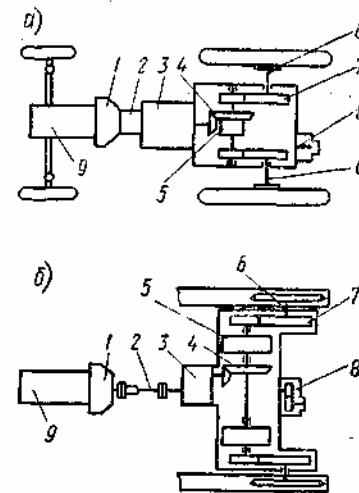


Рис. 81. Схемы силовой передачи тракторов

### § 104. Назначение и типы автомобильных и тракторных сцеплений

Сцепление предназначено для передачи крутящего момента от двигателя коробке передач, кратковременного разобщения работающего двигателя с силовой передачей (при переключении шестерен в коробке передач) и плавного безударного соединения их при трогании автомобиля или трактора с места. Сцепление должно



удовлетворять следующим требованиям: передавать без пробуксовки максимальный крутящий момент двигателя; обеспечивать плавное, без рывков, включение и полное отсоединение двигателя от силовой передачи; иметь минимальный момент инерции ведомых частей для безударного переключения шестерен в коробке передач; обеспечивать хороший отвод тепла от трущихся поверхностей; быть удобным и легким в управлении, простым и доступным в обслуживании.

Сцепления в зависимости от способа передачи крутящего момента подразделяют на фрикционные (механические) и гидравлические.

В фрикционных сцеплениях крутящий момент передается за счет трения, возникающего между трущимися поверхностями дисков, а в гидравлических — за счет воздействия жидкости на ведомые части сцепления. Фрикционные сцепления получили наибольшее применение в грузовых автомобилях и тракторах благодаря сравнительно простому устройству. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать только фрикционные сцепления.

Фрикционные сцепления классифицируют по следующим основным признакам:

по числу ведомых дисков — на одно-, двух- и многодисковые. Однодисковые сцепления применяют при передаче крутящего момента до 350 Н·м, а двухдисковые — до 800 Н·м. При передаче крутящего момента более 800 Н·м размеры двухдискового сцепления получаются большими, поэтому возникает необходимость устанавливать многодисковое сцепление;

по роду трения — на сухие и мокрые (работающие в масле). Сухие сцепления по сравнению с мокрыми обладают большим коэффициентом трения, поэтому они получили широкое распространение;

по конструкции нажимного механизма — на постоянно замкнутые и непостоянно замкнутые. *Постоянно замкнутыми* называют сцепления, которые постоянно находятся во включенном положении; *непостоянно замкнутыми* — сцепления, которые в течение некоторого времени находятся во включенном или выключенном положении.

### § 105. Сцепление автомобилей и тракторов

На автомобили и тракторы, применяемые в строительстве, устанавливают, как правило, постоянно замкнутые дисковые сцепления. Рассмотрим конструкцию и принцип действия сцепления автомобиля ЗИЛ-130.

Сцепление автомобиля ЗИЛ-130 (рис. 82, а) однодисковое, сухое, постоянно замкнутое. Оно состоит из ведущих и ведомых частей, нажимного механизма, механизма выключения, механизма управления и гасителя крутильных колебаний. Механизмы сцепления смонтированы на маховике 2 и первичном валу 27 коробки передач и закрыты чугунным картером 7, который крепится к

блок-картеру двигателя. Ведущими частями сцепления являются маховик 2, стальной кожух 9 и чугунный ведущий диск 3. Кожух 9 закреплен на маховике 2 коленчатого вала 1 восемью центрирующими болтами 22. Ведущий диск 3 с помощью четырех пар пружинных пластин 4 соединен с кожухом 9.

Один конец пластин 4 крепят к кожуху с помощью заклепок, а другой — с помощью втулок 5 и болтов 6 к ведущему диску 3. Пластины 4 обеспечивают передачу крутящего момента от кожуха 9 на ведущий диск 3 и перемещение диска 3 относительно кожуха

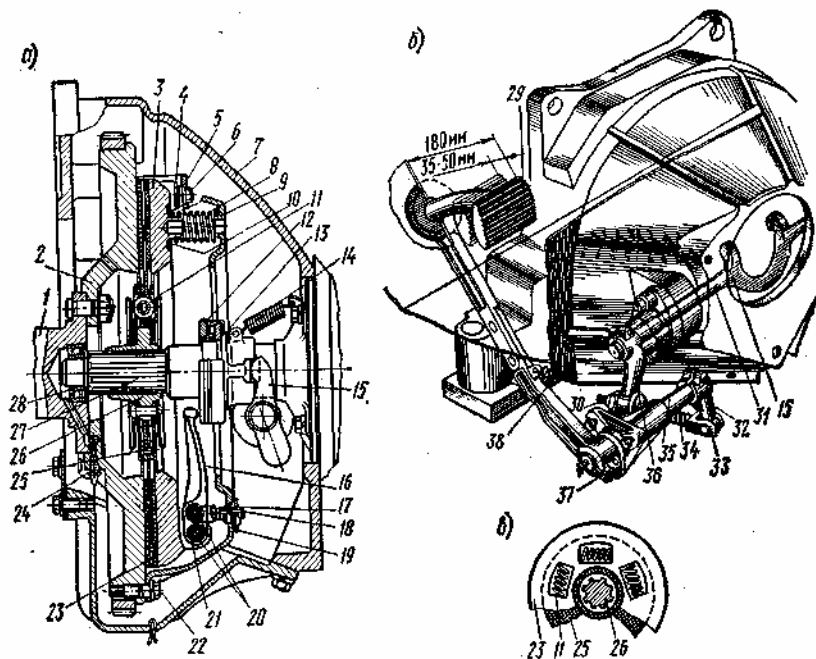


Рис. 82. Сцепление автомобиля ЗИЛ-130

9 в осевом направлении при включении и выключении сцепления. Ведомые части сцепления — стальной ведомый диск 23 и первичный вал 27 коробки передач. Ведомый диск 23 с фрикционными накладками соединен со ступицей 26 восемью демферными пружинами 11. Ступица 26 установлена на шлицах вала 27 и перемещается по ним в продольном направлении. Вал 27 одновременно является валом сцепления. Передний конец вала 27 закреплен в шариковом подшипнике 28, а задний конец — в шариковом подшипнике коробки передач. Нажимной механизм состоит из шестнадцати пружин 8, установленных между кожухом и ведущим диском 3. Между пружинами 8 и ведущим диском 3 установлены теплоизоляционные кольца 10, которые предохраняют пружины от нагревания.

Механизм выключения состоит из четырех выжимных рычагов 16 и муфты 13 выключения с упорным шарикоподшипником 12. Рычаги 16 соединены осями 20 с ушками ведущего диска 3 и вилками 18 через иглочатые подшипники 21. Вилки 18 укреплены в кожухе гайками 17 со сферическими поверхностями. Гайки 17, в свою очередь, прижаты к кожуху 9 специальными упругими пластинами 19, которые закреплены на кожухе болтами. Благодаря упругости пластин 19 и сферической поверхности гаек 17 вилки 18 могут качаться в своих гнездах в кожухе при включении и выключении сцепления.

Муфта 13 установлена на направляющей части крышки подшипника вала 27. На муфту 13 напрессован упорный шарикоподшипник 12. Перемещение муфты 13 с шарикоподшипником 12 осуществляется вилкой 15 выключения, к которой муфта 13 прижата пружиной 14.

Механизм управления сцеплением (рис. 82, б) состоит из педали 29, закрепленной на оси 35, рычагов 32 и 36, тяги 33 и вилки 15. Ось 35 установлена во втулке кронштейна 37, который прикреплен к раме автомобиля. На внутреннем конце оси 35 закреплен рычаг 32, соединенный с тягой 33. Тяга 33 проходит свободно через отверстие в рычаг 36 и фиксируется в определенном положении сферической гайкой 30 и пружиной 34. Рычаг соединен с осью 31 вилки 15.

Гаситель крутильных колебаний расположен на ведомом диске 23. Он предназначен для гашения крутильных колебаний в силовой передаче и более плавного включения сцепления. Гаситель (рис. 82, в) состоит из двух металлических дисков 25, прикрепленных заклепками к ступице 26 ведомого диска 23 и восьми пружин 11. Пружины 11 размещены в сжатом состоянии в прямоугольных окнах дисков 25. При возникновении крутильных колебаний ведомый диск 23, не связанный жестко со ступицей 26, поворачивается на некоторый угол относительно дисков 25 и сжимает пружины 11, что создает между ними трение. За счет трения происходит гашение крутильных колебаний.

Принцип действия сцепления следующий: при нажатии на педаль 29 ось 35 поворачивается во втулке кронштейна 37 и перемещает рычаг 32 назад. Рычаг 32 через тягу 33 и рычаг 36 поворачивает ось 31 вилки 15, которая нажимает на выступы муфты 13. Муфта 13 вместе с подшипником 12 перемещается в сторону маховика и воздействует на выжимные рычаги 16, которые, поворачиваясь на осях 20, отводят назад ведущий диск 3, и сцепление выключается.

При снятии усилия с педали пружина 38 возвращает ее в исходное положение, а пружина 14 перемещает муфту 13 назад. При этом пружины 8 прижимают ведущий диск 3 к ведомому диску 23, обеспечивая включение сцепления.

Для смазки подшипников 28 предусмотрена масленка 24.

На автомобилях МАЗ-500, МАЗ-503 устанавливают однодисковое сцепление с периферийными нажимными пружинами. Преиму-

щество такого сцепления состоит в том, что нажимные пружины не соприкасаются с нажимным диском, поэтому они меньше нагреваются при работе и, следовательно, дольше сохраняют свою упругость.

На автомобилях КраЗ-256, КраЗ-257, КраЗ-258 устанавливают двухдисковое сцепление с периферийными нажимными пружинами.

На тракторе МТЗ-50 устанавливают однодисковое, сухое, постоянно замкнутое сцепление с пружинным нажимным механизмом, а на тракторах ДТ-75 и Т-180 — двухдисковое, сухое, постоянно замкнутое сцепление с пружинным нажимным механизмом. На тракторах Т-100 и ДЭТ-250 устанавливают непостоянно замкнутое сцепление с рычажным нажимным механизмом.

### § 106. Назначение и типы коробок передач

Коробка передач автомобиля и трактора предназначена для изменения крутящего момента по величине и направлению на ведущих колесах или ведущих звездочках и для длительного разъединения двигателя от силовой передачи во время остановки автомобиля (трактора) или при его движении по инерции.

Коробки передач по принципу действия разделяют на ступенчатые и бесступенчатые. Ступенчатые коробки передач состоят из набора шестерен с различным количеством зубьев, расположенных на валах и установленных в картере коробки. В этих коробках изменение крутящего момента, передаваемого ведущим колесам, осуществляется переключением сцепляющихся шестерен. Бесступенчатые коробки передач в отличие от ступенчатых позволяют в определенном интервале непрерывно автоматически изменять крутящий момент в зависимости от сопротивления движению автомобиля или трактора. Бесступенчатые коробки передач из-за сложности конструкции и низкого к. п. д. не получили широкого применения на грузовых автомобилях и тракторах. Поэтому эти коробки передач рассматриваться не будут.

Ступенчатые коробки передач, устанавливаемые на автомобилях и тракторах, должны удовлетворять следующим требованиям: обеспечивать необходимое число ступеней с рационально подобранными передаточными числами; иметь высокий к. п. д.; иметь минимальные размеры и массу; быть удобными и легкими в управлении, простыми и доступными в обслуживании; обеспечивать бесшумность в работе.

Ступенчатые коробки передач в зависимости от числа валов подразделяют на двух- (не считая валика заднего хода), трех- и четырехвальные.

Двухвальные коробки передач на современных автомобилях и тракторах не применяют, поэтому они рассматриваться не будут.

Трехвальные коробки передач разделяют по числу передач или ступеней на трех-, четырех- и пятиступенчатые, а по числу подвижных кареток (шестерен или зубчатых муфт), осуществляю-

ших включение или переключение отдельных передач, — на двух-, трех- и четырехходовые. Трехвальные коробки передач выполняют как с прямой передачей, так и без нее.

Трехвальные коробки с прямой передачей компактны, их устанавливают на автомобили и на ряд тракторов (МТЗ-50, МТЗ-52 и др.). Трехвальные коробки без прямой передачи и четырехвальные применяют только для тракторов.

### § 107. Автомобильные и тракторные коробки передач

Условия работы автомобильных и тракторных коробок передач различны. На автомобиле переключение передач осуществляется на ходу, а на большинстве тракторов (за исключением скоростных) — при остановке трактора. Поэтому автомобильные коробки передач оборудованы специальным приспособлением — синхронизатором, который обеспечивает безударное и бесшумное включение шестерен при их вращении. Автомобильные коробки в отличие от тракторных более компактны и имеют меньшие размеры и массу, так как передают меньший крутящий момент.

Рассмотрим конструкцию и принцип действия коробки передач автомобиля ГАЗ-53.

Коробка передач автомобиля ГАЗ-53 (рис. 83, а) трехвальная, трехходовая, четырехступенчатая, имеет четыре передачи вперед и одну заднего хода. Четвертая передача прямая, оборудованная синхронизатором для включения третьей и четвертой передач.

Коробка передач состоит из чугунного картера 19, крышки 7, первичного вала 23 с подшипниками и шестерней, вторичного вала 21 с подшипниками, шестернями и синхронизатором 26, промежуточного вала 12 с подшипниками и шестернями, оси 13 с блоком 14 шестерен заднего хода и механизма переключения передач. Картер 19 прикреплен к картеру сцепления болтами.

**Первичный вал 23** установлен на двух шариковых подшипниках, из которых передний расположен в выточке коленчатого вала, а задний 22 — в передней стенке картера 19. Вал 23 изготовлен заодно с шестерней 25, находящейся в постоянном зацеплении с шестерней 18 промежуточного вала.

**Вторичный вал 21** установлен на двух подшипниках — на роликовом 24, расположенном в выточке первичного вала, и шариковом 8, размещенном в задней стенке картера. На переднем конце вала 21 установлен синхронизатор 26. На средней части вала 21 свободно установлены шестерни 5 и 4 второй и третьей передач, находящиеся в постоянном зацеплении с шестернями 16 и 17 промежуточного вала, и шестерня 6 первой передачи и заднего хода, перемещающаяся по шлицам вала. На заднем конце вала 21 размещены привод 10 к спидометру и фланец 9 карданного вала.

**Синхронизатор (рис. 83, б)** состоит из ступицы 37, неподвижно закрепленной на валу 21, зубчатой муфты 34, перемещающийся по зубчатой поверхности ступицы 37, бронзовых блокирующих сухарей 38, двух блокирующих колец 35 и пружин 36.

Ступица 37 имеет три паза А для сухарей 38, которые установлены в пазах ступицы 37 и прижимаются пружинами 36 к кольцевым выточкам Б на внутренней поверхности муфты 34. Каждое

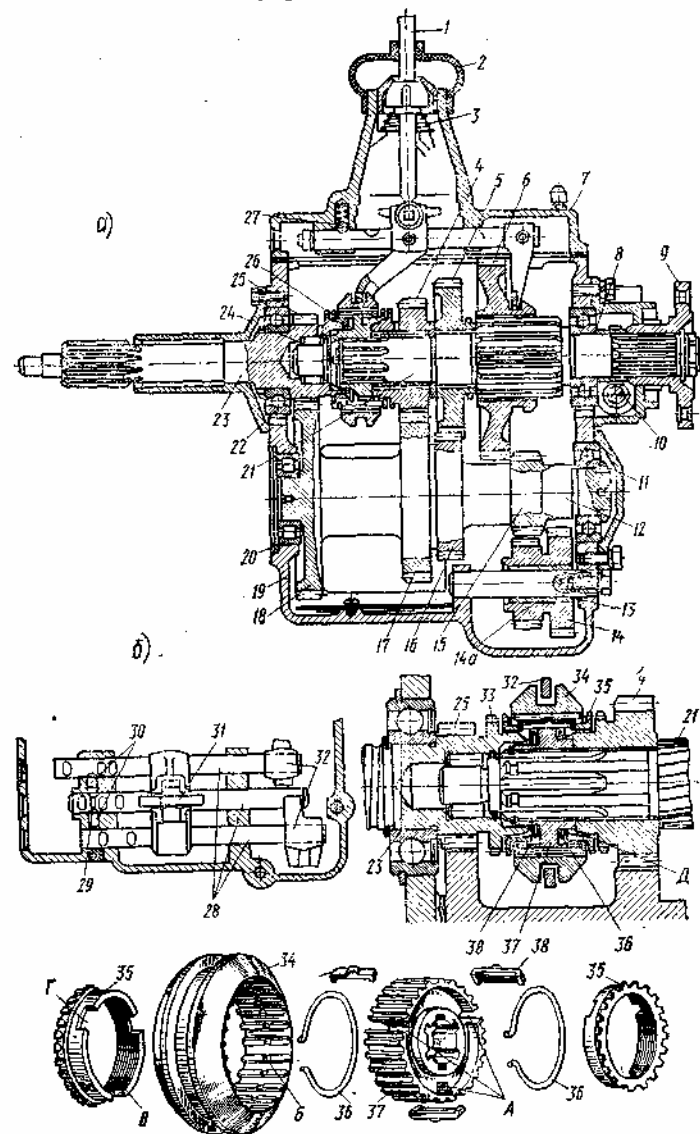


Рис. 83. Коробка передач автомобиля ГАЗ-53

кольцо 35 имеет три паза Г для сухарей, внутреннюю коническую поверхность В и зубчатый венец. Шестерни 25 и 4 имеют наружные конусные поверхности Д и зубчатые венцы 33. Кольца 35 устанавливают с двух сторон муфты 34.

Принцип действия синхронизатора следующий. При нейтральном положении синхронизатора его муфта 34 и кольца 35 не включены. Для включения четвертой передачи следует вилкой 32 переместить муфту 34 по ступице 37 в сторону шестерни 25. При этом сухари 38, прижатые пружинами 36 к муфте 34, воздействуют на кольцо 35 и прижимают его к конусной поверхности Д шестерни 25. Вследствие разности частоты вращения валов 21 и 23 между коническими поверхностями кольца 35 и шестерни 25 возникает трение. За счет трения шестерня 25 повернет кольцо 35 относительно муфты 34 на величину зазора, образованного сухарями 38 в пазах кольца 35. При этом торцевые скосы зубьев кольца 35 не позволяют зубьям муфты 34 войти в зацепление с зубчатым венцом 33 шестерни 25, и муфта 34 еще сильнее прижмет конусную поверхность кольца 35 к конусной поверхности шестерни 25. В результате этого скорости вращения шестерни 25 и муфты 34 уравниваются, сопротивление перемещению муфты уменьшится и она войдет в зацепление с венцом 33 шестерни 25, т. е. произойдет включение четвертой передачи.

Аналогично происходит включение шестерни 4, т. е. третьей передачи.

Промежуточный вал 12 установлен на двух подшипниках — роликовом 20, расположенном в передней стенке картера 19, и шариковом 11, установленном в задней стенке картера. Вал 12 изготовлен заодно с шестернями 18, 17, 16 и 15.

Механизм переключения передач предназначен для обеспечения включения шестерен на полную длину зуба и для исключения одновременного включения двух или нескольких передач и самовыключения передачи при работе автомобиля. Механизм переключения передач расположен в крышке 7 и состоит из трех ползунов 28 с вилками 32, рычага переключения 1, фиксаторов 27 и замка.

Вилки 32 жестко закреплены на ползунках 28. Нижний конец каждой вилки входит в кольцевую проточку шестерни или муфты синхронизатора. Рычаг 1 установлен в сферическом гнезде крышки 7 и прижимается к нему пружиной 3. Сферическое гнездо защищено от пыли колпаком 2. Нижний конец рычага 1 входит в пазы вилок 32. Рычаг может качаться как в поперечной, так и продольной плоскостях. При качании рычага в поперечной плоскости его нижний конец вводится в соответствующий паз вилок 32. Качание рычага в продольной плоскости вызывает перемещение ползуна 28 с вилкой 32, вследствие чего вилка передвигает шестерню или муфту синхронизатора, включая одну из передач.

Ползуны 28 с вилками 32 удерживаются от самопроизвольного перемещения фиксаторами 27, каждый из которых состоит из шарика с пружинкой. Шарик фиксатора входит в углубления ползунов. На ползунах первой и второй, третьей и четвертой передач имеется по три углубления (две передачи и нейтральное положение), а на ползуне заднего хода — два углубления. Для предупреждения одновременного включения нескольких ползунов

служит замок. Он состоит из двух штифтов 30, расположенных в горизонтальной канавке крышки 7 между ползунами, и пальца 29, установленного свободно в отверстии среднего ползуна. При перемещении среднего ползуна штифты 30 раздвигаются и входят в углубления крайних ползунов и запирают их. Если перемещается один из крайних ползунов, то соответствующий штифт входит в углубление среднего ползуна и с помощью пальца 29 передвигает второй штифт и запирает противоположный крайний ползун.

В механизме переключения передач предусмотрен специальный замок для исключения случайного включения заднего хода при переключении передач. Он состоит из штифта 31 с пружиной, установленного в рычаге ползуна заднего хода и первой передачи. Валы и шестерни коробки передач смазываются маслом, заливаемым в картер через отверстие, расположенное с левой стороны картера. Отработанное масло сливается через отверстие вниз картера. Оба отверстия закрываются пробками.

Принцип действия коробки передач следующий: для включения первой передачи шестерня 6 перемещается ползуном 28 и вилкой 32 назад по шлицам вторичного вала до зацепления с шестерней 15 промежуточного вала. Крутящий момент от первичного вала к вторичному передается через шестерни 25, 18, 15 и 6.

Включение второй передачи осуществляется перемещением шестерни 6 ползуном 28 и вилкой 32 вперед по шлицам вторичного вала до полного зацепления с наружным зубчатым венцом свободно сидящей шестерни 5. Крутящий момент от первичного вала к вторичному передается через шестерни 25, 18, 16 и 5. Третья передача включается перемещением муфты синхронизатора 26 ползуном 28 и вилкой 32 назад до зацепления с наружным зубчатым венцом свободно сидящей шестерни 4. Крутящий момент от первичного вала к вторичному передается через шестерни 25, 18, 17, 4 и механизм синхронизатора 26.

Четвертая передача (прямая) включается перемещением муфты синхронизатора 26 ползуном 28 и вилкой 32 вперед до зацепления с наружным зубчатым венцом шестерни 25 первичного вала. Крутящий момент от первичного вала передается непосредственно вторичному валу.

Включение заднего хода осуществляется перемещением блока 14 шестерен заднего хода ползуном 28 и вилкой 32 вперед. При этом шестерня 14 входит в зацепление с шестерней 15 промежуточного вала, а шестерня 14а — с шестерней 6 вторичного вала. Крутящий момент от первичного вала к вторичному передается через шестерни 25, 18, 15, 14, 14а и 6.

Аналогичную конструкцию и принцип действия имеют другие автомобильные коробки передач.

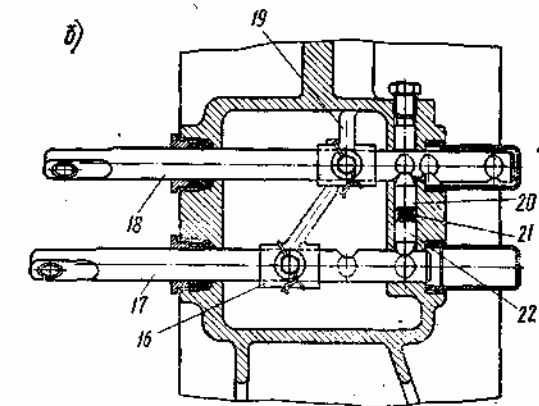
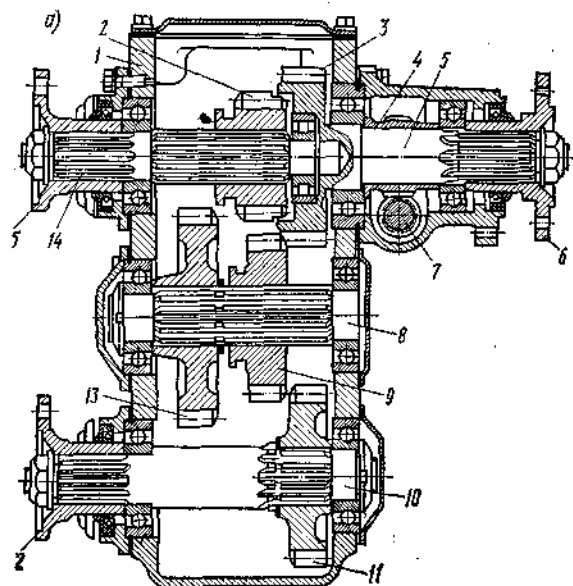
На тракторы, применяемые в строительстве, устанавливают как трех-, так и четырехвальные коробки передач.

Коробка передач трактора МТЗ-50 — трехвальная, четырехходовая, девятиступенчатая, с прямой передачей и редуктором — име-

ет девять передач вперед и две назад. Коробка передач трактора Т-100 — трехвальная, четырехходовая, пятиступенчатая — имеет пять передач вперед и четыре назад.

### § 108. Раздаточные коробки

На автомобили и колесные тракторы с несколькими ведущими мостами в силовой передаче устанавливают раздаточную коробку, которая предназначена для распределения крутящего момента от коробки передач между ведущими осями, а также для включения и выключения переднего ведущего моста.



В раздаточных коробках автомобилей размещают пониженную передачу для улучшения тяговых качеств. На автомобилях устанавливают двухступенчатые раздаточные коробки, а на тракторах — как одно-, так и двухступенчатые.

В качестве примера рассмотрим конструкцию и принцип действия раздаточной коробки автомобиля ГАЗ-66 с двумя ведущими мостами. Ее устанавливают на раму за коробкой передач и соединяют с ней при помощи карданной передачи. Раздаточная коробка (рис. 84, а) состоит из чугунного картера 1 с крышкой, ведущего вала 14, вала 5 привода заднего моста, промежуточного вала 8, вала 10 привода переднего моста и механизма переключения. Валы 14, 5, 8 и 10 шлицевые и вращаются в подшипниках качения.

На ведущем валу 14 на шлицах установлена шестерня 2 при

мой и пониженной передач. На переднем конце вала 14 на шлицах установлена втулка 15 с фланцем карданного вала. Задний конец вала 14 размещен на шариковом подшипнике в выточке вала 5.

Вал 5 привода заднего моста изготовлен заодно с шестерней 3, имеющей наружные и внутренние зубья. На средней части вала 5 установлена ведущая шестерня 4 привода 7 спидометра, на заднем конце вала 5 на шлицах — втулка 6 с фланцем кардана заднего моста.

