

Г. С. БАБИЧ, С. Н. ДОРОШЕНКО

Б-125

# ДИЗЕЛЬ М400

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ  
И РЕМОНТ

БИБЛИОТЕКА  
- 534 П -

- 1969/8 -  
СН.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТРАНСПОРТ»  
МОСКВА — 1969

## Г л а в а I

### КОНСТРУКЦИЯ ДИЗЕЛЯ М400

#### § 1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА ДИЗЕЛЯ

Судовой двенадцатилиндровый V-образный дизель М400 (рис. 1—3), созданный на базе дизеля М50, является легким, быстроходным, большой мощности четырехтактным двигателем с водяным охлаждением.

Дизель выпускается в двух модификациях: правого вращения (коленчатый вал вращается по часовой стрелке) и левого вращения (коленчатый вал вращается против часовой стрелки, если смотреть со стороны нагнетателя). Отличаются они внешним видом реверсивной муфты, нагнетателя, насоса забортной воды, выпускной системы, а также расположением насоса пресной воды и маслонагнетающего насоса с центрифугой. Размещение этих агрегатов на дизеле левого вращения по отношению к агрегатам дизеля правого вращения зеркальное. Дизель состоит из следующих основных узлов и систем.

**Картер.** Картер отлит из алюминиевого сплава АЛ4. Он разделен на две части: верхнюю 3 (см. рис. 2), несущую нагрузку, и нижнюю 2. Плоскость разъема их проходит ниже оси коленчатого вала. К переднему торцу картера на шпильках крепится нагнетатель 9 (см. рис. 3), а к заднему — реверсивная муфта 21. По бокам верхней части картера расположены опоры коробчатого сечения 4 (см. рис. 2), которые обеспечивают ему жесткость в продольном направлении и используются для крепления дизеля к подмоторной раме. Плоскость опор находится на уровне оси коленчатого вала. Семь двойных поперечных перегородок 15 (см. рис. 3) внутри картера придают ему необходимую жесткость, а также служат для размещения и крепления подвесок 1 (см. рис. 2). Последние обрабатываются совместно с верхней частью картера для монтажа коренных вкладышей 13 (см. рис. 3), являющихся подшипниками скольжения коленчатого вала 19.

На верхней горизонтальной плоскости картера установлены четыре опоры 4 для крепления топливного насоса высокого давления 5 и две опоры под кронштейны генератора 6. На верхней части картера имеются две чисто обработанные плоскости под моноблоки (6 и 17) цилиндров (см. рис. 2), расположенные одна к другой под углом 120°. В каждой из них расточено шесть отверстий, в которые с зазором входят выступающие из моноблока нижние части гильз 19. Моноблоки фиксируются на картере двумя установочными штифтами и крепятся к нему четырнадцатью силовыми шпильками 7. В передней части картера расточено пять отверстий под стаканы шестерен передач. В центральном вертикальном отверстии монтируется узел привода к топливному насосу и генератору (см. рис. 16). В двух отверстиях, расположенных

симметрично под углом  $30^\circ$  к вертикальной оси картера, устанавливаются узлы нижних наклонных передач привода механизма распределения. Два других отверстия, также расположенные симметрично коси под углом  $75^\circ$ , предназначены для установки передач к маслonaгнетающему насосу с центрифугой и передачи к насосу пресной воды. Все