На промежуточном валу 8 на шлицах расположены шестерни 9 и 13.

На валу 10 привода переднего моста на шлицах установлена шестерня 11. На переднем конце вала 10 на шлицах размещена втулка 12 с фланцем кардана переднего моста.

Механизм переключения (рис. 84, б) состоит из рычага переключения прямой и пониженной передач, рычага включения переднего моста, двух ползунов 17 и 18 с вилками 16 и 19, фиксаторов и деталей блокировочного механизма. Ползуны с вилками удерживаются от самопроизвольного перемещения шариковыми фиксаторами. Шарики фиксаторов входят в углубления ползунов.

Блокировочный механизм предназначен для предотвращения включения пониженной передачи при выключенном переднем мосте, а также выключения переднего моста при включенной пониженной передаче. Он состоит из двух штифтов 20 и 22 с пружиной 21, установленной между ними.

Если передний мост выключен, ползун 18 с помощью рычага переключения передач перемещается только в положение, соответствующее прямой передаче. Такое перемещение ползуна обеспечивается тем, что штифт 20 упирается в лыску, расположенную между углублениями в ползуне 18, и не доходит до штифта 22. Перемещение ползуна 18 в противоположную сторону невозможно, так как в этой части ползуна лыска отсутствует. При включенном переднем мосте штифт 22 входит в глубокую канавку ползуна 17 и не препятствует перемещению ползуна 18 для включения пониженной передачи. Такая блокировка предохраняет от перегрузок и поломки детали карданной передачи и шестерен заднего моста. Валы и шестерни смазываются маслом, заливаемым в картер 1.

Принцип действия раздаточной коробки следующий: для включения прямой передачи необходимо рычаг переключения передач переместить вперед. При этом ползун 18 с вилкой 19 передвинет шестерню 2 до полного зацепления с внутренними зубьями шестерни 3 вала привода заднего моста. Крутящий момент от ведущего вала передается непосредственно на вал привода заднего моста.

Пониженная передача включается перемещением рычага переключения передач назад. При этом ползун 18 с вилкой 19 передвинет шестерню 2 влево до зацепления с шестерней 13 промежуточного вала (шестерня 9 находится в зацеплении с шестерней

Рис. 84. Раздаточная коробка автомобиля ГАЗ-66

3). Крутящий момент от ведущего вала к валу привода заднего моста передается через шестерни 2, 13, 9 и 3.

Пониженная передача включается только после включения переднего моста. Чтобы включить передний мост, следует рычаг включения переднего моста переместить вперед. При этом ползун 17 свилкой 16 передвинет шестерню 9 вправо до зацепления с шестернями 11 и 3. Крутящий момент от ведущего вала к валу привода переднего моста передается через шестерни 2, 13, 9 и 11.

### § 109. Назначение и типы карданных передач

Карданная передача служит для передачи крутящего момента между отдельными агрегатами силовой передачи, расположенными под углом, изменяющимся при движении автомобиля или трактора. Карданные передачи применяются для соединения: коробки передач с главной передачей заднего моста, коробки передач с раздаточной коробкой, раздаточной коробки с главными передачами ведущих мостов, главных передач двух ведущих задних мостов, полуосей с передними управляемыми колесами. Карданные передачи в зависимости от числа карданов (шарниров) делятся на одинарные и двойные.

Одинарная карданная передача состоит из карданного вала и одного карданного шарнира. Она применяется при передаче вращения от одного вала к другому под небольшим углом, в настоящее время на грузовых автомобилях не устанавливается.

Двойная карданная передача состоит из карданного вала и двух карданных шарниров, установленных на его концах. Эти передачи получили широкое распространение на автомобилях, колесных и некоторых гусеничных тракторах.

### § 110. Конструкция карданных передач

Карданные передачи состоят из карданов (шарниров), карданных валов и промежуточных опор.

Карданы по конструкции разделяют на жесткие (с жестким элементом) и мягкие (с упругим элементом).

Жесткие карданы по кинематике делятся на карданы неравной и равной угловых скоростей.

Карданы неравных угловых скоростей обеспечивают передачу крутящего момента под углом  $20-25^\circ$ . Кардан неравных угловых скоростей (рис. 85, а) состоит из двух вилок 9, закрепленных на валах, и крестовины 6 с четырьмя шипами 6. Шипы 6 крестовины 7 соединяют вилки 9 так, что угол между валами изменяется как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. Каждый шип 6 крестовины вращается в игольчатом подшипнике 4, собранном в стакане 3, который установлен в вилке 9. Внутри крестовины просверлены два канала, по которым масло поступает к подшипникам 4. Вытеканию масла из подшипников препятствует резино-

вый или пробковый сальник 5, расположенный между подшипниками и крестовиной. Чтобы предохранить сальники подшипников от повреждения, в центре крестовины установлен предохранительный клапан 8. Подшипники в отверстиях вилок закрепляются пластинами 2 и крышками 1. Такие карданы при больших углах наклона валов порядка  $30-32^\circ$  не обеспечивают равномерное вращение ведомого вала. Поэтому на автомобилях и тракторах для привода передних ведущих колес применяют карданы равных угловых скоростей, которые обеспечивают вращение ведущей и ведомой полуосей с одинаковой угловой скоростью.

Кардан равных угловых скоростей (рис. 85, б) состоит из двух вилок 1 и 7, изготовленных заодно с полуосями, центрирующего шарика 4 и четырех ведущих шариков 5, расположенных в фасонных канавках 3 вилок 1 и 7. Шарик 4 фиксируется в определенном положении пальцем 2, входящим в отверстие шарика 4 и вилки 1. Палец 2 удерживается от смещений штифтом 6. Канавки 3 в вилках 1 и 7 сделаны так, что при наклоне вилок шарики располагаются в плоскости, делящей угол между полуосями пополам. Этим достигается равенство скоростей вращения полуосей.

Мягкие карданы обеспечивают передачу крутящего момента под углом не более  $6^\circ$ . Они состоят из двух вилок, соединенных диском из прорезиненной ткани. Мягкие карданы применяются, как правило, у тракторов для соединения сцепления с коробкой передач.

Карданный вал выполняют в виде тонкостенной стальной трубы, к концам которой с одной стороны приварена вилка шарнира, а с другой — наконечник со шлицами. Наконечник со шлицами входит в шлицеванную втулку вала, образуя скользящее соединение, которое позволяет изменять длину карданного вала. Кардан со шлицевым соединением называют универсальным. Промежуточную опору применяют для устранения вибраций, возникающих в длинных валах. Она представляет собой резиновую подуш-

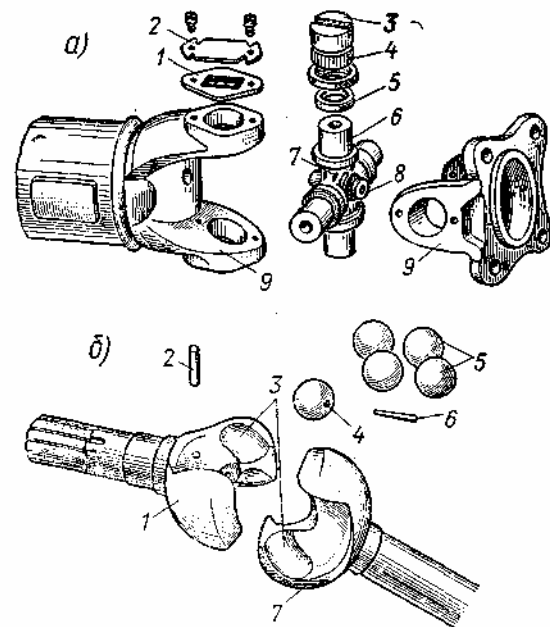


Рис. 85. Карданы



ку, в отверстии которой установлен шарикоподшипник. Резиновая подушка жестко закреплена на раме.

В грузовых современных автомобилях применяют двойные карданные передачи с жесткими карданами на игольчатых подшипниках. На рис. 86 показана карданная передача автомобиля ЗИЛ-130. Она состоит из основного 7 и промежуточного 2 карданных валов, промежуточной опоры 4 и трех жестких карданов неравной угловой скорости — переднего, среднего (универсального) и заднего, соединяющих вал 2 с вторичным валом коробки передач, валы 2 и 7 между собой и вал 7 с главной передачей.

Карданные валы 2 и 7 изготовлены из стальных тонкостенных труб. К обоим концам вала 7 приварены вилки 8 карданов. Передний конец вала 2 имеет вилку 1, а задний — шлицевую втулку 12, соединенную со скользящей вилкой 6 среднего кардана. Шлицевая втулка 12 вместе со скользящей вилкой 6 кардана образуют скользящее шлицевое соединение, которое позволяет изменять длину вала 7. Шлицевое соединение имеет полость для заполнения смазкой. Шлицевое соединение уплотнено от вытекания смазки и загрязнения заглушкой 13 и сальником 5.

Промежуточная опора состоит из шарикоподшипника 11, который установлен в резиновой подушке 3. Подшипник 11 смазывают через угловую масленку 10. Для удержания смазки и предохранения от загрязнения подшипники имеют резиновые сальники 9. Промежуточную опору крепят к раме автомобиля.

#### § 111. Назначение, типы и принципы действия главной передачи и дифференциала

Главная передача предназначена для увеличения крутящего момента и передачи его от вторичного вала ко-

робки передач к ведущим полуосям (или звездочкам), расположенным под углом  $90^\circ$  к продольной оси автомобиля или трактора. Главные передачи подразделяют на одинарные — с одной парой шестерен и двойные — с двумя парами шестерен.

Одинарные главные передачи применяют на автомобилях небольшой грузоподъемности и тракторах. Одинарные передачи автомобилей состоят из двух конических шестерен со спиральным зубом (рис. 87, а) или двух конических шестерен с гипоидным зацеплением (рис. 87, б), позволяющим снизить шум от работы

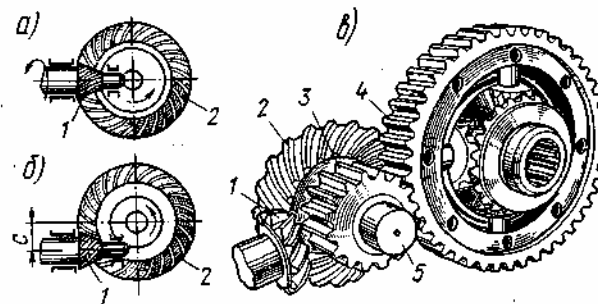


Рис. 87. Типы главных передач

шестерен и уменьшить их размеры. Одинарные передачи тракторов состоят из пары конических шестерен со спиральным зубом или пары цилиндрических шестерен. В этих передачах крутящий момент передается от ведущей конической шестерни 1 (рис. 87, а и б) к ведомой 2.

Двойные главные передачи (рис. 87, в), преимущественно применяемые на грузовых автомобилях, состоят из одной пары конических шестерен со спиральным зубом и одной пары цилиндрических шестерен с прямым или косым зубом. В этой передаче крутящий момент передается от ведущей конической шестерни 1 (рис. 87, в) к ведомой конической шестерне 2 и ведущей цилиндрической шестерне 3, установленных на одном валу 5, а от шестерни 3 — к ведомой цилиндрической шестерне 4. Двойная главная передача позволяет получить большое передаточное число при малых размерах передачи.

На большегрузных автомобилях устанавливают двойные главные передачи с разделенными ступенями. Они состоят из одной пары конических шестерен (центральный редуктор), расположенных в картере заднего моста, и колесных передач.

Дифференциал предназначен для распределения крутящего момента между ведущими полуосями и обеспечения вращения с различными угловыми скоростями ведущих колес автомобиля или трактора при движении их на поворотах и по неровной дороге.

Дифференциалы по конструкции подразделяют на шестеренчатые с коническими и цилиндрическими шестернями, кулачковые и червячные. По принципу действия дифференциалы бывают простые (без блокировки), с принудительной блокировкой и самобло-

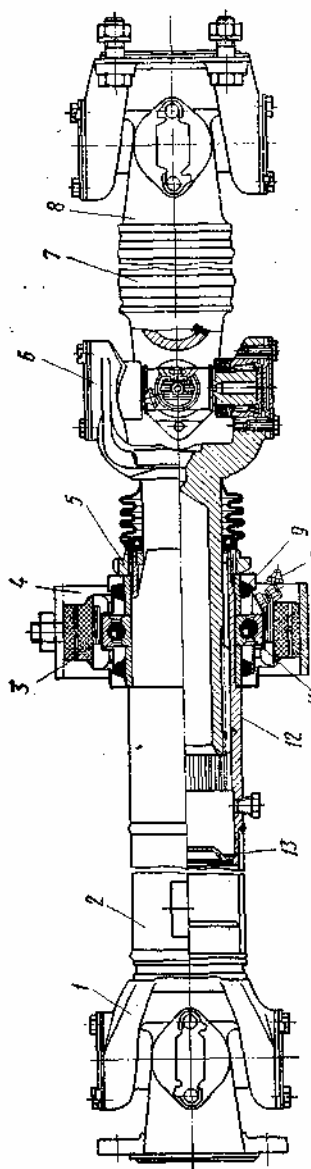


Рис. 86. Карданная передача автомобиля ЗИЛ-130



кировкой. Дифференциалы с самоблокировкой могут быть повышенного трения и с механизмом свободного хода без учета трения. Шестеренчатые дифференциалы относятся к простым, кулачковые и червячные — к самоблокирующимся дифференциалам повышенного трения. Дифференциалы выполняются как симметричные, так и несимметричные.

Симметричные дифференциалы распределяют крутящий момент между ведущими полуосями поровну, а несимметричные — по ведущим мостам автомобиля в заданном отношении. На автомобилях и тракторах наибольшее распространение получили конические симметричные дифференциалы. Они располагаются у автомобилей за главной передачей между полуосями, а у тракторов — между главной и конечными передачами. Дифференциал (рис. 88, а) состоит из коробки 2, в которой закреплена неподвижно ось 5, двух полуосевых шестерен 3 и 7 и сателлита 6. Сателлит 6 свободно установлен на ось 5 и находится в постоянном зацеплении с шестернями 3 и 7. Шестерни 3 и 7 жестко закреплены на полуосях 1 и 8, которые свободно проходят через отверстия в коробке 2. К коробке 2 болтами крепят ведомую шестерню 4 главной передачи.

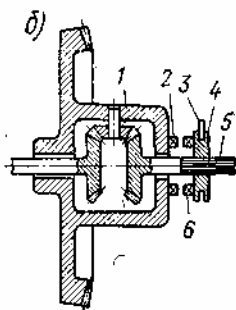
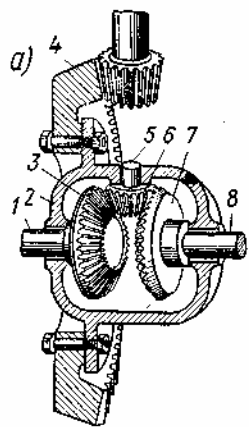


Рис. 88. Дифференциал и механизм его блокировки

Принцип действия дифференциала следующий: при прямолинейном движении автомобиля или трактора и одинаковом сопротивлении вращению ведущих колес дифференциал распределяет крутящий момент через коробку 2 и сателлит 6 поровну между шестернями 3 и 7. При этом все детали дифференциала вращаются как одно целое вокруг балки ведущего моста (сателлит 6 не вращается вокруг своей оси, а выполняет роль клина).

Во время движения автомобиля (трактора) на поворотах, например влево (см. рис. 88, а), левая полуось 1 вращается медленнее, чем правая полуось 8, так как левое колесо проходит меньший путь; при этом сателлит 6, поворачиваясь вокруг оси 5, замедлит вращение шестерни 3 и ускорит вращения шестерни 7.

Наличие дифференциала в силовой передаче автомобиля (трактора) в отдельных случаях оказывает отрицательное влияние на его проходимость. Например, при движении машины одно ведущее колесо перемещается по твердому грунту, а другое — по мягкому (песок). Тогда колесо, находящееся на мягком грунте, буксует, а колесо, расположенное на твердом грунте, из-за наличия дифференциала останавливается и машина перемещаться не

сможет. Поэтому в отдельных случаях необходимо выключать дифференциал. Для этой цели на ряде тракторов и автомобилей предусмотрены специальные устройства, выключающие дифференциал, — механизмы блокировки. На рис. 88, б приведена схема механизма блокировки дифференциала, состоящего из кулачковой муфты 4 с кулачками 6, расположенной на шлицах полуоси 5, вилки 3 и привода управления вилкой. При нажатии на педаль или повороте рычага, расположенных в кабине водителя, тяга поворачивает вилку 3, которая перемещает муфту 4 по шлицам полуоси 5 до сцепления кулачков 6 муфты с кулачками 2 на коробке дифференциала 1, после чего действие дифференциала прекращается. Механизм блокировки выключается с помощью оттяжной пружины.

## § 112. Конечная передача

Конечная (бортовая) передача предназначена для увеличения крутящего момента, передаваемого от главной передачи к ведущим полуосям трактора, и повышения дорожного просвета. Ко-

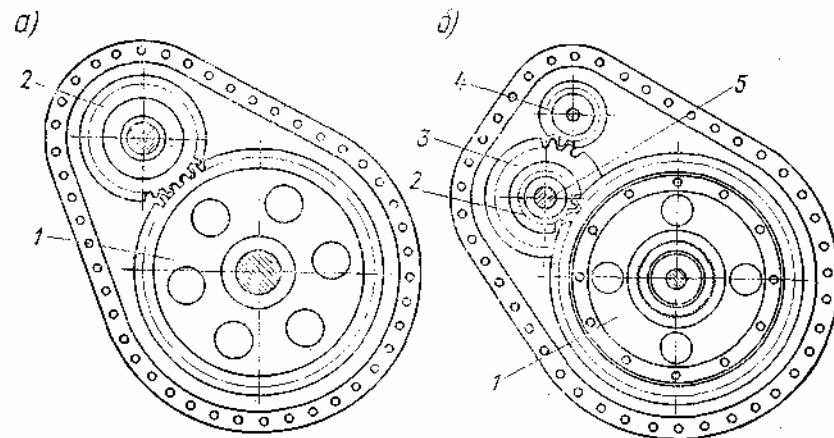


Рис. 89. Схемы конечных передач

нечная передача у колесных тракторов расположена за дифференциалом, а у гусеничных — за механизмом поворота.

Конечные передачи подразделяют на одинарные — с одной парой шестерен и двойные — с двумя парами шестерен.

Одинарные передачи (рис. 89, а), применяющиеся на большинстве колесных и гусеничных тракторов, состоят из двух цилиндрических шестерен 1 и 2 постоянного зацепления. В этих передачах крутящий момент передается от ведущей цилиндрической шестерни 2 к ведомой 1.

Двойные передачи применяются на тракторах Т-100 и др. Они (рис. 89, б) состоят из двух пар цилиндрических шестерен. В этих

передачах крутящий момент передается от ведущей шестерни 4 к промежуточным шестерням 2 и 3, установленным на одном валу 5, а от шестерни 2 на ведомую шестерню 1.

### § 113. Полуоси

Полуоси предназначены для передачи крутящего момента от дифференциала к ведущим колесам. При движении автомобиля или трактора полуоси кроме крутящего момента могут воспринимать изгибающие моменты от сил, действующих на колесо (тяжести, тяговой или тормозной и боковых сил при повороте). Полу-

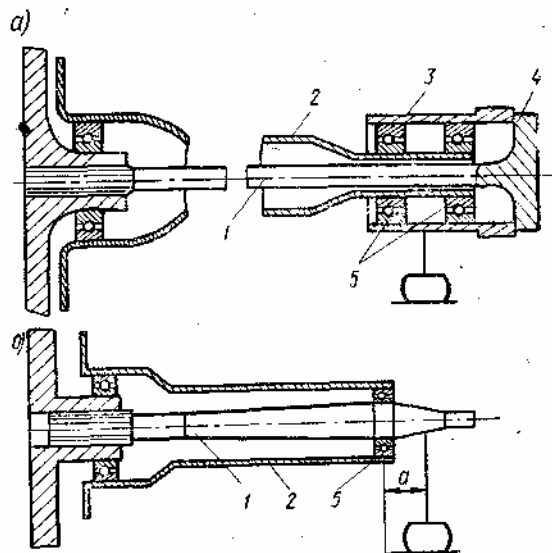


Рис. 90. Типы полуосей

ось в зависимости от конструкции внешней опоры (тип подшипника, место его расположения) может быть в различной степени нагружена изгибающим моментом. В соответствии с этим полуоси делятся на разгруженные, полуразгруженные и на три четверти разгруженные.

Разгруженная полуось 1 (рис. 90, а) внешним концом при помощи фланца 4 соединена со ступицей 3 колеса, которая установлена на кожухе 2 полуоси на двух подшипниках 5. Подшипники 5 расположены симметрично относительно средней плоскости колеса, поэтому они воспринимают все изгибающие моменты и передают их на картер ведущего моста. Полуось воспринимает только крутящий момент. Такие полуоси широко применяют на грузовых автомобилях.

Полуразгруженная полуось 1 (рис. 90, б) внешним концом опирается непосредственно на подшипник 5, установленный в кожухе 2 полуоси и расположенный на расстоянии *a* от средней плоскости

колеса. В процессе работы машины полуразгруженная полуось кроме крутящего момента воспринимает все усилия, передаваемые от ведущего колеса. В этом случае ступица колеса жестко укреплена на конце полуоси. Полуразгруженные полуоси применяют на колесных тракторах.

Полуоси, разгруженные на три четверти, работают на кручение и воспринимают боковые усилия и в настоящее время не применяются на автомобилях и тракторах.

### § 114. Главная передача и дифференциал автомобилей

На автомобилях, применяемых в строительстве, устанавливаются одинарные или двойные главные передачи и конические симметричные дифференциалы. Рассмотрим конструкцию главной передачи и дифференциала автомобиля ЗИЛ-130.

Главная передача автомобиля ЗИЛ-130 (рис. 91) двойная, состоит из двух конических шестерен 6 и 7 со спиральными зубьями и двух цилиндрических шестерен 10 и 13 с косыми зубьями. Ведущая коническая шестерня 6 изготовлена заодно с валом 26, который вращается на двух конических роликоподшипниках 1 и 4. Подшипники 1 и 4 размещены в гнездах стакана 2, который прикреплен болтами к картеру 11 главной передачи. Между подшипниками 1 и 4 установлена дистанционная втулка 27 и две регулировочные шайбы 3. Стакан 2 закрыт крышкой 28. На шлицах вала 26 установлена втулка 29 с фланцем, к которому крепится вилка кардана. Ведомая коническая шестерня 7 прикреплена к фланцу промежуточного вала 23, который изготовлен заодно с ведущей цилиндрической шестерней 10. Вал 23 с шестернями 7 и 10 вращается на двух конических роликоподшипниках 9 и 24, установленных в гнездах крышек 25. Крышки 25 крепят с помощью болтов к картеру 11. За-

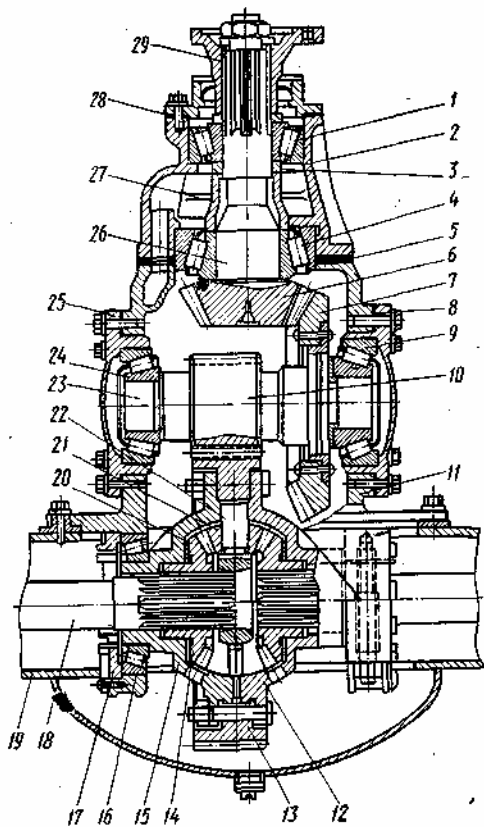


Рис. 91. Главная передача и дифференциал автомобиля ЗИЛ-130

щелки 19, 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12

цепление конических шестерен 6 и 7 регулируется прокладками 5, установленными между торцами картера 11 и стаканом 2. Между картером 11 и крышками 25 установлены прокладки 8 для регулировки подшипников. Ведомая цилиндрическая шестерня 13 соединена при помощи болтов с коробкой дифференциала.

**Дифференциал** (см. рис. 91) состоит из разъемных чашек 12 и 15, составляющих коробку, в которой размещены крестовина 22 с четырьмя сателлитами 21 и две конические полуосевые шестерни 14. Между торцами полуосевых шестерен и опорными торцами чашек установлены опорные шайбы 20. Сателлиты 21 сцеплены с полуосевыми шестернями 14, размещенными на шлицах разгруженных полуосей 18. Коробка дифференциала вращается на двух конических роликоподшипниках 16, которые регулируются гайкой 17.

Дифференциал размещен в картере 11, который крепят к балке 19 заднего моста. В картере 11 имеются три кармана, обеспечивающие подачу масла к шестерням и подшипникам.

#### **§ 115. Главная передача, дифференциал и конечная передача колесного трактора**

На колесные тракторы, как правило, устанавливают одинарные главные и конечные передачи и конические дифференциалы. Рассмотрим конструкцию главной передачи, дифференциала и конечной передачи трактора МТЗ-50.

**Главная передача 4** (центральная передача) (см. рис. 81, а) — одинарная. Она состоит из двух конических шестерен со спиральными зубьями. Ведущая коническая шестерня жестко закреплена на шлицах вторичного вала коробки передач, а ведомая прикреплена к корпусу дифференциала.

**Дифференциал 5** (см. рис. 81, а) — конический. Он состоит из разъемного корпуса, в котором размещены крестовина с четырьмя сателлитами 6 и две конические полуосевые шестерни 3 и 7 (см. рис. 88, а). Сателлиты сцеплены с полуосевыми шестернями, размещенными на шлицах валов, изготовленных заодно с ведущими шестернями конечной передачи.

**Конечная передача 7** (см. рис. 81, а) — одинарная. Каждая передача состоит из двух цилиндрических шестерен с прямыми зубьями.

**Полуось 6** (см. рис. 81, а) имеет шлицы, на которых размещены подвижная и неподвижная муфты блокировки дифференциала.

#### **§ 116. Неисправности сцепления, коробки передач, раздаточной коробки, карданной, главной и конечной передач, дифференциала и техническое обслуживание**

Основные неисправности сцепления: неполное включение (пробуксовка) и неполное выключение сцепления при нажатии на педаль.

Неполное включение сцепления обнаруживается при движении автомобиля или трактора, которые при исправном двигателе плохо преодолевают подъемы и медленно разгоняются.