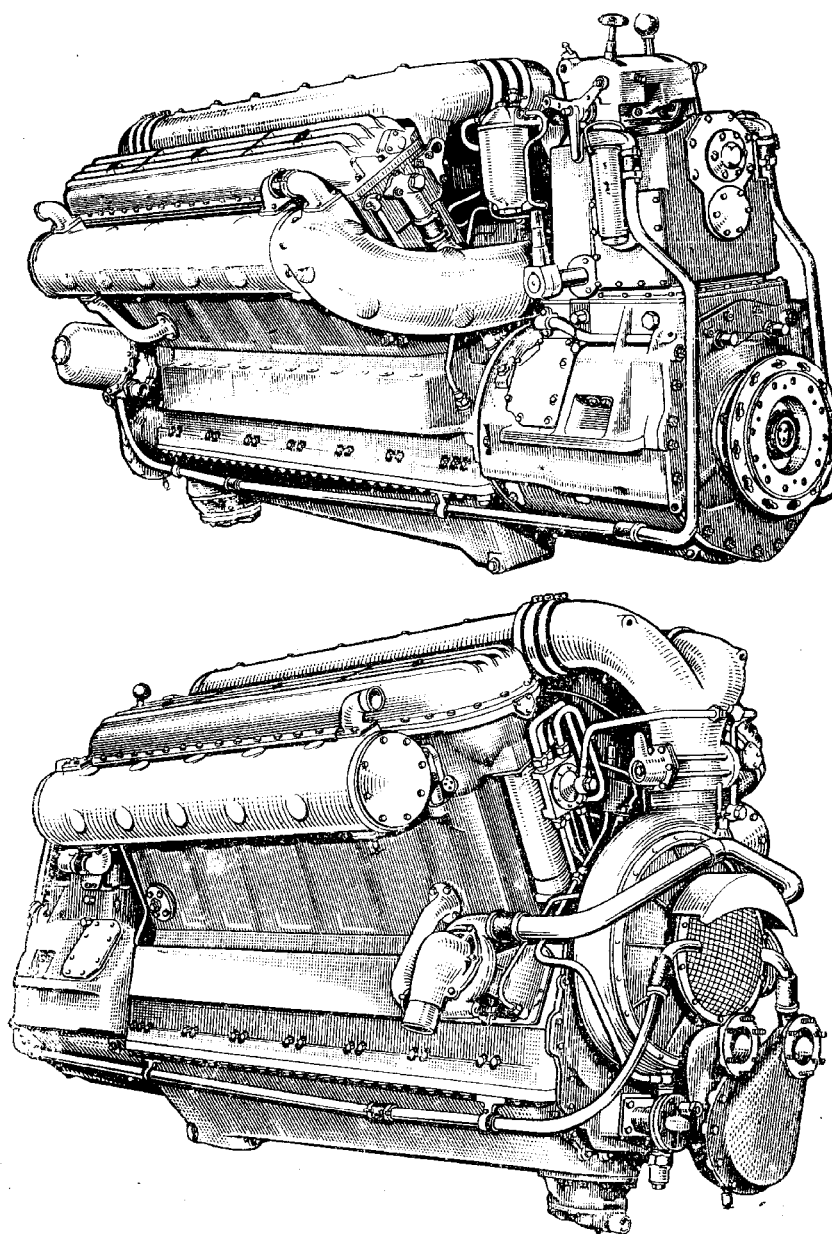


Рис. 1. Общий вид дизеля М400

пять отверстий имеют фланцы со шпильками для установки и крепления указанных узлов и агрегатов. Нижняя часть картера непосредственно не воспринимает усилия от шатунно-поршневого механизма. Она закрывает последний снизу и служит маслосборником, на дне которого находятся маслоотстойник 17 (см. рис. 3), закрытый пеногасительной сеткой 16, и две маслооткачивающие трубы 18. К фланцу, прилитому к торцовой сетке картера со стороны нагнетателя, крепится привод 11 маслооткачивающего насоса, а снизу картера имеется чисто обработанный фланец для крепления маслооткачивающего насоса 12.

**Коренные вкладыши.** Вкладыши разъемные и взаимозаменяемые. Основа их стальная, залита тонким слоем свинцовистой бронзы. Внутренняя рабочая поверхность расточена по гиперболе с кривизной 0,02—0,03 мм и покрыта свинцовооловянистым сплавом. Зазор между вкладышем и шейкой коленчатого вала выдерживается в пределах 0,075—0,130 мм. Такая конструкция вкладышей при правильном их монтаже и надежной смазке, строгое выполнение требований инструкции по эксплуатации обеспечивает надежную работу подшипников и сводит до минимума износ их. После отработки дизелем установ-

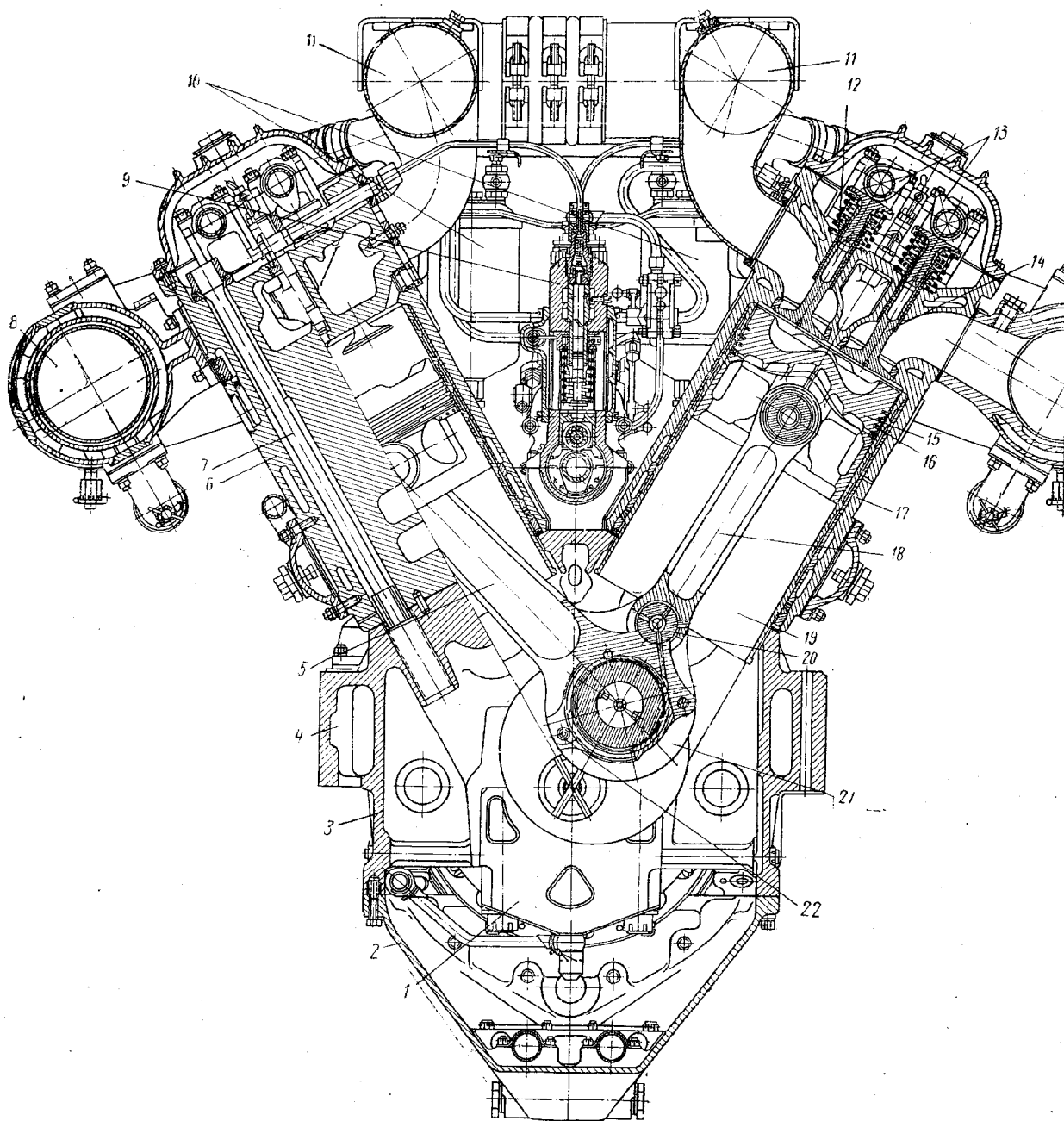


Рис. 2. Поперечный разрез дизеля М400

ленного моторесурса на вкладышах сохраняется слой свинцово-оловянистого покрытия, толщина которого при изготовлении равна 0,015—0,020 мм. Чтобы устранить ослабление посадки вкладышей в

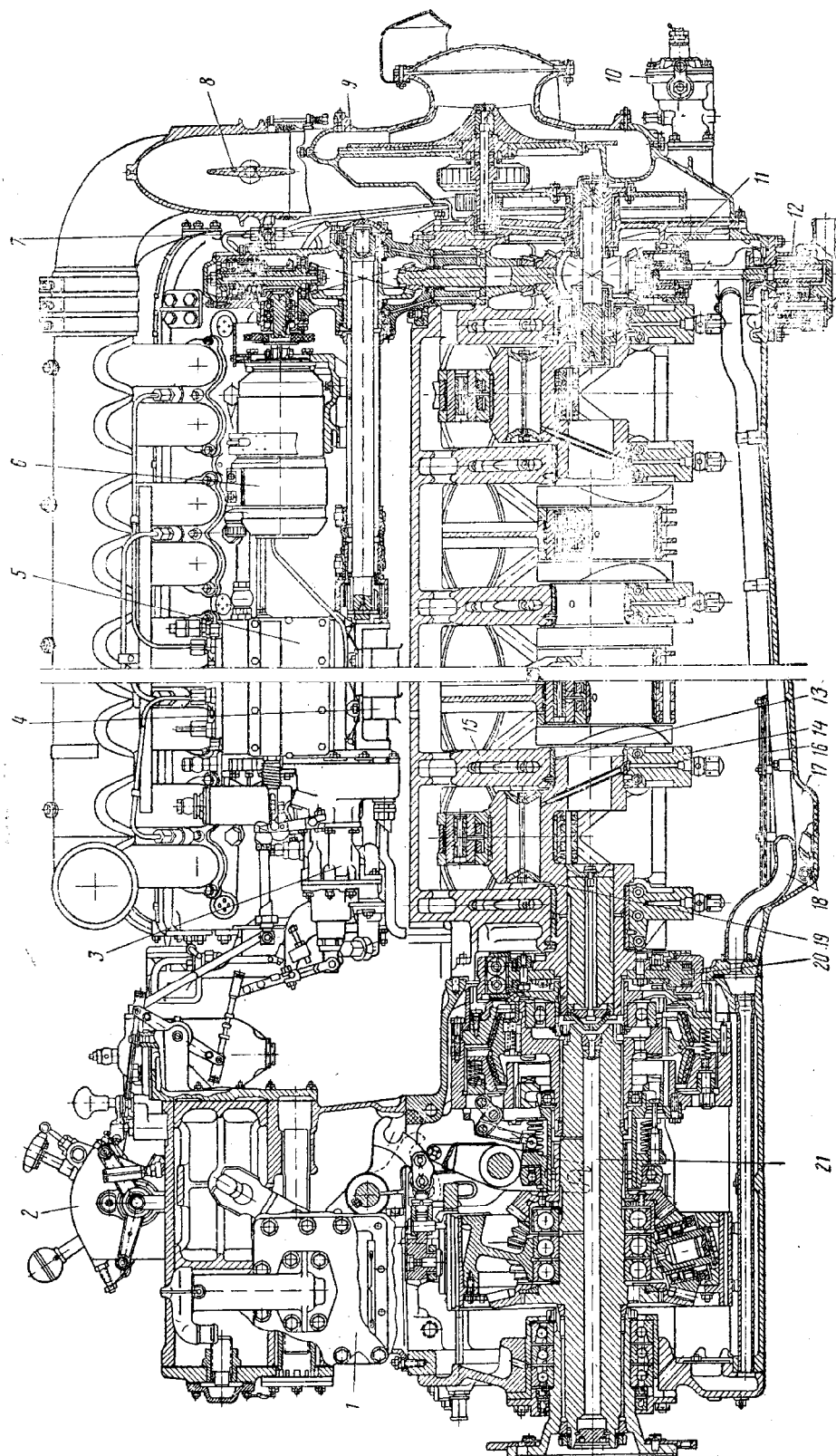


Рис. 3. Продольный разрез дизеля М400

ОФ 7-0,2, в которые монтируется поршневой палец плавающего типа из легированной стали.

**Моноблок** (правый 17 и левый 6). Он представляет собой жесткую отлитую из алюминиевого сплава АЛ-4 деталь, объединяющую головку и блок цилиндров в одно целое. В шесть отверстий в нижней части моноблока запрессовываются гильзы 19 цилиндров. Гильза цилиндра изготовлена из стали 18ХМЮА. Внутренняя поверхность ее азотирована, на наружную напрессована рубашка из углеродистой стали. На наружной же поверхности гильзы под углом  $30^\circ$  к ее оси нарезаны тридцать винтовых канавок, которые обеспечивают равномерный поток охлаждающей воды во время работы дизеля.

Каждый цилиндр имеет два впускных 12 и два выпускных 14 клапана, открывающихся с помощью кулачков 13, расположенных на распределительных валиках. Кулачки непосредственно действуют на тарелки клапанов. Закрываются клапаны тремя цилиндрическими пружинами. На наружной стороне моноблоков крепятся газовыпускные коллекторы 8, охлаждаемые пресной водой, а с внутренней — впускные неохлаждаемые коллекторы 11, соединяющиеся переходником с агрегатом наддува. В переходнике смонтирован автомат предельных оборотов 8 (см. рис. 3), предохраняющий дизель от «разноса» в случае отказа в работе регулятора. При 2100—2400 об/мин дизеля заслонка автомата перекрывает воздушный тракт. Заслонка имеет также дистанционное закрытие.

**Система передач** (см. рис. 16). Она состоит из конических и цилиндрических шестерен и валиков. Расположена система в передней части дизеля и приводится во вращение от центральной конической шестерни коленчатого вала. Посредством ее осуществляется передача вращения к распределительным валикам, топливному насосу, генератору, маслonaгнетающему и маслооткачивающему насосам и насосу пресной воды, а также к приводному центробежному нагнетателю и к установленным на нем насосу забортной воды и топливоподкачивающему насосу.

**Топливная система.** В нее входят:

топливный насос высокого давления 9 (см. рис. 2), подающий топливо к форсункам. Он устанавливается в развале блоков дизеля. Насос блочного типа двенадцатиплунжерный с двусторонней отсечкой. К заднему торцу его крепится всережимный регулятор 3 (см. рис. 3), который имеет привод через упругую шестерню, сидящую на конце кулачкового валика насоса. Всережимный регулятор непрямого действия. Он поддерживает любое заданное число оборотов дизеля от минимальных до максимальных. Для ограничения «заброса» оборотов при пуске дизеля регулятор снабжен гидравлическим упором пуска. Регулятор включается только в том случае, если давление масла, поступающего в него, достигает  $1,5\text{—}2\text{ кг/см}^2$ . При падении давления масла ниже указанной величины он автоматически выключает подачу топлива, и дизель останавливается;

форсунка закрытого типа с гидравлически управляемой иглой. Она находится в центре камеры между впускными и выпускными клапанами. Давление начала впрыска топлива составляет  $200\text{ кг/см}^2$ ;

толивоподкачивающий насос 10, установленный на корпусе нагнетателя и обеспечивающий подачу топлива в насос высокого давления;

два топливных фильтра 10 (см. рис. 2), включенных параллельно. Они служат для очистки от механических примесей топлива, подаваемого в топливный насос высокого давления.