Причины неполного включения сцепления: недостаточный свободный ход педали, замасливание дисков, износ фрикционных накладок ведомых дисков и ослабление или поломка нажимных пружин.

Признаки неполного выключения сцепления — трудность переключения шестерен коробки передач и наличие шума при переключении передач.

Причины неполного выключения сцепления: большой свободный ход педали, загрязнение или деформация ведомых дисков и неправильная установка рычагов выключения сцепления.

К числу основных неисправностей коробки передач и раздаточной коробки относятся: повышенный шум шестерен в коробках, произвольное выключение шестерен, затрудненное переключение шестерен и повышенный нагрев коробок.

Причины повышенного шума шестерен в коробках: износ зубьев шестерен и подшипников, неправильная регулировка сцепления и недостаточное количество масла в картерах.

Причины произвольного выключения шестерен: ослабление пружин фиксаторов, износ зубьев шестерен, ползунов и шлицев ступиц.

Причины затрудненного переключения шестерен: перекося шестерен (вследствие износа подшипников), неисправности ползунов и вилок.

Причины перегрева коробок: повышенный или недостаточный уровень масла и заедание подшипников.

Основные неисправности карданной передачи — износ крестовин, шлицевых соединений и подшипников.

Признаки износа крестовин, шлицевых соединений и подшипников: вибрация карданной передачи и стук при трогании автомобиля с места.

Износ крестовин, шлицевых соединений и подшипников происходит от недостаточной их смазки и ослабления креплений.

К числу основных неисправностей главной и конечной передач и дифференциала относятся повышенный шум шестерен и перегрев картеров.

Причины повышенного шума шестерен в главной передаче: износ зубьев шестерен, износ подшипников, неправильная регулировка зацепления конических шестерен и недостаточное количество масла в картере.

Причины повышенного шума шестерен в конечной передаче и дифференциале: износ зубьев шестерен, износ подшипников и недостаточное количество масла в картерах.

Причины перегрева картеров главной, конечной передач и дифференциала: повышенный или недостаточный уровень масла и заедание подшипников.

Указанные неисправности сцепления, коробки передач, раздаточной коробки, карданной, главной и конечной передач и дифференциала можно предупредить, если своевременно проводить техническое обслуживание (уходы) и устранять возникающие неполадки.

**Уход за сцеплением** состоит в периодической проверке и регулировке свободного хода педали, проверке крепления болтовых соединений и смазке подшипников.

Свободный ход педали сцепления проверяют и регулируют в такой последовательности: определяют величину свободного хода педали, для чего ставят рядом с педалью линейку, упирающуюся своим основанием в пол кабины, и, нажимая рукой на педаль, опускают ее до положения, соответствующего началу выключения сцепления. Затем замеряют величину свободного хода педали по шкале линейки и, если величина хода педали не соответствует нормальной, то его следует отрегулировать изменением длины тяги 33 привода сцепления (укорочение тяги уменьшает ход педали, а удлинение — увеличивает), вращая гайку 30 (см. рис. 82, б).

Систематически необходимо проверять крепление всех болтовых соединений и при необходимости подтягивать их. Периодически (руководствуясь правилами технического ухода) следует смазывать подшипники и вилку выключения сцепления. Смазывать подшипники следует в строгом соответствии с картой смазки. Лишнее масло может привести к его попаданию на поверхности дисков и вызвать их замасливание.

**Уход за коробкой передач и раздаточной коробкой** состоит в постоянной проверке и поддержании необходимого уровня масла в картерах, смене масла и промывке картеров, проверке креплений, проверке состояния зубьев шестерен, фиксаторов и деталей блокировочного механизма и смазке подшипников валов.

Уровень масла в картерах коробки передач и раздаточной коробки проверяют при помощи щупа. При недостатке масла следует долить его до нормального уровня. Масло в картерах меняют по графику согласно инструкции завода-изготовителя, а также в случаях резкого ухудшения качества масла. Масло из картеров необходимо сливать сразу же после остановки автомобиля (трактора), пока механические примеси не успели осесть. После слива масла картеры необходимо промыть дизельным топливом или керосином.

Следует систематически следить за состоянием всех креплений и при необходимости их подтягивать.

Необходимо систематически проверять состояние зубьев шестерен, фиксаторов и деталей блокировочного механизма, не допуская их неисправностей. Периодически следует смазывать подшипники валов коробки.

**Уход за карданной передачей** состоит в проверке креплений болтовых соединений, смазке подшипников и шлицевых соединений и в очистке деталей передачи от грязи.

Систематически необходимо проверять крепление фланцев карданных валов и кронштейна промежуточной опоры и при необходимости подтягивать крепления. Периодически следует смазывать подшипники и шлицевые соединения. Систематически надо очищать детали карданной передачи от грязи.

**Уход за главной и конечной передачами и дифференциалом** состоит в проверке и поддержании необходимого уровня масла в картерах, смене масла и промывке картеров, проверке креплений, проверке и регулировании правильности зацепления и величины бокового зазора между зубьями в конических шестернях.

Систематически необходимо проверять уровень масла в картерах главной и конечной передач и при необходимости доливать его. Масло в картерах меняют по графику согласно инструкции завода-изготовителя, а также в случае резкого ухудшения качества масла. Перед заливкой свежего масла картеры промывают дизельным топливом или керосином.

Следует систематически следить за состоянием всех креплений и при необходимости их подтягивать.

Периодически (руководствуясь правилами технического ухода) необходимо проверять правильность зацепления и величину бокового зазора между зубьями в конических шестернях и в случае необходимости регулировать. Зацепление шестерен проверяют по расположению отпечатка нанесенного слоя краски. Если отпечаток краски располагается не менее чем на  $\frac{2}{3}$  длины зуба, то зацепление считается нормальным. Боковой зазор между зубьями проверяют по толщине свинцовой пластины, которая обкатывается шестернями.

## Глава XXI

### ХОДОВАЯ ЧАСТЬ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

Ходовая часть предназначена для преобразования вращательного движения колес в поступательное движение автомобиля (трактора) и для поддержания его остова.

Ходовая часть автомобилей и колесных тракторов состоит из остова, мостов, подвески и колес, а гусеничных тракторов — из остова, гусеничного движителя и подвески.

#### § 117. Остов автомобилей и тракторов

Остов — основание для крепления всех агрегатов и механизмов автомобиля (трактора). У грузовых автомобилей и большинства гусеничных тракторов роль остова выполняет рама. Рама автомобиля состоит из двух продольных балок, называемых *лонжеронами*, соединенных поперечными балками, называемыми *траверсами*.

Лонжероны и траверсы имеют швеллерное сечение и соединяются заклепками или сваркой. Для повышения жесткости на раме установлены усилительные вставки и раскосы. В передней части рамы расположен бампер (бампер), предохраняющий раму и кузов от повреждений, и крюки для буксировки автомобиля, а в задней — буксирный прибор для буксировки прицепов.

У большинства колесных тракторов осто́в образуется корпусами силовой передачи трактора, соединенными с балками полурамы, на которой крепится двигатель и передний мост.

### § 118. Задний и передний мосты автомобилей и колесных тракторов

Задний мост обычно ведущий. Он служит для восприятия части массы автомобиля (трактора), приходящейся на ведущие колеса и для передачи от колес на раму толкающих усилий. Задний мост представляет собой пустотелую балку — неразрезную или разрезную, являющуюся кожухом, в котором размещены главная пере-

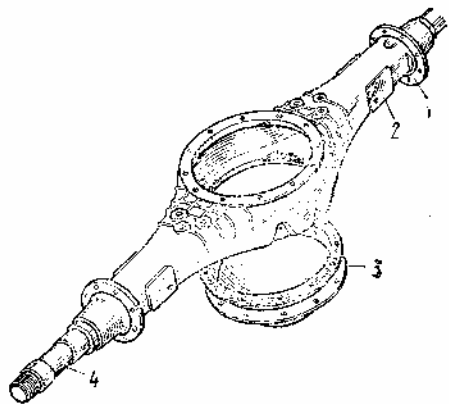


Рис. 92. Балка заднего моста автомобиля ЗИЛ-130

дача, дифференциал и полуоси. У современных грузовых автомобилей (ЗИЛ-130, ГАЗ-53 и др.) балки задних мостов выполняют неразрезными. На рис. 92 показана неразрезная балка заднего моста автомобиля ЗИЛ-130. Балка в средней части расширена и имеет с передней и задней сторон отверстия. Переднее отверстие закрывается картером главной передачи, заднее — крышкой 3. На балке имеются площадки 2 для крепления рессор и фланцы 1, к которым крепят опорные тормозные диски. На концы полуосевых рукавов 4 балки устанавливают подшипники ступиц ведущих колес.

Задний мост трактора представляет собой коробчатую чугунную отливку, в которой размещены коническая и бортовая передачи, дифференциал и полуоси.

Передние мосты в зависимости от назначения выполняют управляемыми или комбинированными.

Передний управляемый мост служит для поворота автомобиля (трактора) и восприятия части массы машины, приходящейся на передние управляемые колеса. Передние управляемые мосты выполняют как неразрезными (цельными), так и разрезными. Грузовые автомобили и тракторы имеют неразрезной управляемый мост

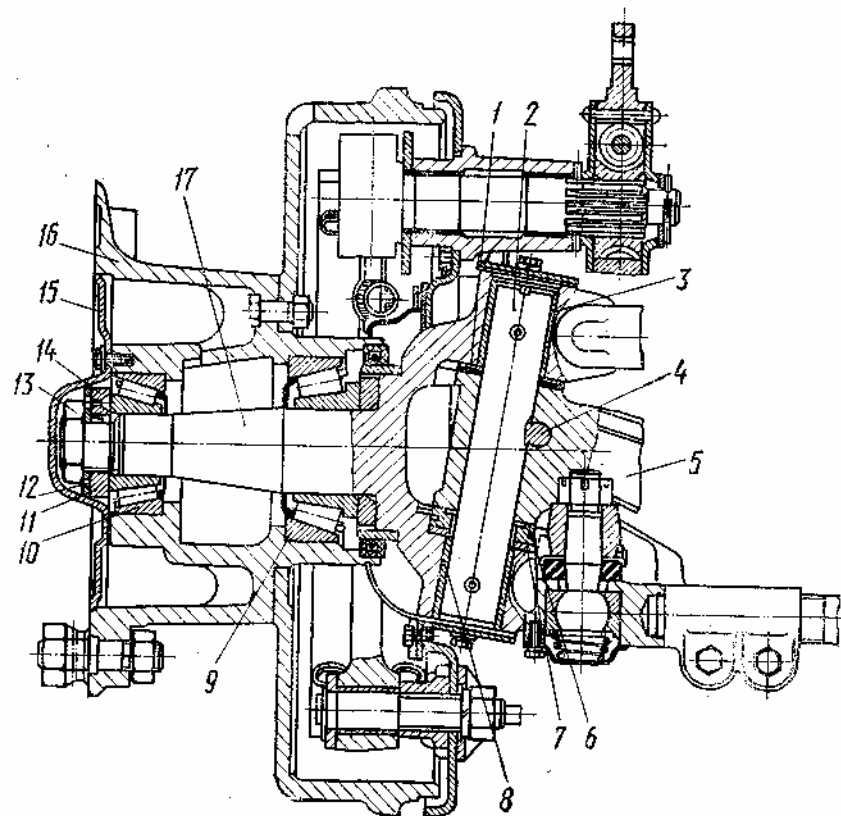


Рис. 93. Передний мост автомобиля ЗИЛ-130

Передний управляемый мост автомобиля ЗИЛ-130 (рис. 93) состоит из балки 5 двутаврового сечения, двух поворотных цапф (кулаков) 17 вильчатого типа, шарнирно установленных на шкворнях 2, и двух ступиц 16. Шкворень неподвижно закреплен в балке 5 коническим штифтом 4 с гайкой. В проушины цапф 17 запрессованы бронзовые втулки 3 и 8, на которых цапфы 17 поворачиваются вокруг шкворней 2. Для облегчения поворота между балкой 5 и нижней проушиной цапфы 17 на шкворне 2 установлены опорные шайбы 6 и 7. Осевой зазор между верхней проушиной

цапфы 17 и концом балки 5 регулируют прокладками 1. На цапфе 17 на двух конических подшипниках 9 и 10 установлена ступица 16, к которой крепят переднее колесо. Подшипники регулируют гайкой 14, которая стопорится замочным кольцом 11, шайбой 12 и контргайкой 13, и закрываются крышкой 15. Втулки 3 и 8 и подшипники смазываются через масленки, ввернутые в цапфы 17.

Передний комбинированный мост обеспечивает одновременно поворот автомобиля (трактора) и передачу тягового усилия на колеса. Такой мост повышает проходимость автомобиля или трактора. Комбинированный мост по конструкции отличается от заднего ведущего моста наличием поворотных цапф и полуосей с карданами равных угловых скоростей.

### § 119. Подвеска колесных машин

Подвеска служит для упругого соединения остова с мостами, обеспечения плавного хода автомобиля (трактора) и гашения колебаний остова. Подвеска состоит из упругого элемента, направляющего устройства и устройства, гасящего колебания (амортизатора).

Упругий элемент предназначен для смягчения и поглощения ударов, получаемых колесами при движении по неровной дороге. В качестве упругого элемента применяют листовые рессоры (рессорная подвеска), винтовые пружины (пружинная подвеска) и упругий вал (торсионная подвеска).

Направляющее устройство предназначено для передачи усилия от колес на раму и от рамы на колеса.

Гасящее устройство, называемое амортизатором, предназначено для быстрого гашения колебаний остова при деформациях рессор.

Подвески разделяют на два основных типа: зависимые и независимые. При зависимой под-

веске (рис. 94, а) оба колеса моста смонтированы на одной оси 3, соединенной рессорами 2 с рамой 1. В этом случае перемещение одного колеса, вызванное неровностями дороги, вызывает перемещение другого. При независимой подвеске (рис. 94, б) каждое колесо моста подвешено к раме 4 самостоятельно с помощью рычагов 6 и пружины 5.

На грузовых автомобилях и на тракторах-тягачах наибольшее применение получили зависимые подвески с листовыми рессорами. Листовые рессоры на большинстве грузовых автомобилей

расположены вдоль рамы машины и имеют полуэллиптическую форму. Такие листовые рессоры называют *продольными полуэллиптическими*.

В качестве примера рассмотрим конструкцию зависимой подвески переднего и заднего мостов автомобиля ЗИЛ-130.

**Передняя подвеска** (рис. 95, а) состоит из двух продольных полуэллиптических рессор 3 и двух телескопических амортизаторов 5. Полуэллиптическая рессора 3 представляет собой упругую

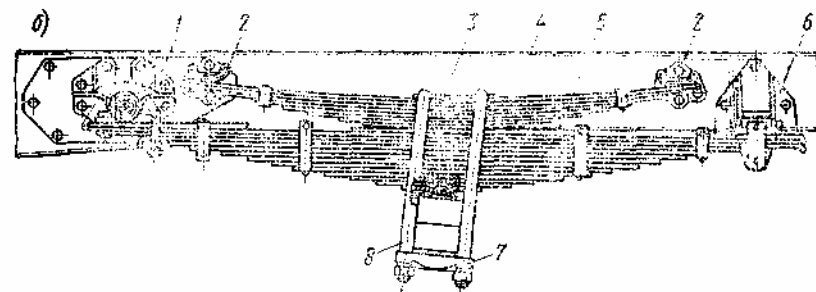
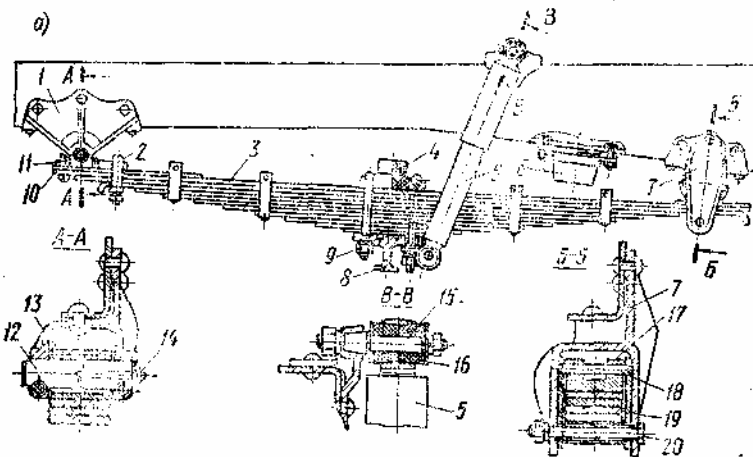


Рис. 95. Передняя и задняя подвески автомобиля ЗИЛ-130

балку, состоящую из набора тонких листов различной длины, но одинаковой толщины. Самый длинный лист называют *коренным*. На переднем конце коренного листа рессоры 3 имеется отъемное ушко 11, которое прикреплено к нему через подкладку 10 стремянкой 2 с гайкой и болтами. В ушко 11 запрессована втулка 13, через которую проходит рессорный палец 12, шарнирно соединяющий передний конец рессоры 3 с кронштейном 1 рамы. Смазка пальца 12 и втулки 13 осуществляется через масленку 14. Задний конец коренного листа рессоры 3 опирается на сухарь 17, который установлен на оси 18 в кронштейне 7 рамы. На ось 18 установлен

вкладыш 19, который предохраняет стенки кронштейна 7 от износа. Вкладыш закреплен в кронштейне болтом 20. Рессору 3 средней частью крепят к переднему мосту 8 двумя стремлянками 9 с гайками. На передней подвеске установлены два резиновых буфера 4 и 6 для ограничения прогиба рессоры и смягчения ударов рессоры о раму. Телескопический амортизатор 5 своими проушинами с резиновыми втулками 16 шарнирно соединен с рамой и балкой переднего моста при помощи пальцев 15.

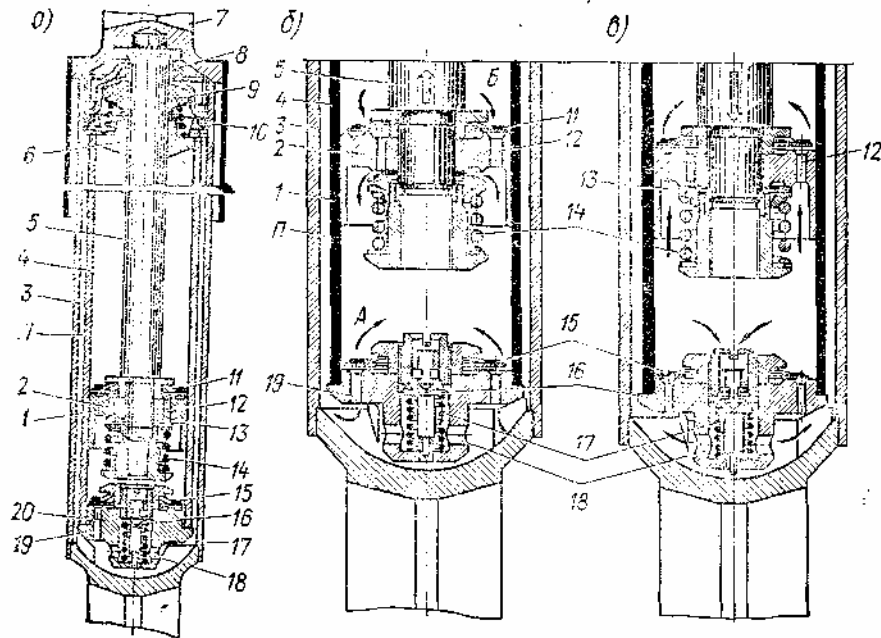


Рис. 96. Амортизатор автомобиля ЗИЛ-130

**Телескопический амортизатор** (рис. 96, а) состоит из резервуара 3, рабочего цилиндра 4, поршня 1 со штоком 5, проушин 7, приваренных к штоку 5 и резервуару 3, клапана отдачи 13, клапана сжатия 16 и сальникового уплотнения.

Цилиндр 4 и часть резервуара 3 заполнены амортизационной жидкостью. Цилиндр 4 сверху закрыт направляющей 6 штока и закреплен в резервуаре гайкой 8, а снизу — корпусом 20 клапана сжатия 16. В поршне 1 просверлены два ряда отверстий: внутреннего 2 и наружного 12 рядов. Отверстия 2 снизу перекрываются диском клапана отдачи 13. Отверстия 12 закрыты сверху тарелкой перепускного клапана 11. Клапан отдачи 13 состоит из двух плоских дисков, прижимаемых к поршню пружиной 14, удерживаемой гайкой. Клапан сжатия 16 состоит из корпуса 20, тарельчатого впускного клапана 15 с пружинной звездочкой и собственно клапана сжатия, поджатого к седлу пружиной 17. На клапане

сжатия 16 с двух сторон вырезаны две прямоугольные щели. В корпусе 20 имеются отверстия 19 впускного клапана и отверстия 18 клапана сжатия.

Для герметичности полостей амортизатора установлены два резиновых сальника: первый сальник 9 уплотняет шток в верхней части, а второй сальник 10 — кольцевое пространство между резервуаром 3 и цилиндром 4.

**Принцип действия амортизатора** основан на сопротивлении жидкости, перетекающей с помощью поршня из одной полости в другую через небольшие отверстия (рис. 96, б, в). При сжатии рессоры (движение автомобиля по дороге с препятствиями) поршень 1 со штоком 5 перемещается вниз, перепускной клапан 11 открывается и жидкость из полости А через отверстия 12 перетекает в полость Б над поршнем. При этом часть жидкости, равная объему вводимой в цилиндр 4 части штока 5, вытесняется из полости А в кольцевую полость П через отверстие 18, преодолевая сопротивление клапана сжатия 16 (впускной клапан 15 закрыт вследствие давления жидкости). Усилие пружины 17 клапана сжатия создает необходимое сопротивление амортизатора в период хода сжатия, чем и гасятся колебания рессоры.

При растяжении (отдаче) рессоры поршень 1 со штоком 5 перемещается вверх, перепускной клапан 11 закрывается и жидкость из полости Б через отверстия 2 поступает к клапану отдачи 13, открывая его и перетекая в полость А. Одновременно из полости П часть жидкости, равная объему части штока 5, выводимой из цилиндра 4, перетекает в полость А через отверстие 19 и открытый впускной клапан 15. Усилие пружины 14 клапана отдачи создает необходимое сопротивление амортизатора в период хода растяжения, чем и гасятся колебания рессоры.

**Задняя подвеска** (рис. 95, б) состоит из двух основных 5 и двух дополнительных 4 полуэллиптических рессор. Крепление передних и задних концов основной рессоры 5 к кронштейнам 1 и 6 рамы осуществляется так же, как и крепление концов рессоры к кронштейнам рамы передней подвески. Основная 5 и дополнительная 4 рессоры крепят к заднему мосту двумя стремлянками 8 с накладками 3 и 7. Дополнительная рессора включается в работу только лишь при движении автомобиля с нагрузкой. При увеличении нагрузки (массы) автомобиля рама опускается и кронштейны 2 упираются в концы дополнительной рессоры и после этого обе рессоры работают совместно.

В колесных тракторах (МТЗ-50 и др.) применяют зависимые подвески с упругим элементом в виде винтовых пружин, которые размещаются в поворотных кулаках передней балки.

## § 120. Колеса

Автомобильные и тракторные колеса выполняют как дисковыми, так и бездисковыми. На большинстве грузовых автомобилей и тракторах устанавливают дисковые колеса. Дисковое колесо (рис. 97, а) состоит из диска 7, обода 6 и пневматической шины.



Диск выполняют с вырезами для уменьшения массы, удобства монтажа и облегчения доступа к вентилю камеры. Диски укрепляют на ступицах, устанавливаемых у направляющих колес на поворотных кулаках и у ведущих колес на кожухах полуосей.

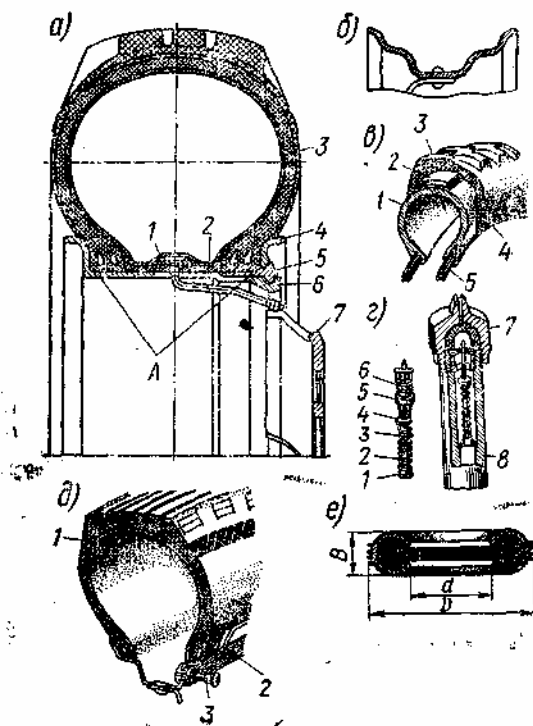


Рис. 97. Колеса и шины

Шины по конструкции разделяются на камерные, бескамерные и арочные, а по величине внутреннего давления воздуха — на высокого давления (490—690 кПа), низкого давления (145—490 кПа) и сверхнизкого давления (50—175 кПа).

**Камерная шина** (рис. 97, а) состоит из покрышки 3, резиновой камеры 1 и ободной ленты 2.

**Покрышка** служит для защиты камеры от повреждений и сцепления колеса с дорогой. Она (рис. 97, в) состоит из каркаса 1, протектора 3, брекера (подушечного слоя) 2, боковины 4 и борта 5 с сердечником. Каркас изготавливают из нескольких слоев прорезиненной ткани (корда), между которыми размещены тонкие пластины резины.

**Протектор** изготавливают из толстой высокопрочной резины. На внешней поверхности протектора имеется рисунок для улучшения сцепления шины с дорогой.

**Обод**, соединенный с диском 7 заклепками или сваркой, предназначен для установки на нем шины. Ободы бывают глубокие и плоские. Глубокий обод (рис. 97, б) неразборный, применяется на колесных тракторах и автомобилях малой грузоподъемности. Плоский обод (рис. 97, а) выполняют обычно разборным со съемным бортовым кольцом 4, которое удерживается на ободе разрезным замочным кольцом 5. В ободе имеется отверстие для прохода вентиля. Для плотного прилегания шины к ободу кольцо 3 и обод имеют конусные полки А.

**Пневматическая шина** служит для смягчения толчков и ударов при движении машины по неровной дороге, а также для лучшего сцепления колес с поверхностью дороги.

**Брекер**, состоящий из нескольких слоев редкого корда и расположенный между каркасом и протектором, служит для смягчения ударов.

**Боковина** — поверхностный слой резины, предохраняющий каркас от попадания влаги и механических повреждений.

**Борт** предназначен для крепления покрышки на ободе. Внутри борта расположены кольца стальной проволоки, обернутые лентой из прорезиненной ткани.