**Нагнетатель** (см. рис. 3). Нагнетатель 9 приводной центробежный. Он осуществляет наддув дизеля и установлен на переднем торце картера. В новой модификации дизеля М401 нагнетатель заменен

## § 2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЯ

Условное обозначение	— по ГОСТ 4393—48 12ЧСН 18/20, завод- ское М400.
Тип дизеля	— четырехтактный с во- дяным охлаждением и наддувом.
Число цилиндров	— 12.
Расположение цилиндров	— V-образное, под уг- лом 60°.
Порядок нумерации цилиндров	— от нагнетателя к ре- версивной муфте.
Диаметр цилиндра	— 180 мм.
Ход поршня:	
в цилиндре с главным шатуном	— 200 мм;
в цилиндре с прицепным шатуном	— 209,8 мм.
Рабочий объем цилиндров	— 62,4 л.
Средняя скорость поршня	— 12,6 м/сек.
Степень сжатия	— $13,5 \pm 0,5$ .
Выполняемые модели дизеля в зависи- мости от направления вращения коленча- того вала	— правая и левая.
Направление вращения фланца ревер- сивной муфты (если смотреть на дизель со стороны нагнетателя):	
у дизеля правой модели	— по часовой стрелке;
у дизеля левой модели	— против часовой стрел- ки.
Мощность дизеля на переднем ходу (на выходном фланце реверсивной муфты) при нормальных внешних условиях (темпе- ратура 20°C, барометрическое давление 760 мм рт. ст., относительная влажность 70%):	
номинальная при 1700 об/мин и про- тиводавлении на выпуске не более 190 мм рт. ст., замеренном у выпускного патрубка 1-го цилиндра левого блока на дизеле правого вращения или 1-го цилинд- ра правого блока на дизеле левого враще- ния	— 1000 л. с.;
продолжительность непрерывной рабо- ты дизеля на номинальной мощности	— без ограничения во времени;
максимальная при 1800 об/мин	— 1100 л. с.;
продолжительность непрерывной рабо- ты на максимальной мощности	— не более 1 ч;
суммарное время работы дизеля на данной мощности	— не более 5% от уста- новленного срока службы.
Мощность на заднем ходу при 750 об/мин	— 250 л. с.

Продолжительность непрерывной работы	— не более 1 ч.
Число оборотов холостого хода на упоре реверсирования	— 850 об/мин.
Продолжительность непрерывной работы	— не более 1 ч.
Минимально устойчивое число оборотов гребного винта при мощности 30 л. с.	— 500 об/мин.
Мощность дизеля на переднем ходу в условиях повышенных температур (при 45°C):	
номинальная при 1700 об/мин и противодавлении на выпуске не более 190 мм рт. ст., замеренном у выпускного патрубка 1-го цилиндра левого блока на дизеле правого вращения или у 1-го цилиндра правого блока на дизеле левого вращения	— 900 л. с.
продолжительность непрерывной работы дизеля на номинальной мощности	— без ограничения во времени.
максимальная при 1800 об/мин	— 1030 л. с.
продолжительность непрерывной работы дизеля на данной мощности	— не более 1 ч.
суммарное время работы дизеля на данной мощности	— не более 5% от установленного срока службы.
Топливо	— основное — дизельное марки ДС (ГОСТ 4749—49), заменитель — дизельное марки ДЛ (ГОСТ 4749—49).
Удельный расход топлива при минимальной мощности	— не более 193 г/л.с.-ч.
Масло	— основное — авиационное марки МК-22 (ГОСТ 1013—49), заменитель — авиационное марки МС-20 (ГОСТ 1013—49).
Присадка к маслу	— ЦИАТИМ-339 (ГОСТ 8312—57) в количестве 3% по весу.
Удельный расход масла при номинальной мощности	— не более 6 г/л.с.-ч.
Срок службы масла до замены	— 120 ч.
Температура масла: на входе в дизель	— не ниже 40 и не выше 70° С, рекомендуемая 55—60° С;
на выходе из дизеля	— не выше 95° С.
Давление масла в главной магистрали при установившемся режиме:	
на номинальной мощности	— 6—9 кг/см <sup>2</sup> ;
на максимальной мощности	— не менее 5 кг/см <sup>2</sup> ;
на минимально устойчивых оборотах	— не менее 3 кг/см <sup>2</sup> .



Вес масла	— 25 кг.
Система смазки: маслонагнетающий насос	— шестеренчатый с центрифугой;
производительность насоса при 1600 об/мин коленчатого вала и противо- давлении 8 кг/см <sup>2</sup>	— не менее 120 л/мин;
маслооткачивающий насос	— шестеренчатый с двумя полостями отсасывания;
производительность насоса при 1700 об/мин коленчатого вала и противо- давлении 2 кг/см <sup>2</sup>	— не менее 200 л/мин;
фильтры	— сетчатые двойные переключаемые;
агрегат предварительной прокачки масла и топлива	— с приводом от электродвигателя постоянного тока МПБ-53 напряжением 24 в.
Система охлаждения	— принудительная замкнутого типа, пресной водой.
Насос пресной воды	— центробежный, производительность 670 л/мин при 3450 об/мин и противо-давлении на выходе 1,6 кг/см <sup>2</sup> .
Охлаждение дизеля и выпускных коллекторов	— принудительное, пресной водой с добавлением 1,1% хромпика.
Насос забортной воды	— водокольцевой самовсасывающий, производительность 430 л/мин при 1700 об/мин коленчатого вала и противо-давлении на выходе 1,5 кг/см <sup>2</sup> .
Температура воды: на входе в дизель на выходе из дизеля	— не ниже 55° С; — не выше 85° С.
Перепад температуры охлаждающей воды	— не более 20° С.
Вес воды в дизеле	— 32 кг.
Топливная система: топливopодкачивающий насос	— шестеренчатый, высота всасывания 1 м, производительность 16—17 л/мин при 1650 об/мин коленчатого вала и давлении 3 кг/см <sup>2</sup> ;

топливный насос	— типа ТН-12М, двенадцатиплунжерный, с диаметром плунжера 13 мм и ходом 12 мм;
форсунки	— закрытого типа с гидравлически управляемой иглой и распылителем;
топливные фильтры	— сетчатые фетровые, работающие параллельно;
регулятор	— всережимный непрерывного действия с упруго присоединенным катарактом и гидравлическим упором пуска, ограничивающим заброс оборотов при пуске дизеля, обеспечивает поддержание любого заданного числа оборотов от минимальных (500 об/мин) до максимальных (1800 об/мин) с колебанием их $\pm 20$ об/мин при работе с нагрузкой, 30 об/мин при минимально устойчивых оборотах, $\pm 50$ об/мин при работе на холостом ходу. При внезапном сбросе нагрузки со 100% до 0 он ограничивает число оборотов дизеля до 2000 в минуту;
начало подачи топлива в градусах угла поворота коленчатого вала	— 29—31 до в. м. т.;
давление топлива на входе в топливный насос	— 1,5—3,5 кг/см <sup>2</sup> .
Наддув дизеля:	
нагнетатель	— центробежный с механическим приводом;
давление наддува при номинальной мощности, замеренное у 1-го цилиндра впускного коллектора, при барометрическом давлении не ниже 760 мм рт. ст. и температуре воздуха до +20°С	— не менее 1,55 кг/см <sup>2</sup> .

Примечания: 1. При температуре наружного воздуха свыше +20°С допускается на каждые 10°С уменьшение давления наддува на 0,025 кг/см<sup>2</sup>.

2. При барометрическом давлении ниже 760 мм рт. ст. допускается на каждые 10 мм рт.ст. уменьшение давления наддува на 0,025 кг/см<sup>2</sup>.

## Реверсивная муфта

### Управление реверсивной муфтой

Давление масла в главной магистрали дизеля на режиме реверсирования при 700 об/мин и температуре на входе в дизель до 70°C

Максимально допустимое давление гребного винта на упорные подшипники реверсивной муфты  
Система пуска

Момент начала подачи пускового воздуха в градусах угла поворота коленчатого вала

Приемистость дизеля

Емкость пускового баллона

Давление пускового воздуха в баллоне

Расход воздуха на один пуск холодного дизеля

Число последовательных пусков от одного баллона ( $P=150 \text{ кг/см}^2$ ,  $V=40 \text{ л}$ ):  
холодного дизеля

горячего дизеля

Общий уровень воздушного шума

Уровень вибрации

Маховой момент дизеля (с реверсивной муфтой)

Гарантийный срок службы дизеля

Срок работы дизеля до первой переборки (подъема блоков)

Срок работы дизеля до капитального ремонта (при двух полных его переборках)

Габариты дизеля (не более):

длина

ширина

высота

— с синхронизатором и жестким кулачковым сцеплением на переднем ходу и конической передачей на заднем ходу. Отношение оборотов гребного вала к оборотам дизеля на переднем ходу равно 1, на заднем 0,8.

— гидравлическое от масляной магистрали дизеля.

— не ниже  $5,5 \text{ кг/см}^2$ .

— 4000 кг.

— сжатым воздухом при температуре воды и масла в дизеле не ниже +15°C и давлении воздуха в баллоне не ниже  $75 \text{ кг/см}^2$ .

— 10—12 после в. м. т.

— полностью прогретый дизель может принять нагрузку от минимальной до номинальной за время не более 10 сек (по моменту).  
— не менее 40 л.

—  $75—150 \text{ кг/см}^2$ .

— 600—800 л.

— не менее 6;

— 25—30;

— не выше 125 дб.

— не выше 715.

— 25 кгм.

— 1000 ч.

— 1000—1500 ч.

— 4000 ч.

— 2600 мм;

— 1220 » ;

— 1250 » .

Максимальная температура отработавших газов (факультативно)

— не выше  $650^{\circ}\text{C}$ .

Соединение дизеля с гребным валом

— непосредственное через жесткий фланец.

Вес дизеля (сухой) со всеми навешенными на нем агрегатами и с трубопроводами

— не более 1800 кг.

Порядок работы цилиндров:  
на дизеле правого вращения

— 1л—6пр—5л—2пр—  
— 3л—4пр—6л—1пр—  
— 2л—5пр—4л—3пр;

на дизеле левого вращения

— 1пр—6л—4пр—3л—  
— 2пр—5л—6пр—1л—  
— 3пр—4л—5пр—2л.

Фазы газораспределения (в градусах угла поворота коленчатого вала):

открытие впускного клапана

—  $50 \pm 3$  до в. м. т.;

закрытие впускного клапана

—  $56 \pm 3$  после в. м. т.;

продолжительность впуска

—  $286 \pm 6$ ;

открытие выпускного клапана

—  $56 \pm 3$  до н. м. т.;

закрытие выпускного клапана

—  $50 \pm 3$  после в. м. т.;

продолжительность выпуска

—  $286 \pm 3$ .

Конструкция пускового устройства и поста управления допускает пуск, управление дизелем и реверсивной муфтой, остановку дизеля (нормальную и аварийную) как дистанционно, так и из машинного отделения. Дизель может работать при постоянном наклоне продольной оси в сторону реверсивной муфты до  $15^{\circ}$  и при периодических (кратковременных) крене до  $45^{\circ}$  и дифференте до  $15^{\circ}$ .

(два в правом ряду и два в левом) заняли верхнее положение. Устанавливают на них электрогрелки и включают последние в сеть. Нагревают поршни до  $100-120^{\circ}\text{C}$ . После нагрева с поршней снимают электрогрелки. Поддерживая поршень одной рукой, на которой надета парусиновая рукавица, другой выталкивают поршневой палец вместе с заглушкой, а затем уже снимают поршень с шатуна. Остальные поршни снимают аналогично, только коленчатый вал следует поворачивать в положение, удобное для закрепления электрогрелок на поршнях.