**Камера** представляет собой замкнутое резиновое кольцо с вентилем, расположенное внутри покрышки и заполненное сжатым воздухом.

**Вентиль** предназначен для заполнения и сохранения воздуха в камере. Он может быть металлическим или резинометаллическим. На рис. 97, г показан металлический вентиль, предназначенный для камер грузовых автомобилей. Он состоит из трубчатого корпуса 8, плотно прикрепленного к камере, золотника и колпачка 7, защищающего вентиль от загрязнения. Золотник состоит из стержня 2, ниппеля 6, втулки 5 с коническим резиновым уплотнителем, пружины 3, направляющего колпачка 1 и клапана 4. Ниппель 6 и втулка 5 свободно надеты на стержень, который с обоих концов расклепан. Корпус 8 в верхней части имеет резьбу для ниппеля 6 и коническую фаску для втулки 5. При завинчивании ниппеля 6 втулка 5 плотно прилегает к фаске корпуса, а клапан 4 прижимается к торцу втулки 5 пружиной 3, препятствуя выходу воздуха из камеры. Для выпуска воздуха из камеры необходимо отвернуть колпачок 7 и его выступом нажать на стержень 2, заставляя клапан 4 открыться.

Вентиль тракторной камеры приспособлен для заправки камеры балластной жидкостью.

**Ободная лента** — резиновая кольцевая прокладка, расположенная между камерой и ободом и предназначенная для предохранения камеры от повреждений.

**Бескамерная шина** (рис. 97, д) состоит только из покрышки. Покрышка бескамерной шины в отличие от камерной имеет герметизирующий резиновый слой 1 толщиной 2—3 мм на внутренней поверхности и уплотнительный бортовой слой 2. У бескамерных шин обод колеса должен быть герметичным и иметь наклонные полки. Вентиль 3 у этих шин устанавливают в ободе колеса с помощью двух резиновых уплотнительных прокладок. Бескамерные шины по сравнению с камерными имеют меньшую массу, лучше охлаждаются ободом колеса (что повышает их долговечность) и представляют меньшую опасность в движении при проколе. Такие шины устанавливают на некоторых автомобилях и тракторах.

**Арочные шины** бескамерного типа устанавливают на задних колесах автомобиля на специальном ободе. Они имеют широкий профиль и низкое давление воздуха, что обеспечивает хорошую проходимость автомобиля при движении по плохим дорогам.

Автомобильные и тракторные шины направляющих колес относятся к шинам низкого давления, а тракторные шины ведущих колес — к шинам сверхнизкого давления.

Размеры шин низкого давления обозначают двумя цифрами. Первая означает ширину  $B$  профиля (рис. 97, *e*) в дюймах, а вторая после тире — диаметр  $d$  обода колеса в дюймах (например 9,00—20). Шины высокого давления обозначают тоже двумя цифрами: первая — внешний диаметр покрышки  $D$  в дюймах, а вторая после знака умножения — ширина  $B$  ее профиля в дюймах. Размер шины указывают на боковине покрышки.

### § 121. Установка управляемых колес

Чтобы обеспечить устойчивое движение автомобиля (трактора), облегчить управление и уменьшить износ шин, управляемые колеса и шкворни поворотных кулаков устанавливают не вертикально, а с некоторым наклоном в поперечной и продольной плоскостях. Установка управляемых колес характеризуется: углом поперечного наклона шкворня, углом продольного наклона шкворня, углом развала колес и углом схождения колес.

Угол поперечного наклона шкворня  $\beta$  (рис. 98, *a*) обеспечивает уменьшение расстояния от точки пересечения геометрической оси шкворня с дорогой до точки опоры колеса, т. е. уменьшает плечо поворота. Уменьшение плеча поворота облегчает управление машиной. Благодаря поперечному наклону шкворня при повороте рулевого колеса колесо автомобиля (трактора) поднимает шкворень и от этого передняя часть машины поднимается немного вверх. Масса же приподнятой части машины воздействует на шкворень, стремясь опустить его вниз, и этим способствует возвращению колес в исходное положение. В зависимости от конструкции поворотных кулаков на автомобилях (тракторах) устанавливают угол  $\beta = 4 \div 8^\circ$ .

Угол продольного наклона шкворня  $\gamma$  (рис. 98, *b*) обеспечивает устойчивость управляемого колеса. При наличии угла  $\gamma$  геометрическая ось шкворня пересекается с дорогой впереди точки опоры колеса. Благодаря этому при повороте машины возникает реакция центро-

бежной силы, которая стремится вернуть колеса в исходное положение. Угол  $\gamma = 0 \div 3^\circ$ .

Угол развала колес  $\alpha$  (рис. 98, *a*) создается соответствующим наклоном оси поворотного кулака вниз. При наличии угла развала колес силы реакции дороги от массы машины, возникающие при движении автомобиля (трактора), передаются на внутренний подшипник ступицы колес. Этим достигается уменьшение нагрузки на наружный подшипник и, следовательно, облегчается поворот колес. У различных машин угол  $\alpha = 0 \div 2^\circ$ .

Угол схождения колес обычно определяют в миллиметрах по разности расстояний  $A$  и  $B$  (рис. 98, *b*) между краями ободов сзади и спереди. Схождение колес обеспечивает прямолинейное движение их при наличии развала, зазоров в шкворнях, тягах и подшипниках колес. Величина сходимости колес у различных машин 2—12 мм и регулируется изменением длины поперечной тяги рулевого управления.

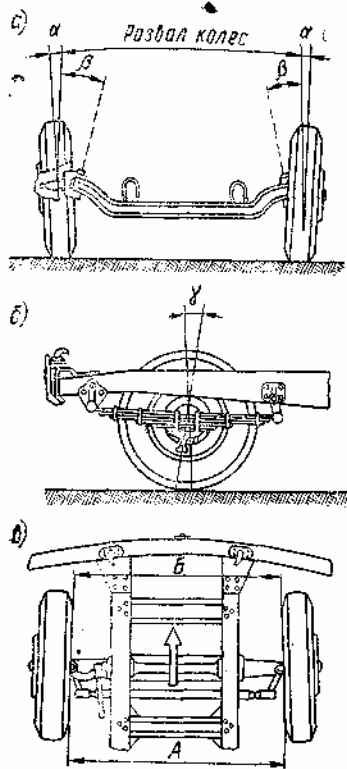


Рис. 98. Установка управляемых колес

### § 122. Гусеничный движитель

Гусеничный движитель служит для приведения трактора в движение и восприятия на себя массы трактора. Движитель (рис. 99) состоит из ведущего колеса (звездочки) 5, гусеничной цепи 4, направляющего колеса 2 с натяжным устройством, опорных 3 и поддерживающих 1 катков.

Ведущее колесо, предназначенное для перематывания гусеничной ленты, состоит из ступицы и зубчатого венца.

Гусеничная цепь служит для преобразования вращательного движения ведущих колес в поступательное движение трактора. Она представляет собой замкнутую металлическую цепь, состоящую из звеньев — траков, шарнирно соединенных между собой с помощью пальцев. Гусеничная цепь (рис. 99) охватывает ведущее 5 и направляющее 2 колеса, опорные 3 и поддерживающие 1 катки. Внешняя поверхность гусеничной цепи имеет почвозацепы — шпоры, которые создают необходимое сцепление цепи с грунтом. Внутренняя поверхность цепи образует металлический рельсовый путь.

Гусеничные цепи выполняют как с составными, так и с цельными звеньями. Составное звено гусеницы (рис. 100, *a*) состоит из двух штампованных рельсов 1 и башмака 2, соединенных болтами 3. Рельсы имеют два обработанных отверстия для запрессовки втулки 5 и пальца 4, с помощью которых соединяются между собой звенья гусеницы. На нижней части башмака имеется шпора.

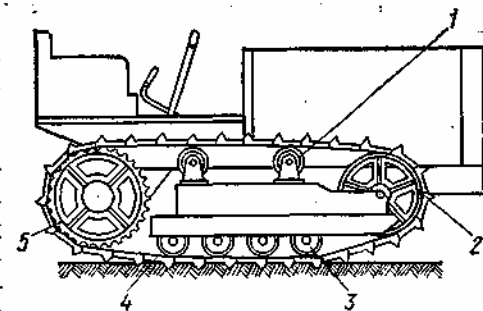


Рис. 99. Схема гусеничного движителя

Гусеницы с составными звеньями применяют на тракторах Т-100, ДЭТ-250 и др.

Цельное звено гусеницы (рис. 100, б) представляет собой фасонную отливку, имеющую семь проушин 6 для соединения соседних звеньев пальцами 3. Средняя проушина 4 расширена и имеет утолщение — цевку для зацепления с зубьями ведущего колеса. Звено имеет гладкие внутренние поверхности 5, ограниченные гребнями 1. Внутренняя поверхность 5 служит беговой дорожкой для опорных катков, а гребни удерживают катки от боковых сдвигов. На наружной стороне звена имеется шпора 2. Гусеницы с цельными звеньями применяют на тракторах Т-180, ДТ-75 и др. Гусеница с цельными звеньями по сравнению с составными более проста по конструкции и технологии изготовления, имеет меньшую массу, но менее долговечна.

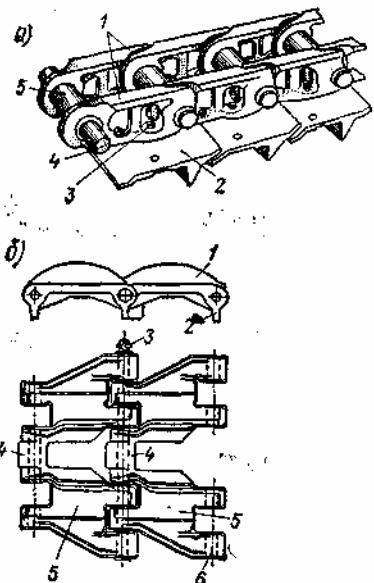


Рис. 100. Типы гусениц

Направляющее колесо и натяжное устройство предназначены для направления движения гусеничной цепи, ее натяжения и амортизации гусеничного движителя. Натяжные устройства на тракторах применяют как кривошипного, так и пользункового типа. Натяжное устройство с кривошипом обеспечивает перемещение направляющего колеса по дуге круга. Такое устройство применяют на тракторах с эластичной подвеской (Т-180, ДТ-75 и др.). Натяжное устройство с ползунами, обеспечивающее поступательное перемещение направляющего колеса, применяют на тракторах с полужесткой подвеской.

В качестве примера рассмотрим конструкцию и принцип действия направляющего колеса и натяжного устройства трактора ДТ-75. Направляющее колесо (рис. 101, а) состоит из двух ободьев 13, соединенных пятью болтами со ступицей 15 колеса. Каждый обод соединен дополнительно со ступицей двумя штифтами 14. Ступица 15 установлена на двух конических роликовых подшипниках 7 и 8 на нижней оси кривошипа 4. Верхняя ось кривошипа 4 установлена в скользящих подшипниках-втулках 3, запрессованных в передний брус рамы 2 трактора. Ось кривошипа 4 фиксируется гайкой 1. Ступица 15 с внешней стороны закрыта крышкой 9 с отверстием. Внутренняя полость ступицы уплотнена торцевым сальником, состоящим из корпуса 6 с наружным уплотнительным щитком 16, двух притертых колец — неподвижного 20 и вращающегося 21 — и внутреннего щитка 5. Кольцо 20 запрессо-

вано в корпусе 6 и удерживается от вращения резиновым кольцом 17. Кольца 20 и 21 прижаты друг к другу пружиной 19, помещенной в резиновом чехле 18. Подшипники регулируют гайкой 10. Масло для смазки подшипников колеса заливают через отверстие

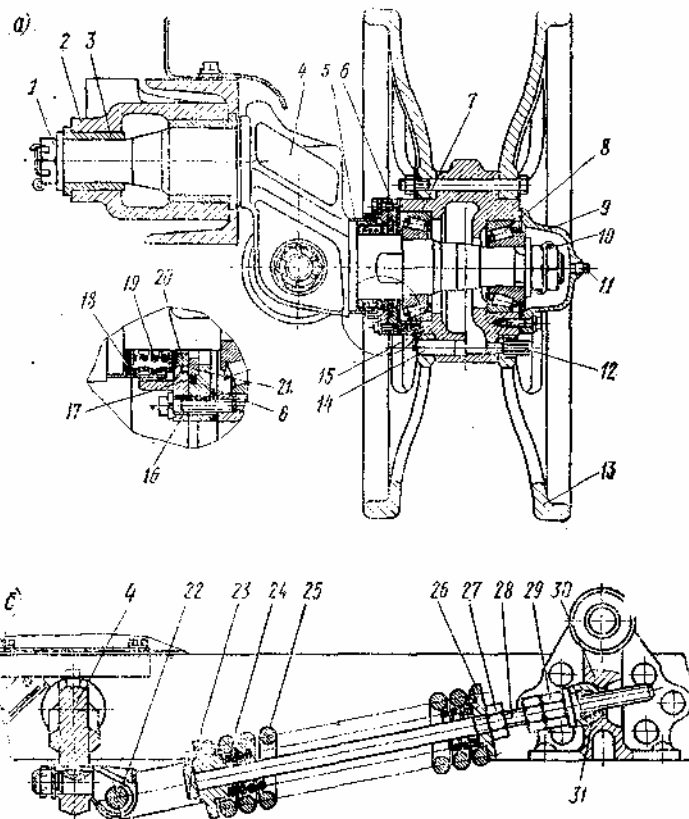


Рис. 101. Направляющее колесо и натяжное устройство трактора ДТ-75

в ступице 15, закрываемое пробкой 12. Уровень масла в полости ступицы определяется через отверстие в крышке 9, закрываемое пробкой 11.

Натяжное устройство (рис. 101, б) состоит из вилки 23, натяжного винта 28 с гайкой 27, внутренней 24 и наружной 25 пружин амортизатора, подвижного упора 26, регулировочной гайки 29 и шаровой опоры 31. Вилка 23 присоединена шарнирно к ушку 22, которое закреплено в кривошипе 4. В вилке 23 установлен натяжной винт 28 с головкой на переднем конце. На винт 28 надеты пружины 24 и 25, которые передними концами упираются в пояски вилки 23, а задними — в упор 26 и затягиваются на винте 28 гай-

кой 27. На конец винта 28 навернута регулировочная гайка 29, хвостовик которой установлен в шаровой опоре 31, входящей в сферическую выемку кронштейна 30 рамы трактора.

Регулировочная гайка закреплена контргайкой. Натяжение гусеничной цепи регулируют вращением гайки 29. При свертывании гайки 29 ее хвостовик, упираясь в шаровую опору 31, перемещает натяжной винт 28, который через вилку 23 поворачивает кривошип 4 и перемещает направляющее колесо вперед, увеличивая натяжение гусеницы.

Натяжное устройство с помощью пружин 24 и 25 обеспечивает амортизацию натяжного колеса, смягчая удары при наезде трактора на препятствия.

**Опорные катки** служат для передачи массы трактора через гусеницы на грунт и для перекачивания остова трактора по гусеничной цепи.

Опорные катки на тракторах применяют как литые, так и штампованные, с ребрами и без них. Оси катков выполняют неподвижными и вращающимися вместе с катком.

Опорный каток тракторов ДТ-75 и других состоит из двух роликов 1 (рис. 102, а), закрепленных с помощью шпонок и гаек на оси 8. Ось 8 вращается в двух конических роликовых подшипниках 12, внешние обоймы которых установлены в отверстиях балансира 13. Подшипники 12 уплотнены торцевыми сальниками. Каждый сальник состоит из двух притертых колец: неподвижного 7 и вращающегося 5. Кольцо 7 запрессовано в корпусе 4 и удерживается от вращения резиновым кольцом 6. Кольца 7 и 5 прижаты друг к другу пружинной 2, которая помещена в резиновом чехле 3. К роликам катка приварены штампованные колпаки 15, которые вместе с корпусом 4 образуют лабиринт.

Зазор в подшипнике 12 между корпусом 4 и балансиром 13 регулируют прокладками 14. Подшипники 12 смазываются жидким маслом, которое поступает к ним через каналы 9 и 10. Горизонтальный канал 10 в оси 8 закрыт пробкой 11.

**Поддерживающие катки** служат для уменьшения провисания гусеничной цепи и ее бокового раскачивания при движении трактора. Поддерживающий каток трактора ДТ-75 и других состоит из кронштейна 12 (рис. 102, б), в который запрессована ось 11, и ролика 9. Кронштейн 12 присоединен к фланцу 13 рамы трактора болтами 1. Ролик 9 вращается на оси 11 на двух подшипниках 8 и 10. Роликовый подшипник 10 фиксируется на оси 11 стопорным кольцом 4, а шариковый подшипник 8 — гайкой 5. Подшипник 10 имеет торцевое 3 и лабиринтное 2 уплотнения, конструкция которых одинакова с уплотнениями опорных катков. Подшипник 8 закрыт крышкой 7, в которой имеется отверстие, закрываемое пробкой 6. Через отверстие в крышке 7 масло заливают для смазки подшипников катков.

**Принцип действия гусеничного движителя** следующий: при работе трактора ведущее колесо (звездочка) вращается и своими зубьями зацепляется за цевки гусеничной цепи, заставляя ее ле-

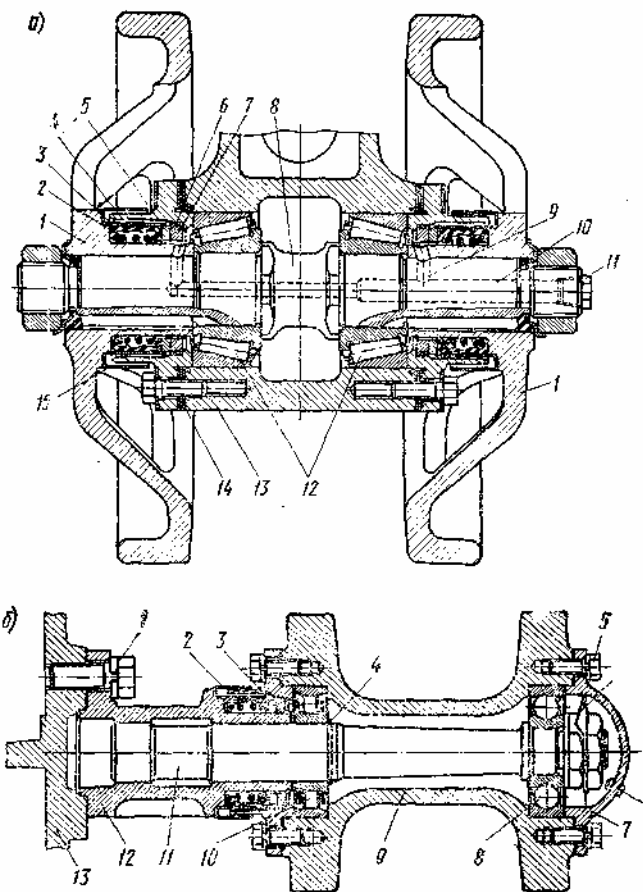


Рис. 102. Опорный и поддерживающий катки трактора ДТ-75

рематываться и расстилаться по ходу движения трактора на грунт, создавая рельсовый путь, по которому катятся опорные катки.

### § 123. Подвеска трактора

Подвеска служит для соединения остова с гусеничным движителем, передачи массы трактора на опорные катки и обеспечения плавного хода трактора. Подвески тракторов разделяются на два основных типа: полужесткие и эластичные.

В полужестких подвесках (рис. 103, а) оси опорных катков и натяжного колеса 2 с амортизирующим устройством 1 устанавливают на раме гусеницы 6, которая задней частью закреплена шарнирно в точке 4 на остова трактора, а спереди соединена с остовам

при помощи рессоры или пружины 3. Ось качения 4 рамы гусеницы относительно остова совпадает с осью ведущих колес 5 или располагается спереди нее. Полуэластичные подвески применяют на тракторах Т-100, Т-130 и др.

В эластичных подвесках оси опорных катков соединяются с остовом трактора при помощи рессор, пружин и рычагов. Эластичные подвески подразделяют на независимые и балансирующие. У независимой подвески каждый опорный каток имеет отдельную упругую связь с остовом, а у балансирующей два или группа опорных катков соединены с остовом с помощью упругой связи. Наибольшее применение на тракторах получили эластичные балансирующие подвески. В балансирующих подвесках (рис. 103, б) оси опорных катков 1 соединены системой балансиров 3 и упругим элементом (пружиной) 4 в так называемые каретки. Каждая каретка соединена с остовом трактора шарнирно на оси 2. Такие подвески применяют на тракторах Т-180, ДТ-75 и др.

Эластичная подвеска по сравнению с полужесткой обеспечивает лучшую плавность хода при движении трактора на повышенных скоростях.

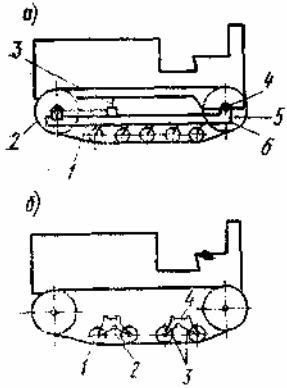


Рис. 103. Типы подвесок гусеничных тракторов

## § 124. Неисправности ходовой части автомобилей, тракторов и техническое обслуживание

К числу основных неисправностей ходовой части автомобилей и колесных тракторов относятся: погнутость рамы и ослабление заклепок, износ шкворней, износ подшипников ступиц колес и шин, поломка или потеря упругости рессор, износ рессорных пальцев или их втулок, течь амортизационной жидкости, искривление диска или обода колеса, понижение давления в шинах.

Основная неисправность ходовой части гусеничных тракторов — сход гусеничной цепи. Причинами схода гусеничной цепи могут быть ослабление натяжения цепи, попадание между цепью и роликом крупных твердых предметов и большой износ звеньев цепи, роликов катков, ведущих и натяжных колес. Указанные неисправности можно предупредить, если своевременно проводить техническое обслуживание (уходы) и устранять возникающие неполадки.

Уход за ходовой частью автомобилей и колесных тракторов состоит в проверке и регулировке подшипников ступиц передних и задних колес, смазке рессор, подшипников и других деталей подвески, проверке герметичности амортизаторов, проверке креплений деталей ходовой части, проверке давления воздуха в шинах и очистке деталей ходовой части от грязи.

В процессе работы автомобиля или трактора происходит ослабление затяжки подшипников ступиц передних и задних колес. При слабой затяжке в подшипниках появляется большой зазор, который вызывает повышенный износ подшипников ступиц колес и шин. Поэтому следует своевременно проверять и регулировать подшипники ступиц колес. Проверять и регулировать подшипники ступиц задних колес автомобиля необходимо в такой последовательности: поднять домкратом заднее колесо в положение, при котором колесо свободно вращается, отвернуть гайки крепления фланца полуоси и вынуть ее. Затем проверить затяжку подшипников, опробовав легкость вращения колеса рукой. Если колесо вращается с заеданием, или при проворачивании колеса появляется заметный зазор, то это значит, что подшипники сильно или слабо затянуты и их необходимо отрегулировать.

Подшипники регулируют отвертыванием или заворачиванием регулировочной гайки. Подшипники передних колес проверяют и регулируют так же, как и задних колес.

Периодически (руководствуясь правилами технического ухода) следует смазывать рессоры, подшипники ступиц колес, шкворни поворотных кулаков, пальцы и втулки передней и задней подвесок.

Систематически следует проверять, нет ли течи амортизационной жидкости. В случае появления течи, которая не устраняется подтягиванием резервуара, необходимо заменить резиновый сальник штока.

Систематически следует проверять крепление деталей ходовой части и при необходимости подтягивать.

Ежедневно необходимо проверять шинным манометром давление воздуха в шинах и в случае недостаточного давления следует его поднять.

Систематически очищать детали ходовой части от грязи.

Уход за ходовой частью гусеничного трактора состоит в периодической проверке и регулировке натяжения гусеничной цепи, проверке креплений болтовых соединений, смазке подшипников и очистке механизмов от грязи.

В процессе работы трактора происходит ослабление натяжения гусеничной цепи. Работа трактора как со слабо натянутой гусеницей, так и с чрезмерно натянутой приводит к повышенным износам деталей гусеницы, поэтому следует своевременно проверять и регулировать натяжение гусеничной цепи. Натяжение гусеничной цепи проверяют и регулируют в такой последовательности: определяют правильность натяжения гусеничной цепи, для чего замеряют ее провисание в верхней части между поддерживающими катками. Для этого на пальцы звеньев, расположенных над поддерживающими катками, устанавливают линейку и замеряют расстояние от линейки до пальца наиболее провисшего звена. Если расстояние от линейки до пальца наиболее провисшего звена не соответствует допустимому (30—50 мм), то натяжение гусеничной цепи следует отрегулировать. Для регулировки необходи-

мо ослабить контргайку (рис. 101, б) регулировочной гайки 29 и, отвертывая гайку 29, перемещать кривошип 4 вперед.

Систематически следует проверять крепление всех болтовых соединений и при необходимости подтягивать.

Периодически (руководствуясь правилами технического ухода) необходимо смазывать подшипники опорных и поддерживающих катков и направляющих колес.

Систематически очищать механизмы ходовой части от грязи.

## Глава XXII

### МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

#### § 125. Рулевое управление автомобилей и колесных тракторов

Рулевое управление предназначено для изменения направления движения автомобиля или трактора посредством поворота управляемых колес. Левое и правое управляемые колеса должны поворачиваться на разные углы для того, чтобы избежать бокового скольжения колес при повороте автомобиля или трактора. Условием такого поворота является пересечение осей (их продолжения) всех колес в одной точке — в центре поворота. Это условие поворота без бокового скольжения колес выполняется при любом радиусе поворота благодаря рулевой трапеции (рис. 104, а), которую образуют балка переднего моста 4, поперечная рулевая тяга 9, правый 10 и левый 8 рулевые рычаги. Рулевые рычаги 8 и 10, жестко закрепленные на поворотных кулаках 3 и 6, соединены с балкой переднего моста 4 через шкворни 2 и 5, а с поперечной рулевой тягой 9 — шарнирами с шаровыми пальцами 1 и 7.

В тракторах с одним управляемым колесом или сближенными управляемыми колесами и в тракторах с шарнирной рамой (в которых колеса поворачиваются вместе с полурамой), а также в прицепах с общей поворотной тележкой управляемых колес условие поворота без бокового скольжения колес выполняется без рулевой трапеции.

Рулевое управление (рис. 104, а) состоит из рулевой трапеции, рулевого колеса 15, рулевого вала 14, рулевого механизма 13, рулевой сошки 12 и продольной тяги 11. К рулевому колесу водитель прикладывает усилие для поворота машины. Крутящий момент передается на рулевой механизм через рулевой вал, который на некоторых автомобилях и тракторах (ЗИЛ-130, МТЗ-50) сделан составным и заключен (на автомобилях) в рулевую колонку.