**Снятие топливного насоса.** Демонтируют крышку на корпусе привода топливного насоса. Вынимают из хвостовика конической шестерни привода замковое кольцо и рессору топливного насоса. Снимают хомуты с дюритового шланга, соединяющего кожух рессоры с патрубком торцевой крышки топливного насоса. Отвертывают трубку подвода масла к насосу и трубку его слива из регулятора. Отвертывают гайки крепления топливного насоса к кронштейнам, снимают насос и закрывают деревянными пробками отверстия для слива масла из его картера.

**Снятие амортизатора коленчатого вала.** Отвертывают и вынимают болты, соединяющие фланец вала отбора мощности дизеля с гребным валом, и болты крепления дизеля к подмоторной раме, вынимают конический штифт в верхней части картера реверсивной муфты и отвертывают гайки ее крепления. Отсоединяют реверсивную муфту от картера дизеля и отодвигают от него на  $150-200\text{ мм}$ . Поднимают

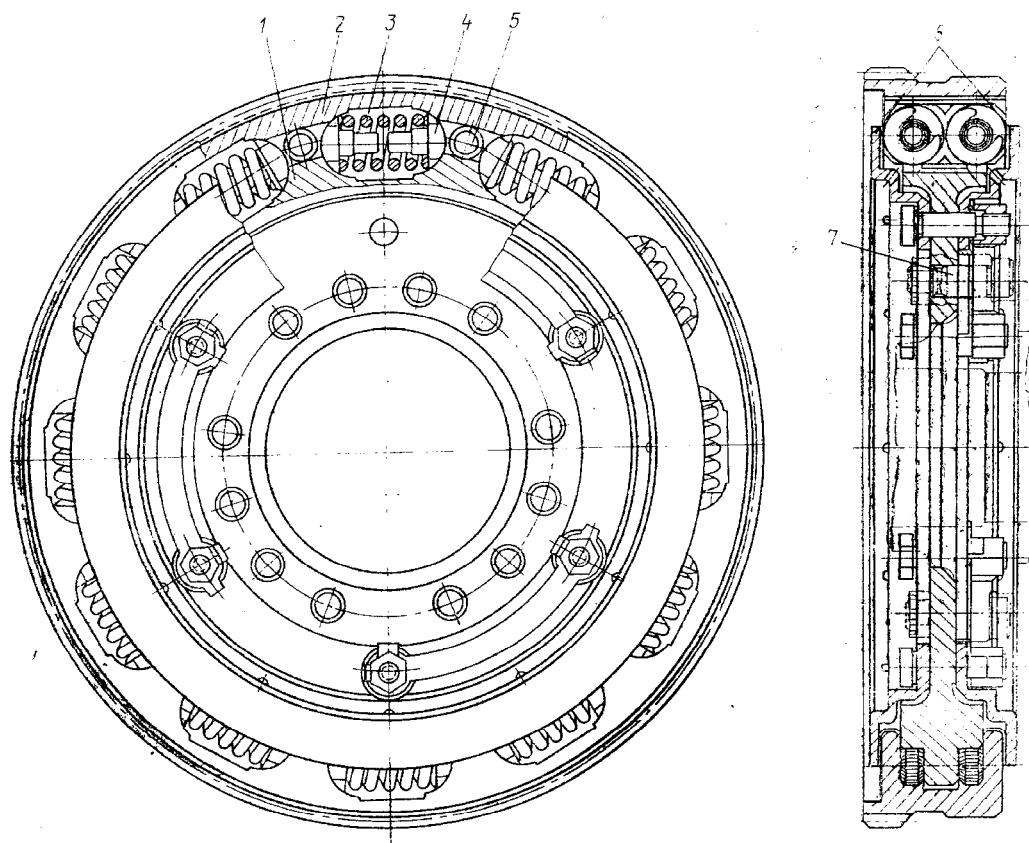


Рис. 4. Двенадцатигнездный амортизатор

и переставляют муфту на другое место. Отвертывают гайки крепления амортизатора к коленчатому валу и снимают амортизатор с призонных болтов 7 (рис. 4).

коподшипник 6, набитый солидолом, и устанавливают распорную втулку 8. Кронштейн 5 в сборе с подшипником 10 напрессовывают на валик 7 до упора. Устанавливают мембрану 17, пружинную шайбу 16, фланец 15 и заворачивают гайку 14. Сборку кронштейна заканчивают затяжкой гаек 11 и 12 с последующей контровкой их отгибными шайбами.

Правильность сборки кронштейна проверяют легкостью вращения валика 7. На втулку 20 надевают уплотнительное резиновое кольцо 19 и устанавливают ее на плоскость корпуса 2 насоса, закрепляют четырьмя болтами, которые контрят отгибными шайбами. Соединив кронштейн 5 в сборе с корпусом 2 насоса, равномерно закрепляют их гайками. В манжет 21 вставляют резиновое кольцо 22 и надевают его на валик 7, осторожно подвинув до упора во втулку 20. Надевают на валик стальную шайбу 23, пружину 24 и наворачивают крыльчатку 3, закрепив ее гайкой 26, которую контрят отгибной шайбой.

Правильность сборки насоса проверяют вращением крыльчатки, которое должно быть тугое, но без заеданий и прихватов. Затем крышку 1 насоса надевают на шпильки корпуса 2 и закрепляют ее так, чтобы ось приемного патрубка была параллельна оси контрольного отверстия 25.

## § 6. СБОРКА ДИЗЕЛЯ

**Установка амортизатора на коленчатый вал.** Устанавливают собранный амортизатор на выступающую часть призонных болтов и посадочный поясик коленчатого вала так, чтобы совпали заводские метки (риски) на поводке амортизатора и фланце вала. При этом обеспечиваются динамическая балансировка вала и совпадение отверстий для призонных болтов в его фланце и поводке амортизатора, обрабатываемых одновременно. Ударами молотка по алюминиевой наставке равномерно напрессовывают амортизатор так, чтобы можно было навернуть гайки призонных болтов на две-три нитки. Затем, равномерно затягивая гайки, допрессовывают его до упора во фланец коленчатого вала, плотно затягивают гайки и зашлинтовывают их на «якорь».