Рулевым механизмом служит для преобразования вращения рулевого вала в качательное движение сошки и снижения усилия, прикладываемого водителем к рулевому колесу. Рулевые механизмы подразделяют на червячные, винтовые, реечные и комбинированные. Червячные механизмы выполняются с передачей —

червяк и сектор, червяк и ролик, винт с гайкой и рейки с сектором. На автомобилях и тракторах большое распространение получили рулевые механизмы в виде глобоидального червяка с двух- или трехребренным роликом и в виде винта с гайкой и рейки с сектором.

Рулевым механизмом в виде глобоидального червяка с трехребренным роликом применяют на автомобилях ГАЗ-53. Он состоит из

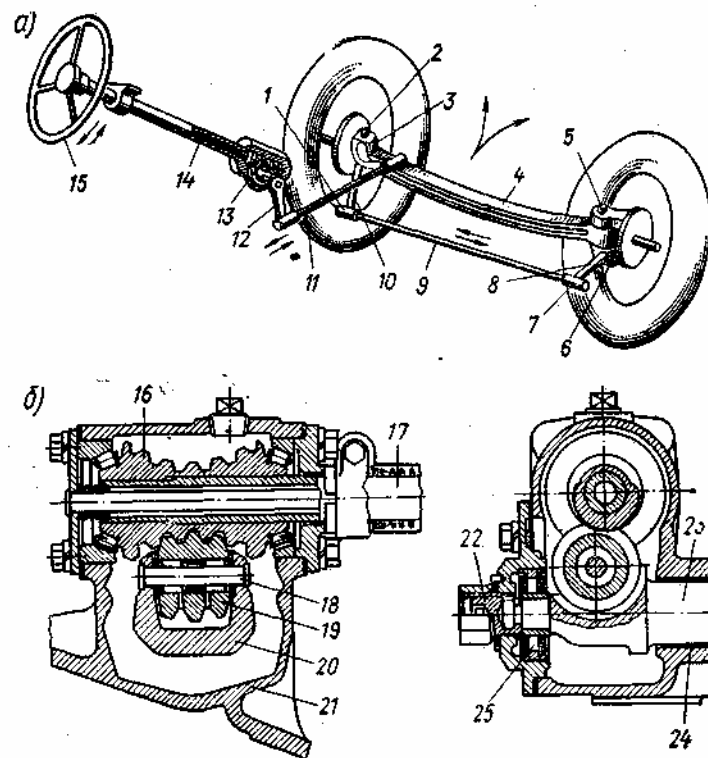


Рис. 104. Рулевое управление автомобиля

чугунного картера 21 (рис. 104, б), в котором расположены глобоидальный червяк (с вогнутой поверхностью) 16 и трехребренный ролик 19. Ролик 19 находится в зацеплении с червяком 16 и расположен на оси 18, закрепленной в вильчатом кривошипе 20 вала 23 сошки. Червяк 16 жестко соединен с рулевым валом 17 и установлен на двух конических роликоподшипниках. Ролик 19 вращается на двух игольчатых подшипниках. При вращении червяка 16 ролик 19 также вращается и одновременно перемещается по окружности, поворачивая вал 23 сошки. Вал 23 сошки вращается во втулке 24 и цилиндрическом роликоподшипнике 25.



У червяка толщина витков неодинакова — крайние витки тоньше, так как средние больше изнашиваются. Поэтому при повороте колес зазор в зацеплении ролика с червяком увеличивается. Зазор

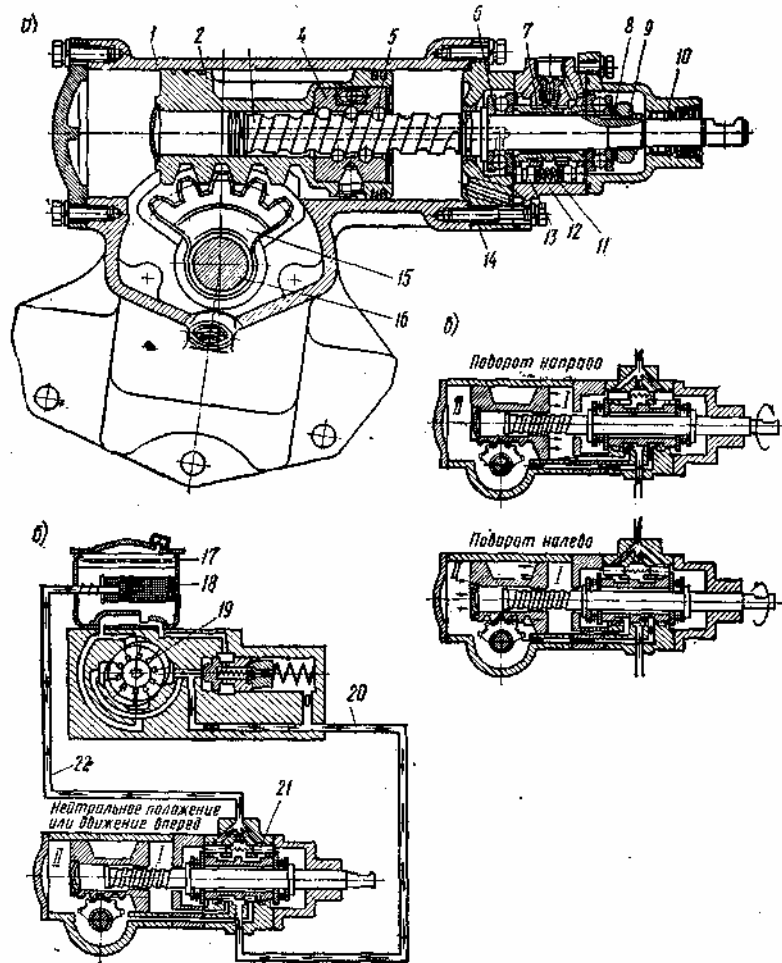


Рис. 105. Рулевой механизм с гидроусилителем автомобиля ЗИЛ-130

в зацеплении при прямом положении управляемых колес не должен выходить за допустимые для данной конструкции пределы, которые определяются по углу свободного поворота (люфту) рулевого колеса. При увеличении люфта зазор в зацеплении ролика с червяком подлежит регулировке. Для регулировки зацепления предусмотрен специальный винт 22, в паз которого входит хвостовик вала 23 сошки.

Рулевой механизм в виде винта с гайкой и рейки с сектором, а также с встроенным гидравлическим усилителем применен на автомобиле ЗИЛ-130 (рис. 105, а). Рулевой механизм состоит из цилиндра 1, рейки-поршня 2 с шариковой гайкой 4, винта 3 и зубчатого сектора 15, выполненного заодно с валом 16 сошки. Винт 3 соединен с рулевым валом коротким валом с двумя карданами. Сектор 15 находится в зацеплении с рейкой-поршнем 2. Для уменьшения трения на винте и шариковой гайке вместо обычной резьбы нанесены винтовые канавки, в которые заложены шарики 5. Выходы винтовой канавки на шариковой гайке соединены между собой желобом, по которому шарики выкатываются из канавки с одной стороны гайки и вкатываются в канавку с другой стороны. При вращении винта 3 шариковая гайка 4 с рейкой-поршнем 2 перемещаются в цилиндре 1, вызывая поворот сектора 15 с валом 16 сошки, а следовательно, и управляемых колес автомобиля.

Гидроусилитель служит для снижения усилия, которое следует приложить к рулевому колесу для поворота управляемых колес, поглощения ударов, передаваемых от дороги на рулевое колесо, и сохранения управляемости при проколе одной из шин управляемых колес. Он (рис. 105, а и в) состоит из цилиндра 1, рейки-поршня 2, масляного бака 17 с фильтром 18, лопастного насоса 19, маслораспределителя 21 и шлангов высокого 20 и низкого 22 давления.

Насос установлен на двигателе и приводится в действие клиновым ремнем от шкива, расположенного на носке коленчатого вала. Насос — двойного действия, т. е. имеет две полости нагнетания и две полости всасывания. В корпусе насоса установлены перепускной и предохранительный клапаны для поддержания потока и давления масла.

Маслораспределитель состоит из корпуса 12, который служит гильзой золотника, золотника 7, шести пар плунжеров 13 с пружинами 11. Золотник 7 закреплен на валу винта 3 между упорными шарикоподшипниками 6 гайкой 9 и пружинной шайбой 8. Золотник в среднем положении удерживается плунжерами 13. Внешние торцы плунжеров 13 упираются одним краем в обоймы подшипников 6, а другим краем — в крышки 14 и 10 маслораспределителя. В корпусе 12 имеются каналы: подводный масло к золотнику от насоса, отводящий масло от золотника к насосу и отводящие масло в наружную 11 и внутреннюю 1 полости цилиндра. К корпусу 12 присоединены шланги 20 и 22.

Принцип действия гидроусилителя рулевого управления показан на рис. 105, б. При прямолинейном движении автомобиля золотник находится в среднем (нейтральном) положении и масло, подаваемое насосом 19, проходит через кольцевые щели между корпусом 12 и золотником 7 и возвращается обратно в бак 17, минуя полости цилиндра 1.

При вращении рулевого колеса, например, вправо — по часовой стрелке — в результате повышенного сопротивления повороту



управляемых колес винт 3 и золотник 7 отходят назад (в сторону рулевого вала), преодолевая сопротивление пружин 11 плунжеров. При этом золотник соединяет внутреннюю полость I цилиндра с магистралью высокого давления, а наружную полость II — с магистралью низкого давления (см. рис. 105, в). Масло, поступающее из насоса во внутреннюю полость I цилиндра, давит на рейку-поршень 2, создавая дополнительное усилие на секторе вала сошки рулевого управления, и способствует повороту колес.

## § 126. Механизмы поворота гусеничных тракторов

Механизм поворота предназначен для изменения направления движения трактора путем отключения от силовой передачи одной из гусениц, в сторону которой следует повернуть трактор. На гусеничных тракторах большое распространение получили фрикционные и планетарные механизмы поворота.

Фрикционный механизм поворота состоит из двух многодисковых муфт сцепления, называемых бортовыми фрикционами. Бортовыми фрикционами оборудованы тракторы Т-100 и др.

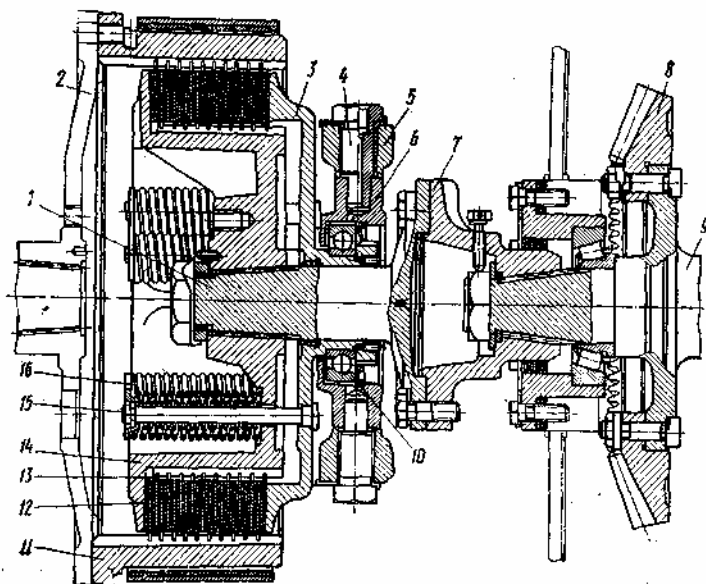


Рис. 106. Бортовой фрикцион трактора Т-100

Бортовой фрикцион трактора (рис. 106) состоит из ведущих и ведомых частей, силового элемента и механизма управления. Он установлен на полуоси 1, соединенной с фланцем 7, который расположен на шлицевом конце вала 9 конической ведомой шестерни 8 главной передачи.

Ведущие части фрикциона: полуось 1, ведущий барабан 14, ведущие диски 13 и нажимной диск 3. Ведущий барабан 14 установлен на конусный шлицевой хвостовик полуоси 1. На наружной поверхности барабана 14 имеются зубья, на которые надеты десять ведущих стальных дисков 13 с внутренними зубьями. Нажимной диск 3 свободно посажен на полуось 1. В нажимном диске жестко закреплены шпильки 15, которые свободно проходят в ведущем барабане 14.

Ведомые части фрикциона: ведомый барабан 11 и ведомые диски 12. Ведомый барабан 11 крепят к боковому фланцу 2, надетому на вал шестерни конечной передачи. На внутренней поверхности барабана 11 имеются зубья, на которые надеты десять ведомых стальных дисков 12 с наружными зубьями. Ведомый барабан охватывает тормозная лента. К каждому ведомому диску прикреплены с обеих сторон накладки из фрикционного материала. Ведомые диски находятся между ведущими дисками и не имеют связи с ведущим барабаном.

Силовым элементом являются восемь двойных пружин 16, которые надеты на шпильки 15.

Механизм управления состоит из отводки 6, рычага отводки 5, системы рычагов и тяг. Рычаг 5 соединен с отводкой 6 пальцем 4.

При движении трактора по прямой оба главных рычага управления опущены. В этом случае, рычаг 5 отводки под действием пружин 16 отклонен влево. Пружины 16 через шпильки 15 и нажимной диск 3 сжимают ведущие и ведомые диски и фрикцион остается включенным. При сжатии дисков между ними возникает сила трения и вращение ведущего 14 и ведомого 11 барабанов происходит с одинаковой скоростью.

При повороте трактора, например налево, следует переместить левый главный рычаг назад. При этом рычаг 5 через подшипник 10 отводит нажимной диск 3 от ведущего барабана 14 и фрикцион выключается.

У трактора Т-100 механизм управления имеет гидроусилитель, который облегчает выключение фрикционов.

Планетарный механизм поворота состоит из двух симметрично расположенных одинаковых планетарных механизмов; один предназначен для управления левой гусеницей, второй — правой. Планетарные механизмы поворота применены на тракторах ДТ-75, Т-140 и др.

Планетарный механизм (рис. 107) собран в цилиндрической коробке 13, которая установлена на подшипниках в корпусе заднего моста. Внутри коробки 13 имеются две цилиндрические коронные шестерни 12, находящиеся в постоянном зацеплении с сателлитами 8, которые в свою очередь находятся в зацеплении с солнечной шестерней 9. Сателлиты 8 свободно сидят на осях 10, закрепленных на водиле 11. Солнечная шестерня 9 соединена с тормозным барабаном 15. Водило 11 связано с полуосью 16, на которой установлены тормозной барабан 17 и ведущая шестерня ко-

нечной передачи. К коробке 13 прикреплена ведомая шестерня 14 главной передачи.

Работа планетарного механизма управляется ленточными тормозами, привод которых осуществляется педалями 5 и рычагами 6.

При движении трактора по прямой педали 5 и рычаги 6 отпущены. В этом случае тормозные барабаны полуосей свободны, а тормозные барабаны 15 затянута лентами 1 с помощью стяжных

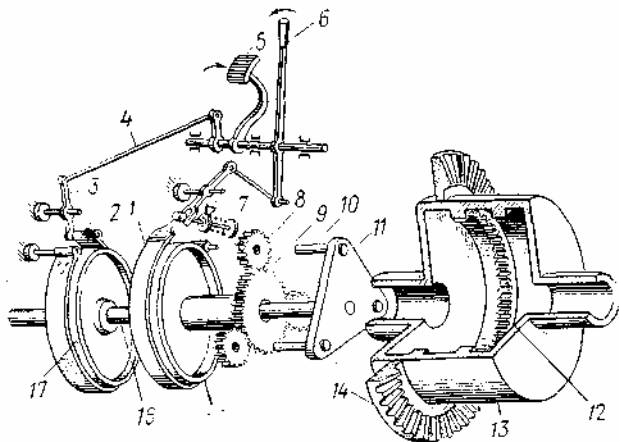


Рис. 107. Планетарный механизм поворота

пружин 7 и вместе с солнечными шестернями неподвижны. Шестерня 14 главной передачи вращает коробку 13, которая коронными шестернями 12 приводит во вращение сателлиты 8. Сателлиты, вращаясь вокруг своих осей 10 и обкатываясь вокруг неподвижной солнечной шестерни 9, передают вращение водилам 11, водила — полуосям 16 и от них через конечную передачу — ведущим звездочкам.

При повороте трактора, например налево, необходимо рычаг 6 управления левым тормозом переместить на себя, что приведет к растормаживанию тормоза, и солнечная шестерня 9 освободится. При этом сателлиты 8 начинают вращать солнечную шестерню 9 в сторону, противоположную направлению вращения водила 11. Усилие на водило не передается и оно вместе с полуосью 16 останавливается (левая гусеница отключается). Правая гусеница продолжает движение и поворачивает трактор. Чтобы круто повернуть трактор, нужно нажать на педаль 5 левого тормоза. В этом случае тяга 4 повернет рычаг 3 и тормозной барабан 17 будет затянута лентой 2, в результате чего полуось 16 остановится.

## § 127. Тормозные системы автомобилей и тракторов

Тормозная система предназначена для уменьшения скорости движения и быстрой остановки автомобиля или трактора, движущихся по инерции или под уклон, а также для удержания их на

месте. У гусеничных тракторов тормозная система, кроме того, обеспечивает крутой поворот трактора. На автомобилях и тракторах-тягачах устанавливают две независимые тормозные системы — основную и вспомогательную. Основную (рабочую) систему используют при движении автомобиля (трактора-тягача) и приводят в действие педалью (ножным тормозом). Вспомогательную (стояночную) систему используют на стоянке или в случае отказа основной системы ее приводят в действие рычагом (ручным тормозом).

Тормозная система состоит из тормозов, служащих для замедления вращения колес или одного из валов силовой передачи, и тормозного привода, приводящего в действие тормоза.

Тормоза для остановки автомобилей и тракторов-тягачей располагают на всех колесах (колесные тормоза) для того, чтобы не нагружать силовую передачу тормозным моментом. Тормоза для остановки тракторов располагают на валах силовой передачи — обычно перед конечной передачей (центральные тормоза), где тормозной момент меньше, чем на колесах, и тормоз может быть соответственно меньшим. Тормоза для удержания на месте автомобилей и тракторов-тягачей устанавливают на валах силовой передачи — обычно за коробкой передач (центральные тормоза).

Тормоза по конструкции деталей, производящих торможение, подразделяют на колодочные, дисковые и ленточные, а по принципу действия — на одно- и двусторонние.

**Колодочные тормоза** барабанного типа двустороннего действия с внутренним расположением колодок широко применяют на автомобилях в качестве колесных и центральных тормозов. Рассмотрим конструкцию и принцип действия колодочного тормоза заднего колеса автомобиля ЗИЛ-130. Тормоз (рис. 108, а) состоит из двух стальных колодок 3 с приклепанными (или приклеенными) фрикционными накладками 4. Колодки 3 помещены внутри тормозного барабана 5, вращающегося вместе с колесом. Колодки 3 не вращаются, они шарнирно укреплены концами на эксцентриковых пальцах 6 опорного тормозного диска 7, который неподвижно крепится к фланцу балки заднего моста. Другие концы колодок прижимаются к разжимному кулаку 1 пружиной 2. При торможении колодки 3 раздвигаются кулаком 1 и прижимаются к внутренней поверхности барабана 5. При прекращении торможения пружины 2 отводят колодки от барабана 5.

**Дисковые тормоза** устанавливают на колесные тракторы в качестве центрального тормоза. Рассмотрим конструкцию и принцип действия дискового тормоза трактора МТЗ-50. Тормоз (рис. 108, б) состоит из двух ведущих дисков 11 с фрикционными накладками, двух нажимных дисков 6 с лунками, в которых помещены пять шариков 5, кожуха 10 и крышки 7. Диски 11 расположены на шлицевых хвостовиках 8 ведущих шестерен конечных передач. При торможении нажимные диски 6, раздвигаясь шариками 5, прижимают ведущие диски 11 к неподвижным поверхностям кожуха 10 и крышки 7 и затормаживают шлицевой хвостовик ведущих шестерен конечных передач. Перемещение нажимных дисков 6 в сторо-

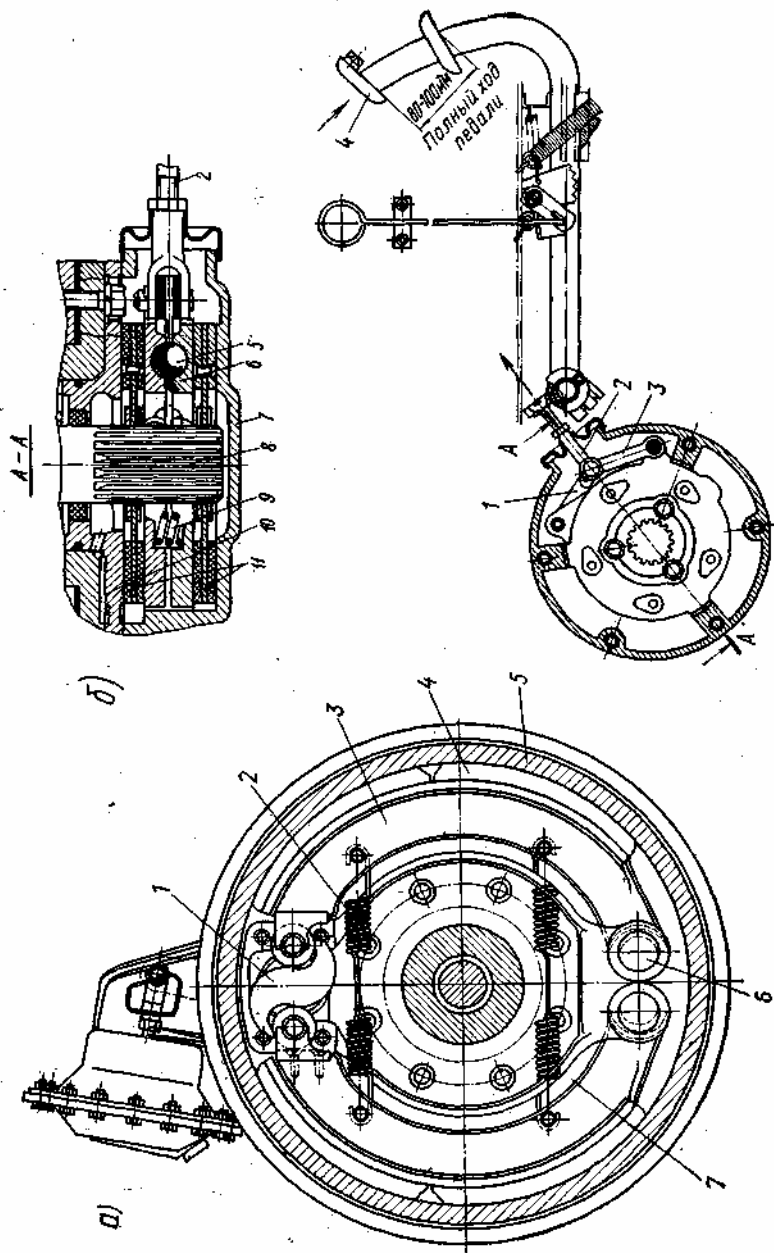


Рис. 108. Тормоза

ну ведущих дисков 11 происходит вследствие того, что при нажатии на тормозную педаль 4 тяга 2 перемещается в направлении стрелки и через рычаги 1 и 3 поворачиваются диски 6 в противоположные стороны, вызывая их разжатие в результате выкатывания шариков 5 из лунок. При прекращении торможения пружины 9 возвращают диски 6 в исходное положение.

**Ленточные тормоза** одно- или двустороннего действия устанавливаются на гусеничные тракторы. В тормозах тормозные барабаны охватываются стальными лентами, к которым прикреплены фрикционные накладки. Торможение осуществляется затяжкой ленты.

**Тормозной привод** служит для приведения в действие тормоза, расположенного на колесе или на одном из валов силовой передачи. Тормозные приводы разделяют на механические, гидравлические и пневматические.

**Механический привод** представляет собой систему тяг и рычагов, соединяющую ножную педаль или ручной рычаг с тормозами. Механический привод от рычага применяют только для центральных стояночных тормозов.

**Гидравлическим приводом** называют такой привод, в котором усилие от педали к тормозу передается через жидкость. Он

(рис. 109) состоит из главного тормозного цилиндра 13 с резервуаром 8 для тормозной жидкости, колесных тормозных цилиндров 5, педали 10 и магистрали, состоящей из трубопроводов 2, 3 и 11. Вся система привода заполнена тормозной жидкостью. При нажатии на педаль 10 шток 9 перемещает поршень 12, который вытесняет жидкость из главного цилиндра 13 по трубопроводам 2, 3 и 11 к тормозным цилиндрам 5. Под давлением жидкости поршни 4 и 7 раздвигаются и через опорные стержни передают тормозные усилия колодкам 1 и 14, которые фрикционными накладками прижимаются к тормозному барабану, вызывая торможение колес. После прекращения нажатия на педаль 10 колодки 1 и 14, находящиеся на неподвижной оси 15, под действием пружин 6 отходят от барабана и возвращают поршни 4 и 7 в исходное положение, вытесняя жидкость обратно в главный тормозной цилиндр 13, а из него частично в резервуар 8.