**Установка топливного насоса.** Перед установкой топливного насоса проверяют и подтягивают гайки крепления его опор 4 (см. рис. 3), расположенных на верхней части картера. Проверяют, есть ли на опорах центрирующие втулки, которые служат не только для центровки насоса, но и для слива масла из его картера в картер дизеля, а также резиновые кольца на крайних опорах. Затем выдвигают рессору привода топливного насоса до упора в нагнетатель и устанавливают проверенный и отрегулированный насос с всережимным регулятором на опоры, заведя предварительно его патрубок в дюритовый шланг, закрепленный на кожухе рессоры. Закрепляют топливный насос на опорах картера и заводят один конец рессоры в шлицы муфты на кулачковом валике насоса, а другой — в шлицы большой конической шестерни его привода. Свободное перемещение рессоры по шлицам муфты и конической шестерни свидетельствует о том, что топливный насос установлен правильно. Если рессора перемещается по шлицам туго, необходимо перемещать ее то в одну, то другую сторону опор. Только при достижении свободного перемещения рессоры по шлицам можно приступить к закреплению топливного насоса на опорах. После этого закрепляют хомутом дюритовый шланг на патрубке насоса, подсоединяют трубку подвода масла к насосу и трубку слива его из регулятора.

**Установка поршней.** До начала установки поршней комплект их с поршневыми пальцами располагают на рабочем месте по порядку номеров и проверяют по клеймам принадлежность к данному дизелю. На

нимая за него резкое возрастание усилия на ключе. После этого наносят метки керном на каждой шпильке и гайке. Затягивают гайки силовых шпилек на четыре грани ( $240^\circ$ ) и крайних шпилек на три с половиной грани ( $210^\circ$ ). Затяжку гаек производят одновременно с двух сторон в последовательности, указанной на рис. 7, за четыре приема, по одной грани за прием.

Для снятия напряжения скручивания в силовых шпильках все гайки после затяжки поворачивают в обратную сторону небольшим нажатием руки на ключ. При этом гайка вместе со шпилькой повернется на 0,5—1,5 мм. Затянув гайки, опускают резиновое кольцо на верхнем стакане наклонной передачи каждого моноблока вниз. Заправляют уплотнительное кольцо в выточку среднего стакана, закрепленного на картере, и зажимают гайкой, наворачивая ее на стакан.

**Установка реверсивной муфты.** Для отсчета углов поворота коленчатого вала на корпусе синхронизатора реверсивной муфты нанесена градуированная шкала с обозначениями верхней (в.м.т.) и нижней (н.м.т.) мертвых точек 1-го поршня левого моноблока на дизеле правого вращения и 1-го поршня правого моноблока на дизеле левого вращения. Против шкалы расположен визир — металлическая рамка с двумя натянутыми проволоками. При установке реверсивной муфты снимают крышку визира на ее картере, переключают ручным управлением муфту на передний ход и вращают за фланец отбора мощности до тех пор, пока метка 0 — в.м.т. — 1 л. ц на градуированной шкале не совпадает с плоскостью нитей визира. Затем снимают форсунку 1-го левого цилиндра (для дизеля правого вращения), ставят вместо нее рыгляж 1М 55-61сб и поворачивают коленчатый вал в такое положение, чтобы поршень 1-го цилиндра левого блока находился в в.м.т.

Устанавливают на шпильки привалочной плоскости реверса паронитовую прокладку, а в кольцевую выточку на фланце крепления картера реверсивной муфты к верхнему картеру с левой стороны (для дизеля правого вращения) — медно-асбестовое кольцо, уплотняющее маслоснабжающий трубопровод. Надевают реверсивную муфту на шпильки до полного прилегания к фланцу картера дизеля. При этом шлицы амортизатора должны свободно войти в шлицы реверсивной муфты. При необходимости провертывают вал отбора мощности. Затем запрессовывают в верхнюю часть фланца реверсивной муфты конический штифт, который фиксирует положение ее картера относительно картера дизеля. В таком положении закрепляют муфту гайками.

Для точной установки в.м.т. поршня 1-го левого цилиндра или проверки ее поворачивают коленчатый вал на  $50$ — $60^\circ$  против хода, после чего снова медленно вращают его по ходу и наблюдают за подъемом риска стержня рыгляжа.

Когда поршень не дойдет до в.м.т. на  $10$ — $15^\circ$ , прекращают вращение вала и в плоскости совмещения двух нитей визира фиксируют количество делений на градуированном диске корпуса фрикциона и на корпусе рыгляжа против риски на его стержне. Снова медленно вращают коленчатый вал по ходу и останавливают его, когда риска стержня рыгляжа, поднявшись вверх, снова опустится и дойдет до деления, первоначально отмеченного на корпусе рыгляжа. В этом положении на градуированном диске фрикциона против плоскости совмещения двух нитей визира фиксируют новое количество делений. Расстояние между двумя замерами (количеством делений на градуированном диске) делят пополам. В данном случае получают фактическое положение в.м.т. 1-го левого цилиндра. Если оно не совпадает с градуировкой на диске (0 — в.м.т. — 1 л.ц), устанавливают коленчатый вал в положение в.м.т. 1-го левого цилиндра и переставляют указатель визира на отметку 0 — в.м.т. — 1 л.ц. Правильность определения в.м.т. проверяют несколько раз.

## § 7. РЕГУЛИРОВКА ДИЗЕЛЯ

**Укладка распределительных валиков дизеля правого вращения.** Все четыре распределительных валика вращаются против часовой стрелки. Порядок работы цилиндров дизеля правого вращения: 1 л — 6 пр — 5 л — 2 пр — 3 л — 4 пр — 6 л — 1 пр — 2 л — 5 пр — 4 л — 3 пр. Укладка распределительных валиков впуска для двух моноблоков производится при положении кулачков, совпадающем с началом впуска, а распределительных валиков выпуска — с концом выпуска в данном цилиндре. До начала укладки распределительных валиков на головки моноблоков устанавливают промежуточные передачи с подшипниками и подшипники распределительных валиков без крышек в строгом соответствии с их маркировкой. Все подшипники смазывают маслом.