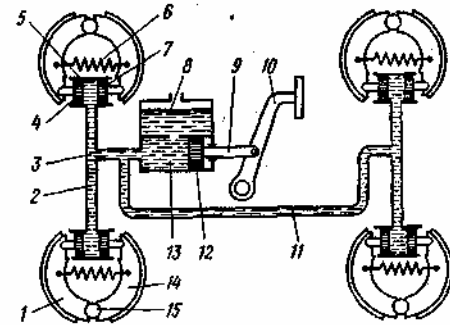


Рис. 109. Схема гидравлического привода тормозов

**Пневматическим приводом** называют такой привод, в котором для приведения в действия тормозов используют давление сжатого воздуха. Он применяется на автомобилях средней и большой грузоподъемности, а также на тракторах-тягачах, рассчитанных на работу с прицепами. На рис. 110 показана схема пневматического

привода тормозов автомобиля ЗИЛ-130. Пневматический тормозной привод состоит из компрессора 6 с регулятором 10 давления, баллонов 8, комбинированного тормозного крана 16, колесных тормозных камер 5, манометра 11, педали 9, предохранительного клапана 19, крана 18 для выпуска конденсата, крана 12 отбора возду-

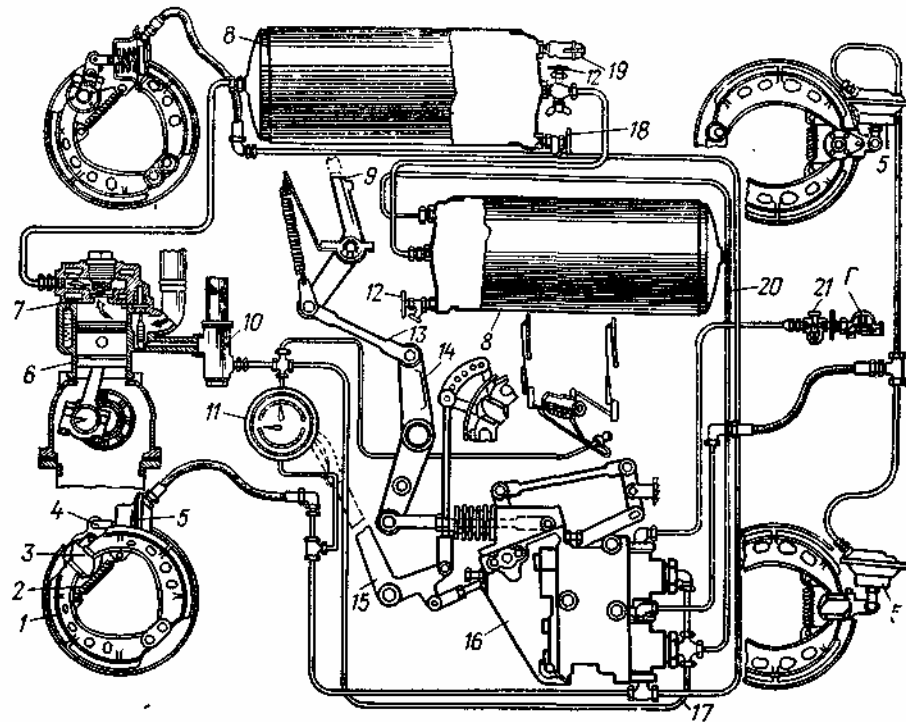


Рис. 110. Схема пневматического привода тормозов автомобиля ЗИЛ-130

ха, разобщительного крана 21, соединительной головки Г и трубопроводов 17 и 20.

Компрессор установлен на головке цилиндров двигателя и приводится в действие клиновидным ремнем от шкива вентилятора. Воздух, сжимаемый компрессором, через нагнетательный клапан 7 поступает в один из воздушных баллонов 8. На баллоне 8 установлен клапан 19, который предохраняет воздушную систему от повышения давления в случае неисправности регулятора 10 давления. Каждый баллон снабжен краном 18 для выпуска конденсата. Воздух из второго баллона по трубопроводу 20 поступает в тормозной кран 16, а также по трубопроводу 17 — в регулятор давления.

Комбинированный тормозной кран 16 включает в себя две параллельные системы: верхнюю — для торможения прицепа и нижнюю — для торможения автомобиля. На тормозной кран 16 пере-

дается механическое воздействие от тормозной педали 9 через тягу 13 и рычаг 14 и от рычага управления центрального (стояночного) тормоза 15 через систему тяг и рычагов.

При нажатии на педаль 9 сжатый воздух из баллона через тормозной кран 16 поступает к тормозным камерам 5, где воздействует на диафрагму, которая, выгибаясь, перемещает соединенный с ней шток 4 камеры. Шток 4 поворачивает разжимной кулак 3, который прижимает тормозные колодки 1 к барабану.

При отпускании педали воздух выпускается в атмосферу из тормозных камер 5 и колодки 1 под действием пружин 2 оттягиваются от барабана в исходное положение.

### § 128. Неисправности механизмов управления и техническое обслуживание

Основная неисправность рулевого управления — увеличенный свободный ход рулевого колеса. Признаки увеличенного свободного хода рулевого колеса: затрудненное управление автомобилем (трактором), плохая устойчивость движения машины. Причинами увеличенного свободного хода рулевого колеса могут быть износ деталей рулевого управления, ослабление крепления картера рулевого механизма, рычагов и пальцев привода.

К числу основных неисправностей тормозной системы относятся: слабое торможение, неравномерность торможения левых и правых колес и заедание тормозов (самопроизвольное заклинивание). Признак слабого торможения — большая величина тормозного пути.

Причинами слабого торможения могут быть износ фрикционных накладок тормозных колодок и барабанов, вследствие чего изменяется величина свободного хода педали тормоза; неисправность компрессора пневматического привода; попадание воздуха в систему гидравлического привода; утечка жидкости в результате неплотностей в соединениях.

Признаком неравномерности торможения левых и правых колес — занос автомобиля. Причинами неравномерности торможения колес могут быть неправильная регулировка зазоров между тормозными барабанами и накладками, разное давление в шинах колес.

Признаком заедания тормозов — притормаживание колес при отпущенной педали. Причинами заедания тормозов при гидравлическом приводе могут быть разбухание манжет главного или колесных цилиндров в результате применения некачественной тормозной жидкости; неправильная величина свободного хода педали тормоза. Причинами заедания тормозов при пневматическом приводе могут быть отсутствие или недостаточная величина свободного хода педали тормоза, неисправность крана управления.

Указанные неисправности рулевого управления и тормозной системы можно предупредить, если своевременно проводить техническое обслуживание за ними и устранять возникающие неполадки.

**Уход за рулевым управлением** состоит в проверке и регулировке свободного хода рулевого колеса, проверке креплений деталей рулевого управления и смазке рулевого управления.

Проверяют свободный ход рулевого колеса автомобиля (трактора) в такой последовательности. Устанавливаются управляемые колеса в среднее положение, соответствующее прямолинейному движению, и укрепляют люфтомер на рулевой колонке. Поворачивают без особого усилия рулевое колесо вновь до упора и устанавливают стрелку люфтомера на ободу рулевого колеса так, чтобы она совпала с нулевым делением шкалы люфтомера. Затем поворачивают без особого усилия рулевое колесо вправо до упора и измеряют величину свободного хода колеса по шкале люфтомера.

Если величина свободного хода рулевого колеса не соответствует нормальной (у автомобилей угловой свободный ход 10—15°), то необходимо отрегулировать рулевой механизм в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

Систематически необходимо проверять крепления всех болтовых соединений и при необходимости подтягивать, а также смазывать рулевой механизм и все шарнирные соединения.

**Уход за тормозной системой** состоит в проверке и регулировке свободного хода педали тормоза и зазоров между тормозными барабанами и накладками, поддержании в чистоте трущихся поверхностей, смазке наружных сочленений тормозного привода и проверке герметичности тормозного привода.

Проверка свободного хода педали тормоза производится в такой последовательности: определить величину свободного хода педали, для чего поставить рядом с педалью линейку, упирающуюся своим основанием в пол кабины и, нажимая рукой, без особого усилия на педаль переместить ее до соприкосновения плеча рычага тормозного крана со штоком. Затем измерить величину свободного хода педали по шкале линейки и, если величина хода педали не соответствует нормальной, то его следует отрегулировать.

Проверка величины зазора между барабанами и накладками производится как для левого, так и для правого колеса. Сначала необходимо проверить давление воздуха в тормозной системе с помощью манометра и через смотровое окно тормозного барабана проверить величину зазора между барабаном и накладкой с помощью пластинчатого щупа. Если величина зазора не соответствует нормальному, его необходимо отрегулировать.

Указанные регулировки следует производить в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей.

Систематически необходимо осматривать и очищать от масла и грязи трущиеся поверхности тормозов, а также смазывать наружные сочленения тормозного привода.

В гидравлических приводах необходимо проверять плотность всех соединений, доливать жидкость в резервуар главного тормозного цилиндра, удалять воздух из системы.

В пневматических приводах необходимо постоянно наблюдать

за давлением воздуха в тормозной системе; устранять утечки воздуха; проверять состояние и работу компрессора, тормозного крана, клапанов, спускать конденсат из баллонов; регулировать длину тяг и ход коромысла.

## Глава XXIII

### ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

#### § 129. Схемы электрооборудования автомобилей и тракторов

В схемах электрооборудования автомобилей и тракторов показывают взаиморасположение и соединение между собой устройств и приборов, вырабатывающих или потребляющих электрическую энергию. На автомобилях и тракторах применяют однопроводную систему соединения приборов. При однопроводной системе ток к приборам подводится по одному проводу, а вторым проводом служат металлические детали автомобиля или трактора (масса). С массой автомобиля (трактора) соединены отрицательные клеммы источников тока.

На рис. 111 показана однопроводная схема электрооборудования автомобиля ЗИЛ-130, приборы которого по назначению можно разделить на следующие группы:

1) источники тока — аккумуляторная батарея 27 и генератор 9 с реле-регулятором 14;

2) система зажигания, которая состоит из катушки зажигания 6, прерывателя-распределителя 7, свечей 8 зажигания и выключателя 26 зажигания;

3) система пуска, которая включает в себя стартер 5 с электромагнитным тяговым реле 11;

4) приборы освещения, которые состоят из подфарников 1, фар 2, задних фонарей 38, контрольной лампы 22 дальнего света, подкапотной лампы 12, центрального переключателя 17 света, плафона 16, лампы освещения приборов 18 и ножного переключателя света фар 30;

5) звуковые и световые приборы сигнализации — сигнал 4 и кнопка 37 сигнала. К световым приборам относятся сигнализатор аварийной температуры воды (датчик 3 и лампа 19), контрольная лампа 21 указателей поворота, прерыватель 25, переключатель 32 указателей поворота и выключатель 28 сигнала торможения;

6) контрольно-измерительные приборы — указатель температуры воды (датчик 10 и приемник 34), указатель давления масла (датчик 13 и приемник 35), указатель уровня топлива (датчик 29 и приемник 36), контрольная лампа 20 зарядки батареи и спидометр 33;

7) защитная и распределительная аппаратура — вибрационный предохранитель 23, биметаллические предохранители 24 и штепсельные розетки 31 и 39.

В систему электрооборудования входят также электродвигатель 15 отопителя.

Схемы электрооборудования тракторов отличаются от автомобильных схем отсутствием системы батарейного зажигания, световой сигнализации и электрических контрольно-измерительных приборов (за исключением амперметра).

Система электрооборудования трактора Т-100 состоит из генератора типа Г-66 с регулятором напряжения, двух передних и двух задних фар, плафона, звукового сигнала, штепсельной розетки, штепсельной коробки и выключателей освещения.

### § 130. Приборы освещения

На автомобилях и тракторах устанавливают следующие приборы освещения: передние фары (на тракторах также задние фары), подфарники, задние фонари, подкапотную лампу, плафоны кабины и кузова, лампы освещения измерительных и контрольных приборов, центральный и ножной переключатели света.

**Фары** служат для освещения дороги. На грузовых автомобилях и тракторах применяют фары с полуразборным герметизированным оптическим элементом. Фара (рис. 112) состоит из металлического корпуса 6, рефлектора (отражателя) 1, стеклянного рассеивателя 2, карболитового патрона 7 с двухнитевой лампой 3. Снаружи на корпусе фары установлен декоративный ободок 5. Патрон 7 соединен с проводами 8 через штепсельную розетку. Между отражателем и рассеивателем установлена прокладка 4.

**Подфарники** служат для обозначения габаритов автомобиля. Они одновременно являются передними указателями поворота. Подфарники устанавливают в гнездах облицовки под фарами. Подфарник состоит из корпуса, двухнитевой лампы, патрона, ободка и стекла.

**Задний фонарь** предназначен для освещения номерного знака. Он одновременно используется как стоп-сигнал. Задний фонарь крепят с помощью кронштейна к задней поперечине платформы. Он состоит из корпуса с перегородкой. В верхней части корпуса фонаря установлена лампа стоп-сигнала и указателей поворота, а в нижней — лампа заднего габаритного освещения номерного знака. Стоп-сигнал имеет автоматический включатель, связанный с приводом ножного тормоза.

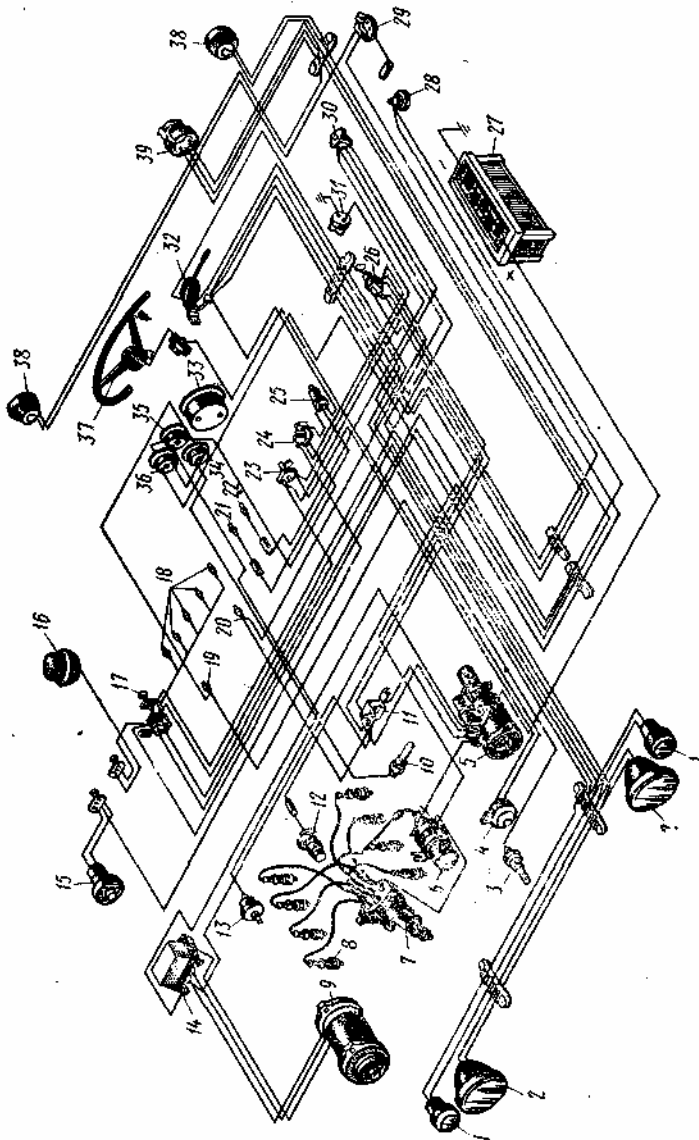


Рис. 111. Схема электрооборудования автомобиля ЗИЛ-130

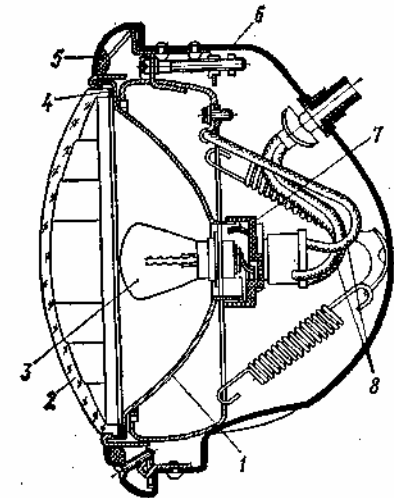


Рис. 112. Фара



Подкапотная лампа предназначена для освещения двигателя при его осмотре и обслуживании.

Плафон предназначен для освещения кабины автомобиля (трактора).

Приборы освещения включаются центральным, ножным переключателями и отдельными выключателями.

**Центральный переключатель** установлен на щитке приборов и служит для включения фар, подфарников, задних фонарей и ламп освещения. Управление переключателем ручное. Ручка переключателя имеет три фиксированных положения: освещение выключено (ручка полностью вдвинута в корпус переключателя); включены задние фонари и подфарники (ручка вытянута на половину своего хода); включены фары и задний фонарь (ручка вытянута полностью).

**Ножной переключатель** кнопочного типа установлен на полу кабины около педали сцепления и служит для переключения света фар с дальнего на ближний и наоборот. Включение дальнего света контролируется лампой на щитке автомобиля. Если включен дальний свет, лампа светится.

### § 131. Приборы сигнализации

На автомобилях и тракторах для обеспечения безопасности движения устанавливают следующие приборы звуковой и световой сигнализации: звуковой сигнал, стоп-сигнал (световой сигнал торможения), световые указатели поворота и сигнализаторы аварийной температуры воды и давления масла.

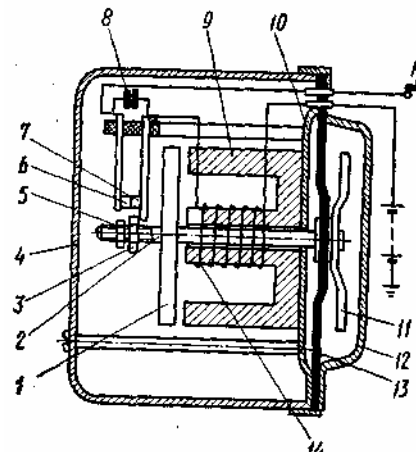


Рис. 113. Звуковой сигнал

**Звуковой сигнал** предназначен для обеспечения безопасности движения автомобиля (трактора). На автомобилях и тракторах применяют электрические, безрупорные сигналы вибрационного типа. Сигнал (рис. 113) состоит из корпуса 10, сердечника 9 с обмоткой 14, мембраны 13 с резонатором 11, штоком 2 и якорем 1, вибратора с контактами 6 и 7, конденсатора 8, крышек 4 и 12 и регулировочной гайки 3 с контргайкой 5.

Сигнал включается кнопкой К, которая установлена в центре рулевого колеса. При нажатии на кнопку цепь сигнала замыкается и ток, проходя по обмотке 14, намагничивает сердечник 9, который притягивает якорь 1. Шток 2, перемещаясь вместе с якорем 1, прогибает мембрану 13. Одновременно гайка 3 штока 2 нажимает на вибратор и размыкает контакты 6 и 7. Течение тока

в обмотке 14 прекращается, сердечник 9 размагничивается и подвижные детали под действием мембраны возвращаются в первоначальное положение. Затем процесс повторяется снова. Параллельно контактам 6 и 7 включен конденсатор 8, который предохраняет контакты от подгорания.

Сигнал (его звучание) регулируют гайкой 3. На автомобилях с дизельным двигателем устанавливают два звуковых сигнала, которые включаются параллельно.

**Стоп-сигнал** служит для предупреждения водителей машин, идущих сзади, о торможении автомобиля. Стоп-сигнал состоит из выключателя и лампы. Выключатель стоп-сигнала установлен на главном тормозном цилиндре или на тормозном кране. При нажатии на тормозную педаль контакты выключателя замыкаются и загораются мощные нити ламп задних фонарей.

**Указатели поворота** предназначены для предупреждения о повороте машины. Направление поворота указывается мигающим светом ламп подфарника и заднего фонаря. Мигающий свет получается с помощью прерывателя, включенного в цепь ламп указателя.

### § 132. Контрольно-измерительные приборы. Предохранители

К контрольно-измерительным приборам автомобиля (трактора) относятся амперметр, указатель температуры воды в системе охлаждения, указатель давления масла в системе смазки, указатель уровня топлива в баке, спидометр и др.

**Амперметр** служит для определения величины силы зарядного или разрядного тока в аккумуляторной батарее. Он включается последовательно в цепь батареи.

**Указатель температуры воды** показывает температуру воды в системе охлаждения. Он (рис. 114, а) состоит из датчика Д и приемника П со шкалой, расположенных на щитке приборов. К корпусу 6 датчика припаян латунный патрон 5, который помещен в рубашку охлаждения головки цилиндров. В патроне 5 размещены биметаллическая пластина 3 с подвижным контактом 2 и обмоткой 4 и неподвижная пластина с контактом 1. Контакт 1 соединен с массой, а пластина 3 изолирована от массы. Один конец обмотки 4 соединен с контактом 2, а второй — с изолированной клеммой 7. В корпусе 13 приемника закреплена биметаллическая пластина 11 с обмоткой 9. Пластина 11 через тягу соединена со стрелкой 12. Концы обмотки 9 соединены с изолированными клеммами 10 и 15. Датчик соединен с приемником через сопротивление 8. Указатель включен в цепь через выключатель 16 зажигания.

При включении выключателя 16 зажигания ток течет из аккумуляторной батареи через приемник и датчик. Под действием тока пластина 3 нагревается, изгибается и размыкает контакты 1 и 2, в результате ток в цепи исчезает. Остывая, пластина 3 вновь замыкает контакты 1 и 2. При низкой температуре воды пластина 3 нагревается меньше и контакты 1 и 2 в замкнутом состоянии на-



ходятся большой промежуток времени. Это обеспечивает поступление большего тока в обмотку 9 приемника и соответственно нагрев пластины 11. В результате нагрева пластина 11 изгибается и отклоняет стрелку 12 в сторону меньших температур на шкале 14. По мере увеличения температуры воды время замкнутого сос-

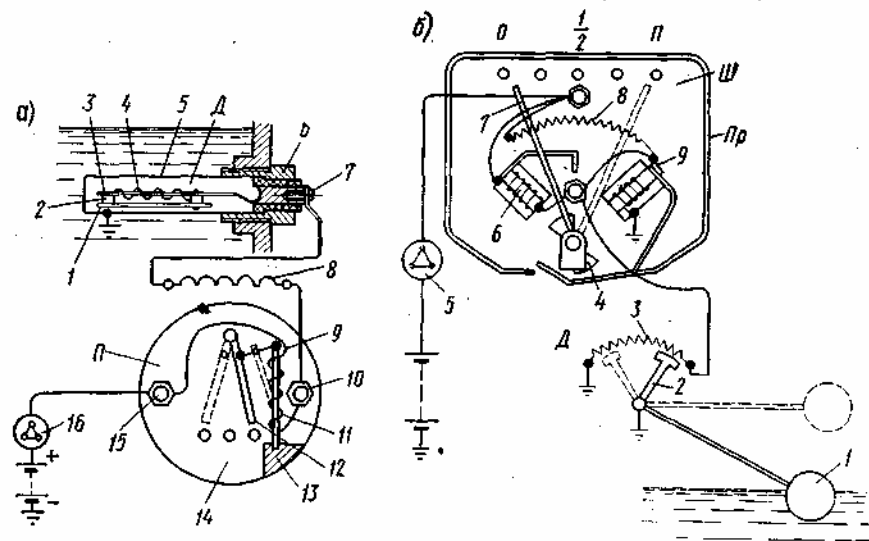


Рис. 114. Контрольно-измерительные приборы

тояния контактов уменьшается. Это вызовет уменьшение тока в обмотке 9 приемника и соответственно охлаждение пластины 11. В результате охлаждения пластина 11 выпрямляется и отклоняет стрелку 12 в сторону больших температур на шкале 14.

**Указатель давления масла** предназначен для определения давления масла в системе смазки. Устройство и принцип действия указателя давления масла аналогичны устройству и принципу действия указателя температуры воды.

**Указатель уровня топлива** определяет уровень топлива в баке. Он (рис. 114, б) состоит из датчика Д, расположенного на топливном баке, и приемника Пр, установленного на щитке приборов. Датчик представляет собой реостат 3, ползун 2 которого жестко соединен с рычагом поплавка 1. Приемник состоит из двух катушек 6 и 9 с сердечником, установленным под углом 90° относительно друг друга, якоря 4 со стрелкой 7, сопротивления 8 и шкалы Ш. При включении выключателя 5 зажигания указатель уровня топлива работает и стрелка 7 показывает уровень топлива в баке. При отсутствии топлива в баке поплавок 1 расположен внизу, реостат 3 в цепь не включен, обмотка катушки 9, включенная параллельно реостату 3, оказывается замкнутой и ток по реостату 3 не течет. Ток проходит только по катушке 6, сердечник которой намагничивается и притягивает якорь 4, поворачивая стрелку 7 в

сторону цифры 0 (пустой бак) на шкале Ш. При полном баке поплавок 1 поднимается вверх, сопротивление реостата 3 увеличивается, в результате чего ток протекает через обе катушки 6 и 9, сильнее намагничивая сердечник катушки 9. Поэтому сердечник катушки 9 притягивает якорь 4 и поворачивает стрелку 7 в сторону цифры П (полный бак).

**Предохранители** предназначены для защиты приборов освещения и контрольно-измерительных приборов от токов коротких замыканий. Предохранители бывают плавкие и термобиметаллические. Плавкий предохранитель состоит из тонкой металлической нити. Он устанавливается в цепях измерительных приборов, звукового сигнала, заднего фонаря и других потребителей.

Термобиметаллический предохранитель представляет собой биметаллическую пластинку, изготовленную из двух спаянных пластинок с разными коэффициентами линейного расширения. Он устанавливается в цепях приборов освещения и звукового сигнала.

**Спидометр** предназначен для указания скорости движения автомобиля и учета пройденного пути. Он (рис. 115) состоит из валика 1, магнита 4, магнитного шунта 5, магнитного экрана 7, алюминиевой катушки 6, спиральной пружины 8, закрепленной на рычаге 10, и валиков привода счетчика 11 и 12. Валик 1 привода постоянного магнита 4 приводится во вращение при помощи троса от вторичного вала коробки передач. При вращении магнита 4 его магнитный поток пронизывает катушку 6 и индуцирует в ней вихревые токи, создающие свое магнитное поле. В результате взаимодействия магнитного поля вихревых токов с полюсами вращающегося магнита катушка 6 поворачивается в сторону вращения магнита и вызывает перемещение стрелки 9, указывающей скорость движения автомобиля. От червячной шестерни валика 1 осуществляется привод валиков 11 и 12 счетного узла. Валик 1 смазывается маслом, которым пропитывают фитиль 2. Отверстие под фитиль закрыто заглушкой 3.

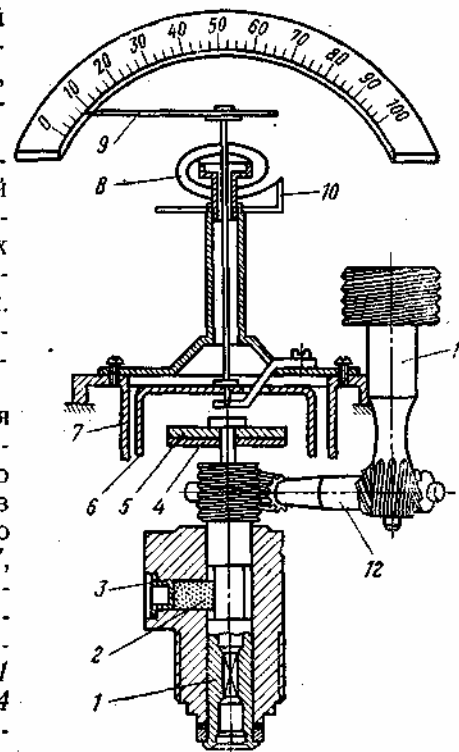


Рис. 115. Спидометр

### § 133. Неисправности электрооборудования автомобилей, тракторов и техническое обслуживание

Основные неисправности приборов освещения: перегорание нитей ламп, загрязнение рефлектора и рассеивателя фары, уменьшение яркости света, излучаемого фарами.

Причины перегорания нитей ламп: увеличение силы тока при повышенном напряжении генератора и неплотное крепление лампы.

Причинами загрязнения рефлектора и рассеивателя фары могут быть трещины в рассеивателе.

Причины уменьшения яркости света, излучаемого фарами: уменьшение напряжения на окисленных клеммах проводки цепи фар и нарушение правильности установки фар.

К числу основных неисправностей приборов сигнализации относятся: окисление контактов звукового сигнала и нарушение регулировки звука сигнала.

Причины окисления контактов сигнала: уменьшение силы тока в обмотке, пробой диэлектрика конденсатора и обрыв искрогасящего сопротивления.

Причины нарушения регулировки звука сигнала: трещина в мембране и разрушение изоляции провода обмотки.

К числу основных неисправностей контрольно-измерительных приборов относятся: неправильные показания указателей температуры воды, давления масла и уровня топлива; отказ в работе указателей температуры воды, давления масла и уровня топлива; неправильное показание спидометра.

Причинами неправильных показаний указателей температуры воды, давления масла и уровня топлива могут быть нарушения их регулировок.

Причины отказа в работе указателей температуры воды, давления масла и уровня топлива: потеря герметичности датчиков, перегорание обмоток и окисление контактов.

Причины неправильного показания спидометра: ослабление натяжения спиральной пружины, заедание оси стрелки, размагничивание магнита и нарушение его регулировки.

Указанные неисправности можно предупредить, если своевременно проводить техническое обслуживание (уходы) и устранять возникшие неполадки.

**Уход за приборами освещения** состоит в проверке крепления и состояния изоляции проводов фар и подфарников; проверке креплений фар, подфарников, заднего фонаря и центрального переключателя света; проверке наружной поверхности рассеивателей фар, подфарников и задних фонарей; очистке от пыли и грязи клеммы ножного переключателя света; проверке правильности установки фар.

В процессе эксплуатации необходимо ежедневно проверять крепление и состояние изоляции проводов фар и подфарников.

В случае сгорания или пробоя изоляции проводов их необходимо заменить.

Ежедневно следует проверять крепление фар, подфарников, заднего фонаря, центрального переключателя света и при необходимости подтягивать.

Ежедневно следует осматривать и очищать от пыли и грязи наружные поверхности рассеивателей фар, подфарников, задних фонарей и клеммы ножного переключателя света. В случае наличия трещины в рассеивателе его необходимо заменить.

Периодически (руководствуясь правилами технического ухода) необходимо проверять правильность установки фар и в случае необходимости отрегулировать свет фары.

**Уход за приборами сигнализации** состоит в проверке состояния наконечников проводов, проверке состояния контактов, проверке звука сигнала.

В процессе эксплуатации необходимо ежедневно осматривать наконечники проводов и рабочие поверхности контактов звукового сигнала. Если наконечники проводов и рабочие поверхности контактов загрязнены, то их следует зачистить мелкой стеклянной шкуркой.

Периодически (руководствуясь правилами технического ухода) следует проверять звук сигнала и в случае необходимости отрегулировать его.

**Уход за контрольно-измерительными приборами** состоит в проверке исправности указателей температуры воды, давления масла, уровня топлива и спидометра.

Периодически (руководствуясь правилами технического ухода) следует проверять исправность указателей температуры воды, давления масла, уровня топлива и спидометра и в случае необходимости отрегулировать их на специальных стендах.

## Глава XXIV

### АВТОМОБИЛИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

#### § 134. Автомобили-самосвалы

*Автомобилем-самосвалом* называют автомобиль со специальной платформой, опрокидывающейся назад или на две стороны с помощью гидравлического подъемного механизма, приводимого в действие от двигателя.

Автомобили-самосвалы широко применяют в строительстве для перевозки строительных сыпучих и вязких грузов. Автомобиль-самосвал отличается от бортового автомобиля укороченной рамой, укороченными карданными валами, наличием гидравлического подъемного механизма и металлической опрокидывающейся платформы.

Подъемные механизмы у автомобилей-самосвалов ГАЗ-53Б и ЗИЛ-ММЗ-555 имеют ручное управление, а у автомобилей самосвалов МАЗ-503, КрАЗ-256 и др. — пневматическое.

В качестве примера рассмотрим конструкцию и принцип действия телескопического подъемного механизма автомобиля-само-

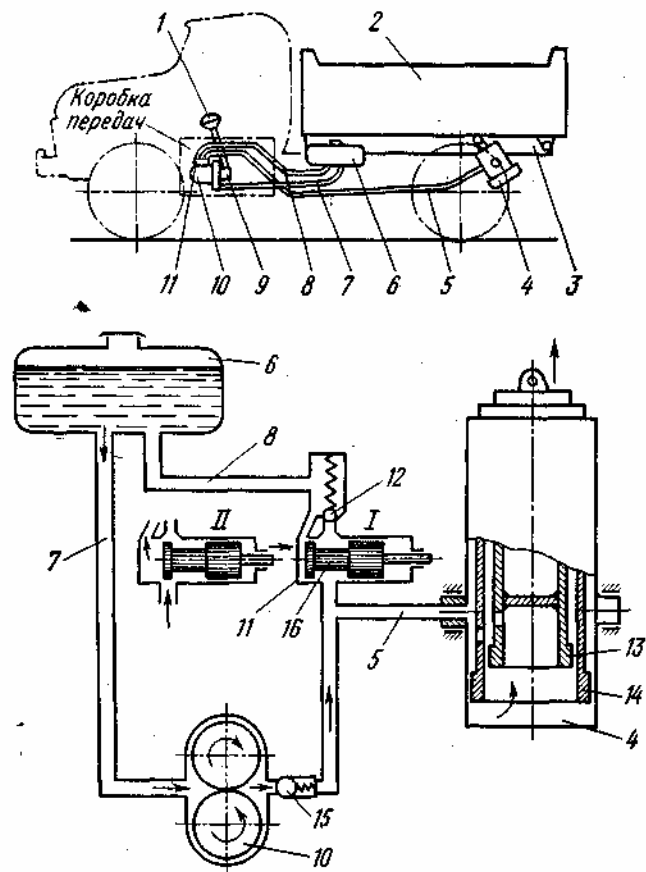


Рис. 116. Схема подъемного механизма автомобиля-самосвала ЗИЛ-ММЗ-555

свала ЗИЛ-ММЗ-555. **Подъемный механизм** (рис. 116) состоит из коробки отбора мощности 9, масляного насоса 10, крана управления 11, телескопического цилиндра 4, масляного бака 6, рычага управления 1 и трубопроводов 5, 7 и 8.

**Коробка отбора мощности** предназначена для привода масляного насоса. Она (рис. 117, а) состоит из чугунного картера 8, в котором размещены ось 7 с ведущей шестерней 11, и ведомой шестерни 3. Ведущая шестерня 11 фиксируется на оси 7 двумя стопорными кольцами 12. Шестерни 3 и 11 вращаются на шариковых подшипниках 1 и 5, 9 и 10. Шестерня 3 имеет внутреннее шлицевое отверстие, в которое вставлен шлицевой валик 6. Валик 6 соединяется штифтом 4 со шлицевой втулкой 2, в которую заходит хвостовик вала ведущей шестерни масляного насоса. Коробка включается и выключается рычагом управления 1 (см. рис. 116). Для включения коробки отбора мощности необходимо ось 7

ковых подшипниках 1 и 5, 9 и 10. Шестерня 3 имеет внутреннее шлицевое отверстие, в которое вставлен шлицевой валик 6. Валик 6 соединяется штифтом 4 со шлицевой втулкой 2, в которую заходит хвостовик вала ведущей шестерни масляного насоса. Коробка включается и выключается рычагом управления 1 (см. рис. 116). Для включения коробки отбора мощности необходимо ось 7

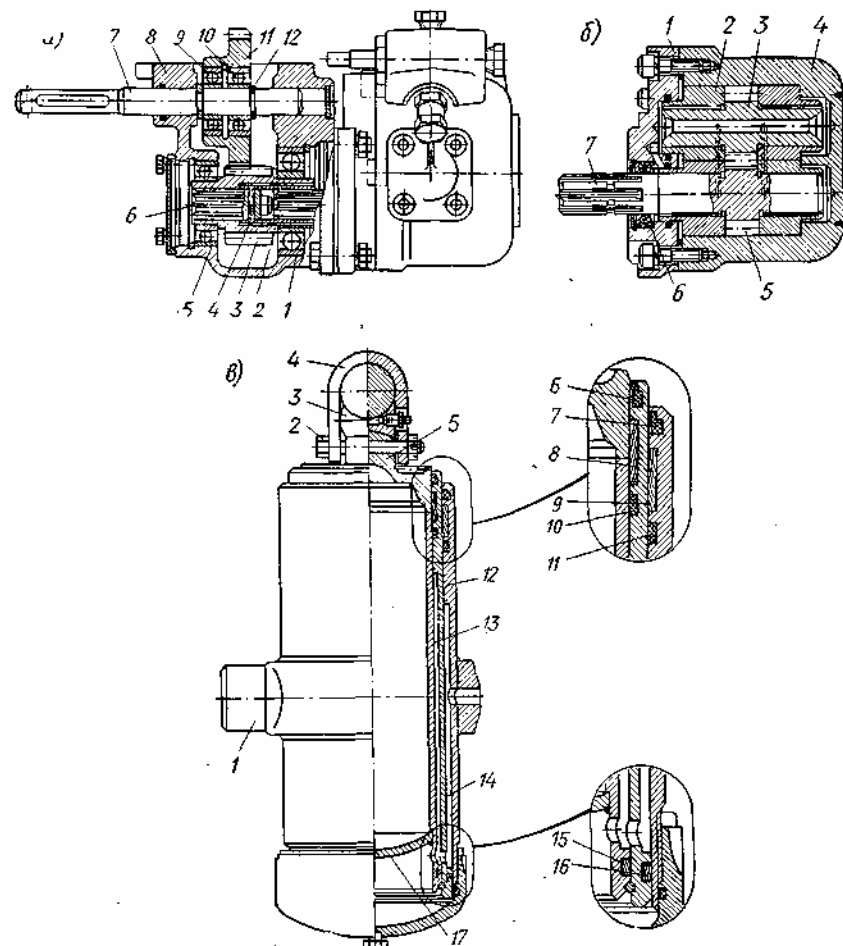


Рис. 117. Коробка отбора мощности, масляный насос и цилиндр подъемного механизма автомобиля-самосвала ЗИЛ-ММЗ-555

(рис. 117) рычагом управления передвинуть назад (по рисунку влево) и ввести шестерню 11 в зацепление с шестерней заднего хода коробки передач. При этом шестерня 11 не выходит из зацепления с шестерней 3.

**Масляный насос** служит для создания необходимого давления масла в цилиндре. Он (рис. 117, б) состоит из алюминиевого кор-

пуса 4, в котором в четырех бронзовых втулках 2 вращаются ведущая 5 и ведомая 3 шестерни, выполненные как одно целое со своими валами. Конец вала 7 ведущей шестерни уплотнен сальником 6. Корпус 4 закрыт крышкой 1.

**Кран управления** — трехходовой и имеет три положения: нейтральное (НП), подъем (П) и опускание (ОП). Он служит для соединения всасывающей и нагнетательной полостей насоса с цилиндром и масляным баком. Кран состоит из корпуса и золотника 16 (см. рис. 116), который перемещается в продольном направлении.

**Масляный бак**, изготовленный из тонкой листовой стали, устанавливается на надрамнике, он служит для хранения масла. Бак имеет сетчатый фильтр с перепускным клапаном и мерную линейку.

**Телескопический цилиндр** шарнирно соединен с надрамником с помощью двух цапф. Он (рис. 117, в) состоит из цилиндра 12, гильзы 14 и плунжера 13. Цилиндр 12, гильза 14 и плунжер 13 изготовлены из стальных труб. К плунжеру приварены головка 5 и днище 17. В верхней части плунжера установлено ушко 4, закрепленное на упоре 3 болтом 2. При помощи ушка 4 плунжер соединяется с верхней осью, установленной на основании кузова. Для гильзы и плунжера направляющими устройствами служат втулки 8, 9 и составные кольца 15, 16. Гильза в цилиндре уплотняется резиновым кольцом 11, а плунжер в гильзе — резиновым кольцом 10. Для снятия грязи с наружных поверхностей гильзы и плунжера при складывании подъемника предусмотрены резиновые кольца 6 и 7. Цилиндр поворачивается на двух цапфах 1, приваренных к его корпусу. В правой цапфе имеется отверстие для соединения с трубой 5 высокого давления (см. рис. 116).

**Принцип действия подъемного механизма.** Для подъема платформы 2 (рис. 116) необходимо рычаг управления 1 перевести из нейтрального положения (НП) в положение подъем (П). Тогда насос 10 засасывает масло из бака 6 по трубопроводу 7 и нагнетает его по трубопроводу 5 в цилиндр 4. Давлением масла вначале из цилиндра выдвигается гильза 14 вместе с плунжером 13, а затем из гильзы вытесняется вверх плунжер, производя подъем платформы. Когда платформа полностью поднята, давление в системе повышается до 13,5 МПа, открывается предохранительный клапан 12 и масло по трубопроводу 8 поступает в бак.

Чтобы опустить платформу, необходимо установить рычаг 1 в положение опускание (ОП). Тогда насос выключается, золотник 16 крана управления занимает положение П, цилиндр складывается и масло через трубопровод 5, кран управления 11 и трубопровод 8 сливается в бак.

Для остановки платформы в любом поднятом положении следует установить кран управления с помощью рычага управления в нейтральное положение (НП). При этом насос выключается и закрывается обратный клапан 15.

**Надрамник 3** (см. рис. 116) служит для крепления агрегатов подъемного механизма и платформы. Он состоит из двух продольных и двух поперечных балок швеллерного сечения, которые соединены между собой сваркой. Надрамник крепят болтами к лонжеронам рамы.

**Платформа 2** (см. рис. 116) — цельнометаллическая с откидывающимся задним бортом. Она имеет корытообразную форму. Задний откидывающийся борт навешивается на платформу на двух верхних и двух нижних пальцах. Нижние пальцы запираются крючками. Задний борт открывается при подъеме платформы автоматически рычагом, расположенным с левой стороны платформы около кабины.

### § 135. Автомобильные поезда, прицепы и специализированные кузова

**Автопоездом** называют автомобиль, работающий с прицепом или полуприцепом. Применение автопоездов повышает производительность автомобилей и снижает себестоимость перевозок. Автопоезда подразделяют на следующие основные типы.

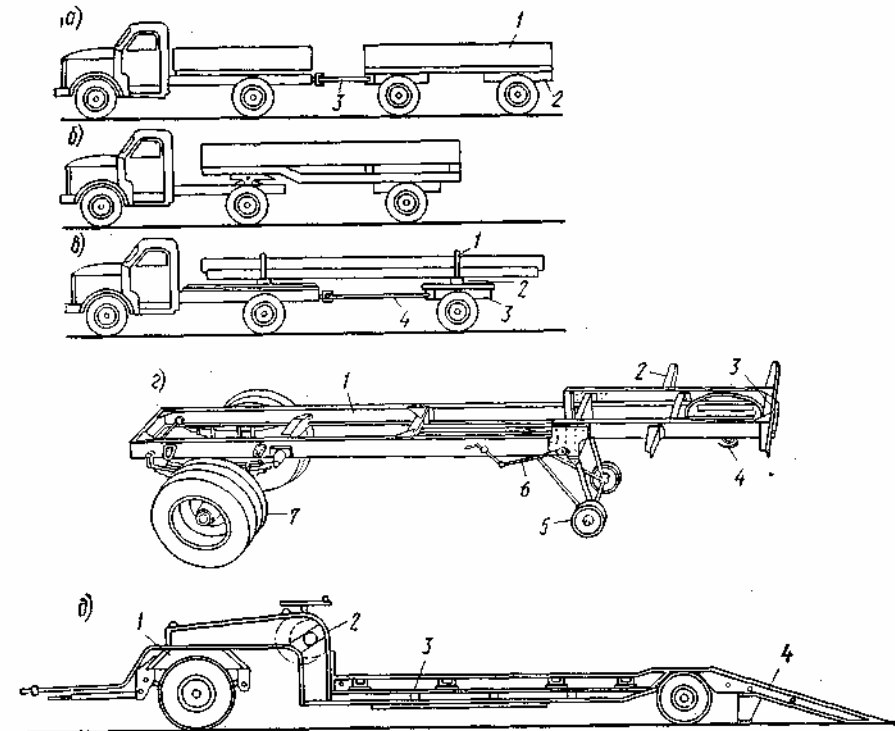


Рис. 118. Автомобильные поезда, прицепы и полуприцепы

1. Автопоезд, состоящий из буксирного тягача и одного или нескольких двухосных прицепов (рис. 118, а). В качестве буксирного тягача обычно используют стандартный грузовой автомобиль. Тягач с прицепом соединяется с помощью буксирного прибора.

2. Автопоезд, состоящий из седельного тягача и полуприцепа (рис. 118, б). В качестве седельного тягача используют стандартный грузовой автомобиль, но с укороченной базой и оборудованный специальным опорно-сцепным устройством. Опорно-сцепное устройство служит для соединения тягача с полуприцепом.

3. Автопоезд, состоящий из буксирного тягача и прицепа-ропуска (рис. 118, в), для перевозки длинномерных грузов.

**Двухосные прицепы** (рис. 118, а) состоят из кузова 1 и рамы 2, опирающейся через подвеску на оси и колеса. Передний мост прицепов выполнен поворотным и соединен с рамой через поворотный круг. На раме прикреплен буксирный прибор. Прицеп соединяется с буксирным прибором тягача с помощью дышла 3. Колесные тормоза прицепа имеют привод от тормозной системы тягача.

**Полуприцеп** (рис. 118, б) состоит из рамы 1, передних опорных колес 5, которые при стоянке опускаются с помощью рукоятки 6, и задних колес 7. Для соединения с опорно-сцепным устройством тягача у полуприцепа имеется плита 3 с кронштейнами 2 и шкворнем 4.

**Прицеп-ропуск** (рис. 118, в) состоит из рамы 3, имеющей поворотный коник 2 со стойками 1. Стойки 1 в вертикальном положении удерживаются цепями. Для соединения с буксирным прибором тягача у ропуска имеется дышло 4.

**Прицеп-тяжеловоз** (рис. 118, д) состоит из рамы 3, которая расположена очень низко, подрамника 1, лебедки 2 и откидного трапа 4. На подрамнике 1 крепят переднюю ось, имеющую от двух до восьми колес.

**Автоцементовоз** служит для бестарной перевозки цемента. Он состоит из седельного тягача, полуприцепа с цилиндрической цистерной и компрессора.

**Панелевоз**, служащий для перевозки готовых крупных блоков стен и больших панелей, состоит из седельного тягача и специального полуприцепа. Полуприцеп имеет несущую конструкцию рамы в виде фермы с двумя кассетами.

**Бетоновоз**, состоящий из автомобиля и смесительного барабана, служит для бестарной перевозки бетонной массы. Привод барабана осуществляется или от двигателя автомобиля через коробку отбора мощности или от специального двигателя, установленного на раме автомобиля. Барабан имеет грушевидную форму с отверстиями для загрузки и выгрузки бетонной массы.

## РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ, КОЛЕСНЫХ ТЯГАЧЕЙ И ТРАКТОРОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

---

#### Глава XXV

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И КОЛЕСНЫХ ТЯГАЧЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

#### § 136. Обкатка грузовых автомобилей и колесных тягачей

Автомобили, колесные тягачи и тракторы, занятые на строительстве, должны всегда находиться в работоспособном состоянии, обеспечивать необходимую мощность и экономичность и соответствовать требованиям безопасности движения. Надежная работа автомобиля (трактора) зависит от качества и своевременного технического обслуживания. В Советском Союзе принята планово-предупредительная система технического обслуживания автомобилей и тракторов. Основное направление этой системы — предупреждение неисправностей и уменьшение интенсивности износа сопряженных деталей.

Техническое обслуживание является профилактическим мероприятием, проводимым принудительно по плану через определенный пробег автомобиля или через определенное количество часов, проработанных трактором. Объем и периодичность технического обслуживания зависят от типа, конструкции автомобиля (трактора) и условий его эксплуатации.

Надежность, долговечность и топливная экономичность автомобиля в значительной мере зависят от приработки его сопряженных деталей в начальный период его эксплуатации, т. е. в период обкатки. Период обкатки нового грузового автомобиля (колесного тягача) устанавливают равным 1000 км.

Перед обкаткой грузового автомобиля необходимо:

проверить затяжку гаек крепления головки цилиндров и при необходимости произвести их подтяжку;

проверить и подтянуть все внешние болтовые соединения и крепления;

проверить давление воздуха в шинах и при необходимости довести давление до требуемой величины;

проверить по карте смазки наличие и уровень смазки в механизмах и агрегатах, имеющих масляную ванну, и в случае необходимости долить масло;

смазать консистентной смазкой все точки автомобиля, где установлены масленки;

проверить состояние аккумуляторной батареи;

заправить систему охлаждения водой, а топливные баки — топливом.

В период обкатки не допускать скорость движения автомобиля более 40 км/ч и не нагружать его более чем на 75% от номинальной нагрузки при езде по дорогам с твердым покрытием и более 50% — при езде по грунту. Езда с тяжело груженным прицепом не разрешается. После первых 200—300 км пробега автомобиля следует сменить масло в двигателе и промыть фильтрующий элемент фильтра грубой очистки.

При работе на автомобиле в период обкатки необходимо следить за нагреванием коробки передач, раздаточной коробки, главной передачи, ступиц колес и тормозных барабанов. Если какой-либо механизм сильно нагрелся, то следует выяснить причину и устранить неисправность.

После обкатки, перед пуском автомобиля в эксплуатацию необходимо:

проверить плотность соединений в топливо- и маслопроводах, радиаторе, топливном баке, сальниках двигателя, коробке передач и заднем мосту. При наличии подтеканий их устранить;

проверить надежность затяжки внешних креплений и пробок; подтянуть гайки крепления головки цилиндров, впускного и выпускного трубопроводов;

подтянуть гайки крепления фланцев карданного вала;

проверить надежность затяжки стяжных болтов пальцев и крепления ушек передних и задних рессор;

проверить затяжку стремянок крепления рессор к заднему мосту и передней оси, а также гаек крепления колес;

проверить рабочую поверхность захватов опорно-сцепного устройства тягача и в случае значительного износа заменить;

проверить натяжение ремней вентилятора, генератора и насоса гидроусилителя рулевого управления и в случае необходимости отрегулировать;

проверить и, если нужно, отрегулировать величину свободного хода педали сцепления;

проверить и, если нужно, отрегулировать величину свободного хода рулевого колеса;

сменить масло в двигателе и во всех механизмах и агрегатах автомобиля. Дальнейшую смазку следует производить в соответствии с указаниями карты смазки.

## § 137. Техническое обслуживание грузовых автомобилей и колесных тягачей

В процессе работы автомобилей и тягачей по мере нарастания пробега изменяются техническое состояние автомобилей и их эксплуатационные качества. Увеличивается расход топлива и смазочных материалов, уменьшаются мощность двигателя и скорость движения автомобиля, появляются отдельные неисправности, вызывающие преждевременный выход из строя механизмов и агрегатов автомобиля. Надежная работа двигателя и автомобиля в целом во многом зависит от качества и своевременности проведения технического обслуживания.

Техническое обслуживание является профилактическим мероприятием, проводимым принудительно по плану через определенный пробег автомобиля. Техническое обслуживание по периодичности выполнения, перечню проводимых работ и трудоемкости подразделяют на ежедневное техническое обслуживание (ЕО), первое техническое обслуживание (ТО-1) и второе техническое обслуживание (ТО-2).

Объем и периодичность технического обслуживания зависят от типа, конструкции автомобиля и условий его эксплуатации. Периодичность проведения ТО-1 и ТО-2 определяется пробегом автомобиля в километрах. Для грузовых бортовых автомобилей, занятых на строительстве, ТО-1 выполняют через 1400 км пробега, а ТО-2 — через 7000 км. Для автомобилей-самосвалов и автопоездов, занятых на строительстве, ТО-1 выполняют через 1300 км пробега, ТО-2 — через 6500 км.

Ежедневное техническое обслуживание проводят один раз в сутки после окончания работы автомобиля. При ежедневном обслуживании выполняют уборочные, моечные, контрольные и смазочно-заправочные работы. Уборочные и моечные работы предусматривают очистку автомобиля от грязи, уборку кабины и платформы, мойку машины и обтирку облицовки радиатора, капота, крыльев, стекол кабины, приборов освещения и номерных знаков.

Контрольные работы предусматривают осмотр автомобиля, при котором проверяют: комплектность автомобиля; состояние кабины, платформы, опорно-сцепного устройства у тягача, номерных знаков, запоров и их крепление; состояние и крепление амортизаторов, рессор, колес, шин; состояние и натяжение ремня вентилятора и генератора; исправность источников электрической энергии, приборов зажигания и электропроводки; действие приборов сигнализации, освещения, контрольно-измерительных приборов и стеклоочистителей; свободный ход рулевого колеса и педали тормоза; герметичность соединений системы питания, охлаждения, смазки, гидроусилителя рулевого механизма и привода тормозов; работу двигателя, агрегатов и механизмов автомобиля на ходу.

Смазочно-заправочные работы предусматривают проверку и при необходимости доливку масла в картер двигателя, топлива в топливный бак и воды в радиатор.



**Первое техническое обслуживание** предусматривает кроме работ, входящих в объем ежедневного обслуживания автомобиля, дополнительные крепежные, контрольно-регулирующие и смазочно-очистительные работы.

Крепежные работы включают проверку и подтяжку крепления двигателя, головки цилиндров, впускного и выпускного трубопроводов, сцепления, коробки передач, главной передачи, фланцев карданов и полуосей, промежуточной опоры карданной передачи, рулевой сошки, привода рулевого управления, деталей тормозных механизмов, платформы, крыльев и брызговиков колес, опорно-сцепного устройства седельного тягача.

Контрольно-регулирующие работы предусматривают проверку и регулировку натяжения ремня вентилятора и генератора, приводов системы питания, свободного хода педали сцепления и педали тормоза, свободного хода рулевого колеса, люфта подшипников управляемых колес, подшипников ступиц задних колес, люфта шкворней поворотных кулаков; проверку уровня электролита и степени заряженности аккумуляторных батарей; проверку действия и регулировку приводов тормозов; проверку давления воздуха в шинах и доведение давления в них до нормального.

Смазочно-очистительные работы включают смазку автомобиля в соответствии с картой смазки, очистку перед смазкой от грязи и пыли мест смазки, обтирку масленок и пробок контрольных и заливных отверстий, спуск конденсата из воздушных баллонов пневматического привода тормозов и отстоя из масляных фильтров, промывку воздушного фильтра двигателя и смену в нем масла.

Периодичность смены смазки устанавливают в зависимости от условий эксплуатации.

**Второе техническое обслуживание** предусматривает кроме работ, входящих в объем первого технического обслуживания, дополнительные крепежные, контрольно-регулирующие и смазочно-очистительные работы.

Крепежные работы включают: проверку и подтяжку всех механизмов и агрегатов системы питания, охлаждения, смазки, зажигания и пуска двигателя; крепления компрессора, крышек картеров коробки передач и главной передачи, картера рулевого механизма, барабана центрального тормоза и узлов тормозного привода.

Контрольно-регулирующие работы предусматривают проверку компрессии двигателя, зазоров между поршневыми кольцами и канавками в поршне, масляных зазоров между коленчатым валом и подшипниками, действия термостата, работу компрессора; проверку и регулировку тепловых зазоров в газораспределительном механизме, зазоров между тормозными барабанами и накладками, малых оборотов холостого хода коленчатого вала, зазоров между контактами прерывателя; проверку легкости пуска и правильность установки зажигания; проверку пропускной способности жиклеров и регулировку уровня топлива в поплавковой камере

(карбюраторные двигатели); проверку и регулировку топливного насоса и форсунок (дизеля); проверку и очистку генератора и реле-регулятора, стартера и свечей зажигания.

Смазочно-очистительные работы предусматривают смену масла в двигателе и коробке передач и смазку автомобиля в соответствии с картой смазки по инструкции завода-изготовителя.

### **§ 138. Оборудование для обслуживания грузовых автомобилей и колесных тягачей**

Техническое обслуживание автомобиля, колесного тягача проводят в благоустроенных, утепленных, светлых и вентилируемых помещениях. Эти помещения должны быть оборудованы осмотровыми канавками, моечными площадками, подъемно-транспортным оборудованием, монтажно-демонтажными и контрольно-регулирующими стендами, топливо- и маслораздаточными колонками и водопроводной магистралью.

Мойка автомобиля производится вручную или с помощью специальных моечных установок. Ручная мойка осуществляется от водопроводной магистрали струей низкого (196—390 кПа) или высокого (1960—2500 кПа) давления, механизированная мойка — с помощью струйных или струйно-щеточных установок. В струйных установках, применяемых для грузовых автомобилей, моют большим числом водяных струй. После мойки автомобиль сушат сжатым воздухом.

Для заправки автомобиля топливом применяют топливораздаточные колонки. По способу замера отпускаемого топлива топливораздаточные колонки делят на скоростные со счетным механизмом и объемные — с мерными колбами.

При заправке агрегатов автомобиля картерным маслом применяют маслораздаточные колонки. Колонки оборудованы счетчиками, осуществляющими разовый или суммарный учет количества выданного масла. Чтобы заправить агрегаты силовой передачи (коробки передач и ведущие мосты) жидкими маслами, применяют маслораздаточные баки с насосом. Для нагнетания консистентной смазки к трущимся поверхностям подвижных соединений автомобиля применяют солидолонагнетатели. Солидолонагнетатели бывают ручные, механические, пневматические и электромеханические.

## **Глава XXVI**

### **ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ГУСЕНИЧНЫХ И КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

#### **§ 139. Обкатка тракторов**

Долговечность, работоспособность и экономичность трактора в большой мере зависят от приработки его сопряженных деталей в начальный период его эксплуатации.

Новый трактор к обкатке готовят в той же последовательности, как и автомобиль (см. § 136). Новые тракторы подвергаются обкатке в объеме 40—80 ч в три этапа: обкатка двигателя на холостом ходу в течение 10 мин, обкатка трактора без нагрузки и обкатка трактора под нагрузкой.

Обкатка двигателя на холостом ходу в течение первых 5 мин происходит при его работе с частотой вращения 500—600 об/мин, последующие 5 мин — с постепенным увеличением до 1000—1500 об/мин. Работающий двигатель прослушивается с одновременной проверкой плотности соединений трубопроводов и фланцев и показаний контрольных приборов (температура воды и масла, давление масла). В случае обнаружения неисправностей следует их немедленно устранить. Трактор на холостом ходу обкатывают в течение 1 ч на каждой передаче переднего хода и 30 мин на каждой передаче заднего хода. Обкатка сопровождается крутыми поворотами вправо и влево на низших передачах (включая III передачу) и плавными поворотами на высоких передачах. В период обкатки трактора на холостом ходу проверяют работу двигателя, механизмов силовой передачи и ходовой части, работу электрооборудования. Неисправности немедленно устранить.

Трактор под нагрузкой обкатывают в соответствии с правилами технического ухода. Нагрузку на крюке устанавливают при помощи динамометра. Во время обкатки трактора под нагрузкой должен быть обеспечен систематический уход. На протяжении всего периода обкатки следует следить за работой всех механизмов и агрегатов трактора и периодически прослушивать и осматривать двигатель, механизмы силовой передачи и ходовой части.

После обкатки перед пуском трактора в эксплуатацию необходимо произвести его технический осмотр и смену масла. Осмотр трактора и смену масла выполняют так же, как и у автомобиля (см. § 136).

#### § 140. Техническое обслуживание тракторов

Своевременное и качественное выполнение всех операций по техническому обслуживанию трактора обеспечивает надежную работу его механизмов и агрегатов в течение длительного времени.

Все операции технического обслуживания трактора, используемого на строительстве, подразделены на ежедневное техническое обслуживание (ЕО) и периодическое техническое обслуживание (ТО). Техническое обслуживание проводят по плану через определенный промежуток времени.

Ежедневное техническое обслуживание (ЕО) проводят регулярно перед началом смены, во время перерывов и после окончания работы трактора на месте его работы. Периодическое техническое обслуживание — через 240 ч работы трактора. Периодическое обслуживание выполняют как на местах работы трактора, так и на базах механизации.

**Ежедневное техническое обслуживание** включает уборочные, моечные, контрольные и смазочно-заправочные работы.

Уборочные и моечные работы предусматривают очистку трактора от пыли и грязи, уборку кабины, мойку машины и обтирку облицовки радиатора, капота, стекло кабины и приборов освещения.

Контрольные работы предусматривают осмотр трактора, при котором проверяют: комплектность трактора и состояние кабины; крепление узлов машины и шплинговку пальцев гусениц; отсутствие шумов и стуков в двигателе, агрегатах силовой передачи и ходовой части; состояние и натяжение ремня вентилятора и генератора; исправность источников электрической энергии, приборов зажигания и электропроводки; действие приборов сигнализации, освещения и контрольно-измерительных приборов; герметичность соединений системы питания, охлаждения и смазки; степень натяга агрегатов силовой передачи и ходовой части; давление топлива, воды и масла; температуру воды, работу двигателя, агрегатов и механизмов трактора на ходу.

Смазочно-заправочные работы включают: проверку и при необходимости доливку масла в картер дизеля и пускового двигателя, топлива в топливный бак и воды в радиатор; проверку и в случае загрязнения промывку воздушного фильтра дизеля и смену в нем масла; смазку подшипников муфты включения фрикциона, полуосей ведущих колес, рычагов и педалей управления.

**Периодическое техническое обслуживание** предусматривает кроме работ, входящих в объем ежедневного обслуживания, дополнительные крепежные, контрольно-регулирующие и смазочно-очистительные работы.

Крепежные работы включают: проверку и подтяжку впускного и выпускного трубопроводов дизеля, сальника водяного насоса, креплений водяного и масляного радиаторов, головки цилиндров, проводов к зажимам агрегатов электрооборудования и прицепных устройств.

Контрольно-регулирующие работы предусматривают: проверку компрессии дизеля, зазоров между поршневыми кольцами и канавками в поршне, масляных зазоров между коленчатым валом и подшипниками генератора, реле-регулятора и стартера; проверку и регулировку тепловых зазоров в газораспределительном механизме и зазоров в декомпрессионном механизме, натяжения ремня вентилятора и генератора, привода системы пускового двигателя, топливного насоса и форсунок, зазоров между электродами запальной свечи и между контактами прерывателя пускового двигателя, свободного хода педали сцепления и педали тормозов, механизмов управления муфтами поворота и тормозами, рулевого управления, осевых зазоров в подшипниках конечных передач, опорных катков, кареток подвесок и направляющих колес, натяжения гусениц; проверку давления воздуха в шинах (у колесных тракторов) и доведения давления в них до нормального.

Смазочно-очистительные работы включают: слив отстоя из масляных фильтров, топливных баков дизеля и пускового двигателя; удаление накипи в системе охлаждения и ее промывку; замену фильтров тонкой очистки топлива; очистку головки цилиндров от нагара; промывку воздушных фильтров и смену в них масла; промывку распылителей форсунок и карбюратора пускового двигателя; смену масла в картерах дизеля, коробке передач, главной и конечных передачах с их предварительной промывкой, корпусах топливного насоса и регулятора частоты вращения дизеля; очистку и промывку дисков сцепления, муфт поворота и тормозов; очистку картера муфты сцепления пускового двигателя и отделений бортовых фрикционов от грязи и масла; смазку трактора в соответствии с картой смазки по инструкции завода-изготовителя; очистку перед смазкой от грязи и пыли мест смазки, обтирку масленок и пробок контрольных и заливных отверстий; проверку состояния гусениц, катков и ведущих колес.

### § 141. Оборудование для обслуживания тракторов

Техническое обслуживание колесных и гусеничных тракторов проводится в благоустроенных утепленных, светлых и вентилируемых помещениях. Эти помещения должны быть оборудованы канавами, моечными площадками, подъемно-транспортным оборудованием, монтажно-демонтажными и контрольно-регулирующими стендами, топливо- и маслораздаточными колонками, водопроводной магистралью и магистралью сжатого воздуха.

Колесные тракторы моют вручную или с помощью специальных моечных установок. Вручную моют водой от водопроводной магистрали струей низкого (196—390 кПа) или высокого (1960—2500 кПа) давления. Механизированная мойка осуществляется с помощью струйных или струйно-щеточных установок. В струйных установках, применяемых для колесных тракторов, моют большим числом водяных струй. После мойки трактор сушат сжатым воздухом. Для заправки трактора топливом применяют топливораздаточные колонки. Топливораздаточные колонки по способу замера отпускаемого топлива подразделяют на скоростные — со счетным механизмом и объемные — с мерными колбами. Современные помещения для технического обслуживания тракторов оборудованы, как правило, топливораздаточными колонками со счетным механизмом. Для заправки механизмов и агрегатов трактора картерным маслом применяют маслораздаточные колонки. Маслораздаточные колонки оборудованы счетными механизмами, которые осуществляют разовый или суммарный учет количества выданного масла. Для заправки агрегатов силовой передачи (коробок перемены передач и ведущих мостов) жидкими маслами применяют маслораздаточные баки с насосом.

Для подачи консистентной смазки к трущимся поверхностям подвижных соединений механизмов и агрегатов трактора применяют солидолонагнетатели. Солидолонагнетатели бывают ручные, механические, пневматические и электромеханические.

2. Выяснить назначение периодического технического обслуживания (ТО). Установить перечень работ, проводимых при ТО, и ознакомиться с ними в такой последовательности:

- а) ознакомиться с крепежными работами;
- б) ознакомиться со смазочно-очистительными работами;
- в) ознакомиться с контрольно-регулирующими работами.

3. Ознакомиться с устройством моечных установок.

4. Ознакомиться с устройством топливо- и маслораздаточных колонок.

5. Ознакомиться с устройством солидолонагнетателей.

**Составление отчета.** Кратко опишите работы, проводимые при техническом обслуживании. Опишите устройство моечных установок, топливо- и маслораздаточных колонок и солидолонагнетателей.

### Литература

- Анохин В. И. Отечественные автомобили. М., 1968.
- Артамонов М. Д., Панкратов Г. П. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей. М., 1963.
- Баизров Д. Д., Златопольский А. В. Применение двигателей внутреннего сгорания на строительных и дорожных машинах. М., 1966.
- Беспалов Н. А., Шелобский Б. В. Топливо и смазочные материалы для дорожных машин. М., 1976.
- Горбунов М. С. Регулировки тракторов. М., 1972.
- Гуревич А. М., Сорокин Е. М. Тракторы и автомобили. М., 1971.
- Зайцевский А. П., Чичков В. А. Практикум по тракторам и автомобилям. М., 1972.
- Автомобили ЗИЛ. Ч. I/Зарубин А. Г., Зубарев А. А., Семенов П. Л., Хмелинин Б. Ф. М., 1971.
- Ильин Н. М. Электрооборудование автомобилей. М., 1965.
- Кленников В. М., Кленников Е. В. Теория и конструкция автомобиля. М., 1967.
- Лызо Г. П., Лызо А. П., Ломовский В. А. Тракторы, автомобили, двигатели. М., 1968.
- Мирошников Д. В. Техническая эксплуатация автомобилей. М., 1965.
- Михайловский Е. В., Серебряков К. Б., Тур Е. Я. Автомобили. М., 1974.
- Нигматулин И. Н., Ценев В. А., Шляхин П. Н. Тепловые двигатели. М., 1974.
- Нацочкин В. В. Техническая термодинамика и теплопередача. М., 1975.
- Несвитский Я. И. Техническая эксплуатация автомобилей. Киев, 1967.
- Крамаренко Г. В. Техническая эксплуатация автомобилей. М., 1972.
- Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей/Под ред. Орлина А. С. М., 1970.
- Панкратов Г. П. Двигатели внутреннего сгорания, автомобили, тракторы и их эксплуатация. М., 1972.
- Панкратов Г. П. Методические указания к лабораторному практикуму по двигателям внутреннего сгорания, автомобилям, тракторам и их эксплуатации. М., 1974.
- Раннев А. В. Двигатели внутреннего сгорания строительных и дорожных машин. М., 1973.
- Томишев М. М. Автомобили и тракторы. Львов, 1970.
- Чернышев Г. Д., Еришов М. В., Крашенинников Д. Н. Двигатели ЯМЗ-236, ЯМЗ-238. М., 1968.
- Шнейдер В. А., Брянский Ю. А. Одноосные и двухосные тягачи строительных и дорожных машин. М., 1966.
- Автомобиль ГАЗ-53. Инструкция по уходу, 1967.
- Инструкция СН 207—68. М., 1968.
- Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. М., 1972.

Стр.

Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	4

### РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ

Глава I. Параметры состояния рабочего тела и законы идеальных газов . . . . .	7
§ 1. Основные параметры состояния рабочего тела . . . . .	7
§ 2. Понятие об идеальном газе . . . . .	8
§ 3. Основные законы идеальных газов . . . . .	9
§ 4. Уравнение состояния идеального газа и универсальная газовая постоянная . . . . .	9
Глава II. Газовые смеси . . . . .	11
§ 5. Понятие о газовой смеси . . . . .	11
§ 6. Закон Дальтона и состав газовой смеси . . . . .	11
§ 7. Плотность, удельный объем и средняя молекулярная масса смеси газов . . . . .	12
§ 8. Газовая постоянная смеси газов и парциальные давления газов . . . . .	14
Глава III. Первый закон термодинамики . . . . .	15
§ 9. Понятие о термодинамическом процессе. Обратимые и необратимые процессы . . . . .	15
§ 10. Графическое изображение процесса в $p$ - $v$ -координатах. Работа расширения или сжатия газа . . . . .	15
§ 11. Внутренняя энергия газа. Энтальпия газа . . . . .	17
§ 12. Первый закон термодинамики . . . . .	18
Глава IV. Теплоемкость газов . . . . .	18
§ 13. Основные определения. Теплоемкости: массовая, объемная и молярная . . . . .	18
§ 14. Средняя и истинная теплоемкости. Определение количества тепла . . . . .	19
§ 15. Теплоемкости при постоянном давлении и постоянном объеме . . . . .	20
§ 16. Теплоемкость газовой смеси . . . . .	21
Глава V. Термодинамические процессы идеальных газов . . . . .	22
§ 17. Основные процессы изменения состояния газов . . . . .	22
§ 18. Изохорный процесс . . . . .	22
§ 19. Изобарный процесс . . . . .	23
§ 20. Изотермический процесс . . . . .	24
§ 21. Адиабатный процесс . . . . .	25
§ 22. Политропные процессы . . . . .	27

	Стр.
Глава VI. Второй закон термодинамики . . . . .	28
§ 23. Понятие о круговом процессе (цикле) теплового двигателя . . . . .	28
§ 24. Цикл Карно . . . . .	30
§ 25. Второй закон термодинамики . . . . .	31
§ 26. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Энтропия . . . . .	31
§ 27. Диаграмма $T-S$ . . . . .	33
§ 28. Изображение основных процессов изменения состояния газов и цикла Карно в системе координат $T-S$ . . . . .	33

## РАЗДЕЛ ВТОРОЙ ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Глава VII. Общие сведения о двигателях внутреннего сгорания и их классификация . . . . .	35
§ 29. Классификация двигателей . . . . .	35
§ 30. Основные понятия и определения . . . . .	36
§ 31. Общее устройство и принцип действия двигателей . . . . .	37
Глава VIII. Принципы работы двигателей внутреннего сгорания . . . . .	41
§ 32. Основы теории двигателей внутреннего сгорания . . . . .	41
§ 33. Рабочие циклы четырехтактных карбюраторных и дизельных двигателей . . . . .	44
§ 34. Рабочие циклы двухтактных двигателей . . . . .	48
§ 35. Многоцилиндровые двигатели . . . . .	48
§ 36. Равномерность хода двигателя . . . . .	50
Глава IX. Параметры, характеризующие работу двигателя . . . . .	51
§ 37. Среднее индикаторное давление и индикаторная мощность . . . . .	51
§ 38. Эффективная мощность и среднее эффективное давление . . . . .	52
§ 39. Индикаторный к. п. д. и удельный индикаторный расход топлива . . . . .	53
§ 40. Эффективный к. п. д. и удельный эффективный расход топлива . . . . .	54
§ 41. Тепловой баланс двигателя . . . . .	55
§ 42. Литровая и налоговая мощности двигателя . . . . .	56
Глава X. Кривошипно-шатунный механизм . . . . .	56
§ 43. Блок цилиндров и гильзы цилиндров . . . . .	56
§ 44. Головки цилиндров . . . . .	58
§ 45. Поддон картера . . . . .	59
§ 46. Поршни, поршневые кольца и пальцы . . . . .	60
§ 47. Шатуны . . . . .	63
§ 48. Коленчатый вал, маховик и гаситель крутильных колебаний . . . . .	64
§ 49. Крепление двигателя к раме . . . . .	67
§ 50. Неисправности кривошипно-шатунного механизма и техническое обслуживание . . . . .	67
Глава XI. Механизм газораспределения . . . . .	68
§ 51. Конструкция и принцип действия механизмов газораспределения . . . . .	69
§ 52. Фазы газораспределения . . . . .	70
§ 53. Конструкция деталей клапанного механизма газораспределения . . . . .	71
§ 54. Декомпрессионный механизм . . . . .	75
§ 55. Неисправности механизма газораспределения и техническое обслуживание . . . . .	76

Глава XII. Система охлаждения . . . . .	77
§ 56. Назначение и виды охлаждения двигателей . . . . .	77
§ 57. Система жидкостного охлаждения . . . . .	78
§ 58. Конструкция и принцип действия элементов системы жидкостного охлаждения . . . . .	79
§ 59. Система воздушного охлаждения . . . . .	82
§ 60. Неисправности системы охлаждения и техническое обслуживание . . . . .	83
Глава XIII. Система смазки . . . . .	84
§ 61. Масла для двигателей внутреннего сгорания . . . . .	84
§ 62. Назначение и виды систем смазки . . . . .	86
§ 63. Комбинированная система смазки . . . . .	87
§ 64. Конструкция и принцип действия элементов системы смазки . . . . .	89
§ 65. Вентилирование картера . . . . .	92
§ 66. Неисправности системы смазки и техническое обслуживание . . . . .	94
Глава XIV. Система питания карбюраторных двигателей . . . . .	95
§ 67. Топливо для карбюраторных двигателей . . . . .	95
§ 68. Система питания карбюраторного двигателя . . . . .	96
§ 69. Смесеобразование. Влияние качества и состава горючей смеси на работу двигателя . . . . .	97
§ 70. Конструкция и принцип действия элементарного карбюратора . . . . .	98
§ 71. Главная дозирующая система карбюратора . . . . .	99
§ 72. Вспомогательные устройства и системы карбюратора . . . . .	101
§ 73. Конструкция и работа карбюратора . . . . .	105
§ 74. Подача топлива и воздуха в карбюратор и горючей смеси в двигатель . . . . .	107
§ 75. Система питания газовых двигателей . . . . .	111
§ 76. Неисправности системы питания карбюраторных двигателей и техническое обслуживание . . . . .	112
Глава XV. Система питания дизельных двигателей . . . . .	115
§ 77. Топливо для дизельных двигателей . . . . .	115
§ 78. Смесеобразование в дизелях . . . . .	116
§ 79. Система питания дизеля . . . . .	118
§ 80. Топливные насосы высокого давления . . . . .	121
§ 81. Форсунки . . . . .	126
§ 82. Регуляторы частоты вращения . . . . .	128
§ 83. Неисправности системы питания дизельных двигателей и техническое обслуживание . . . . .	131
Глава XVI. Система зажигания . . . . .	134
§ 84. Назначение и виды систем зажигания . . . . .	134
§ 85. Система батарейного зажигания . . . . .	134
§ 86. Установка батарейного зажигания . . . . .	140
§ 87. Источники тока . . . . .	140
§ 88. Реле-регулятор . . . . .	143
§ 89. Неисправности системы батарейного зажигания и техническое обслуживание . . . . .	145
§ 90. Система зажигания от магнето . . . . .	148
Глава XVII. Пусковые устройства двигателей . . . . .	150
§ 91. Способы пуска двигателей . . . . .	150
§ 92. Пуск электрическим стартером . . . . .	151
§ 93. Пуск вспомогательным карбюраторным двигателем . . . . .	154
§ 94. Средства, облегчающие запуск двигателей . . . . .	154

Глава XVIII. Двигатели, устанавливаемые на строительных машинах, и их технические характеристики . . . . .	156
§ 95. Требования, предъявляемые к двигателям строительных машин . . . . .	156
§ 96. Характеристики двигателей внутреннего сгорания строительных и дорожных машин . . . . .	156
§ 97. Конструкции двигателей внутреннего сгорания строительных и дорожных машин . . . . .	158

**РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ  
АВТОМОБИЛИ И ТРАКТОРЫ**

Глава XIX. Общие сведения об автомобилях и тракторах . . . . .	163
§ 98. Классификация автомобилей и тракторов . . . . .	163
§ 99. Общее устройство автомобилей и тракторов . . . . .	164
§ 100. Характеристики автомобилей и тракторов, применяемых в сельском хозяйстве . . . . .	167
Глава XX. Силовые передачи . . . . .	167
§ 101. Назначение и типы силовых передач . . . . .	167
§ 102. Схемы силовых передач грузовых автомобилей . . . . .	169
§ 103. Схемы силовых передач тракторов . . . . .	171
§ 104. Назначение и типы автомобильных и тракторных сцеплений . . . . .	171
§ 105. Сцепление автомобилей и тракторов . . . . .	172
§ 106. Назначение и типы коробок передач . . . . .	175
§ 107. Автомобильные и тракторные коробки передач . . . . .	176
§ 108. Раздаточные коробки . . . . .	180
§ 109. Назначение и типы карданных передач . . . . .	182
§ 110. Конструкция карданных передач . . . . .	182
§ 111. Назначение, типы и принципы действия главной передачи и дифференциала . . . . .	184
§ 112. Конечная передача . . . . .	187
§ 113. Полуоси . . . . .	188
§ 114. Главная передача и дифференциал автомобилей . . . . .	189
§ 115. Главная передача, дифференциал и конечная передача колесного трактора . . . . .	190
§ 116. Неисправности сцепления, коробки передач, раздаточной коробки, карданной, главной и конечной передач, дифференциала и техническое обслуживание . . . . .	190
Глава XXI. Ходовая часть автомобилей и тракторов . . . . .	193
§ 117. Остов автомобилей и тракторов . . . . .	193
§ 118. Задний и передний мосты автомобилей и колесных тракторов . . . . .	194
§ 119. Подвеска колесных машин . . . . .	196
§ 120. Колеса . . . . .	199
§ 121. Установка управляемых колес . . . . .	202
§ 122. Гусеничный движитель . . . . .	203
§ 123. Подвеска трактора . . . . .	207
§ 124. Неисправности ходовой части автомобилей, тракторов и техническое обслуживание . . . . .	208
Глава XXII. Механизмы управления автомобилями и тракторами . . . . .	210
§ 125. Рулевое управление автомобилями и колесными тракторами . . . . .	210
§ 126. Механизмы поворота гусеничных тракторов . . . . .	214
§ 127. Тормозные системы автомобилей и тракторов . . . . .	216

§ 128. Неисправности механизмов управления и техническое обслуживание . . . . .	221
---	-----

Глава XXIII. Электрооборудование автомобилей и тракторов . . . . .	223
§ 129. Схемы электрооборудования автомобилей и тракторов . . . . .	223
§ 130. Приборы освещения . . . . .	225
§ 131. Приборы сигнализации . . . . .	226
§ 132. Контрольно-измерительные приборы. Предохранители . . . . .	227
§ 133. Неисправности электрооборудования автомобилей, тракторов и техническое обслуживание . . . . .	230
Глава XXIV. Автомобили специального назначения . . . . .	231
§ 134. Автомобили-самосвалы . . . . .	231
§ 135. Автомобильные поезда, прицепы и специализированные кузова . . . . .	235

**РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ**

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ, КОЛЕСНЫХ ТЯГАЧЕЙ И ТРАКТОРОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Глава XXV. Техническое обслуживание грузовых автомобилей и колесных тягачей в процессе их эксплуатации . . . . .	237
§ 136. Обкатка грузовых автомобилей и колесных тягачей . . . . .	237
§ 137. Техническое обслуживание грузовых автомобилей и колесных тягачей . . . . .	239
§ 138. Оборудование для обслуживания грузовых автомобилей и колесных тягачей . . . . .	241
Глава XXVI. Техническое обслуживание гусеничных и колесных тракторов в процессе их эксплуатации . . . . .	241
§ 139. Обкатка тракторов . . . . .	241
§ 140. Техническое обслуживание тракторов . . . . .	242
§ 141. Оборудование для обслуживания тракторов . . . . .	244

**РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ**

**ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО ДВИГАТЕЛЯМ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, АВТОМОБИЛЯМ, ТРАКТОРАМ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ  
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

Глава XXVII. Лабораторно-практические работы по двигателям внутреннего сгорания . . . . .	245
Работа 1. Ознакомление с устройством кривошипно-шатунного механизма . . . . .	245
Работа 2. Снятие и установка поршневых колец . . . . .	247
Работа 3. Ознакомление с устройством механизма газораспределения . . . . .	249
Работа 4. Проверка и регулировка тепловых зазоров в газораспределительном механизме . . . . .	251
Работа 5. Ознакомление с устройством, расположением и креплением элементов системы охлаждения . . . . .	253