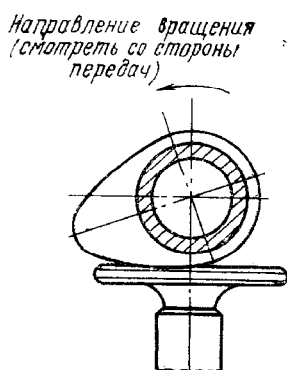


Рис. 8. Положение кулачков (начало впуска) при укладке распределительного валика впуска

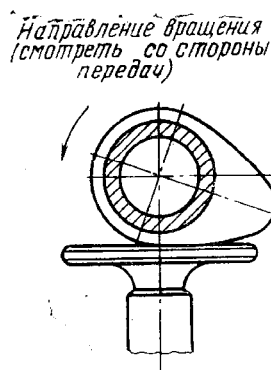


Рис. 9. Положение кулачков (конец выпуска) при укладке распределительного валика выпуска

Распределительные валики укладывают в соответствии с порядком работы цилиндров, т. е. начиная с 1-го цилиндра левого моноблока. Для этого коленчатый вал устанавливают по градуировке на барабане синхронизатора в положение, при котором он не доходит до в.м.т. 1-го левого цилиндра на  $50^\circ$  (по диску  $310^\circ$ ), что соответствует началу впуска. При укладке распределительного валика впуска нужно следить за тем, чтобы кулачки 1-го цилиндра находились в положении начала открытия клапанов впуска (рис. 8). Смазывают шейки валика маслом и закрывают все подшипники, кроме упорного, крышками в строгом соответствии с их маркировкой. Крепление гайками начинают с упорного подшипника и выполняют в два приема — сначала затягивают две гайки по диагонали на каждом подшипнике, а затем остальные. Гайки затягивают ключом ЛМ 9690-533 без чрезмерных усилий, чтобы не деформировать подшипник.

После укладки распределительного валика впуска поворачивают по ходу коленчатый вал на  $100^\circ$ , т. е. до деления  $50^\circ$  после в.м.т. 1-го поршня левого моноблока. Это положение соответствует концу впуска в 1-м цилиндре левого моноблока. При данном положении укладывают распределительный валик выпуска. При его укладке кулачки 1-го цилиндра должны находиться в положении конца закрытия клапанов впуска (рис. 9). Порядок укладки и затягивания гаек подшипников такой же, как и распределительного валика впуска.

Уложив оба валика, устанавливают крышку упорного подшипника, закрепляют ее гайками и проверяют осевой зазор распределительного валика, который должен быть в пределах 0,1—0,55 мм.



Промежуточный вал, подшипники и распределительные валики правого блока устанавливают так же, как и левого, с той лишь разницей, что распределительные валики укладывают по началу впуска и концу выпуска 6-го цилиндра правого моноблока. Для этого коленчатый вал поворачивают против хода на  $40^\circ$  (на диске  $10^\circ$ ), что соответствует  $50^\circ$  до в. м. т. 6-го цилиндра правого моноблока. При указанном положении на подшипники укладывают распределительный валик впуска так, чтобы кулачки цилиндра находились в положении начала открытия клапанов впуска (см. рис. 8).

Уложив валик впуска и закрепив крышку подшипников, поворачивают коленчатый вал по ходу на  $100^\circ$ , т. е. до деления  $110^\circ$  по диску, что соответствует концу выпуска правого моноблока  $50^\circ$  после в. м. т. 6-го цилиндра правого моноблока. При этом на подшипники укладывают распределительный валик впуска таким образом, чтобы кулачки 6-го цилиндра находились в положении, показанном на рис. 9. Затем проверяют на всех гайках крепления подшипников совпадение их прорезей с отверстиями под шпильки в шпильках и в случае необходимости довертывают гайки и зашплинтовывают их.

**Укладка распределительных валиков дизеля левого вращения.** Порядок выполнения всех работ по укладке распределительных валиков дизеля левого вращения такой же, как и правого. Разница его вызывается лишь порядком работы цилиндров дизеля левого вращения: 1 пр — 6 л — 4 пр — 3 л — 2 пр — 5 л — 6 пр — 1 л — 3 пр — 4 л — 5 пр — 2 л. В соответствии с этим укладку распределительных валиков производят на правый блок по началу впуска и концу выпуска 1-го цилиндра правого моноблока, а затем на левый блок по началу впуска и концу выпуска 6-го цилиндра левого моноблока. При этом коленчатый вал вращают по ходу (против часовой стрелки, если смотреть на дизель со стороны передачи).

**Регулировка фаз газораспределения.** Регулировку фаз газораспределения производят с целью обеспечения открытия и закрытия клапанов впуска и выпуска каждого цилиндра в моменты, соответствующие диаграммам фаз газораспределения. Диаграмма фаз газораспределения дизеля показана на рис. 10 и 11. Из нее следует, что начало впуска соответствует  $50^\circ$  до в. м. т.; конец впуска  $56^\circ$  после н. м. т.; начало выпуска  $56^\circ$  до н. м. т. и конец выпуска  $50^\circ$  после

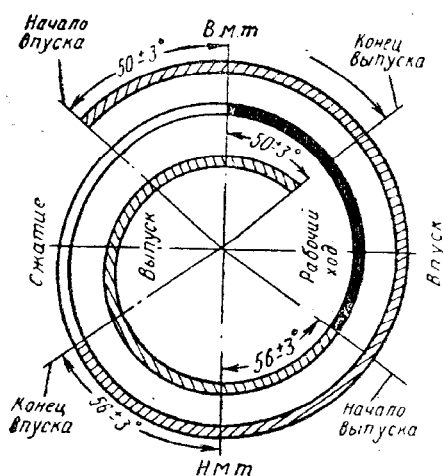


Рис. 10. Диаграмма фаз газораспределения (дизеля правого вращения)

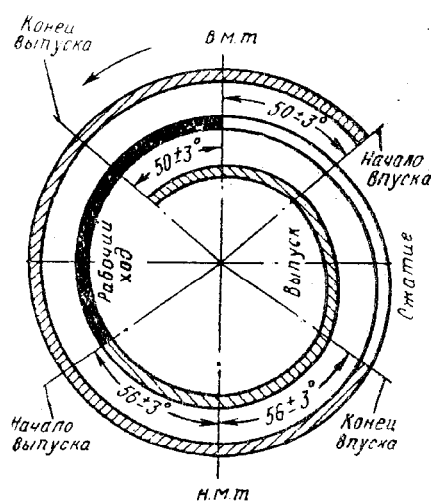


Рис. 11. Диаграмма фаз газораспределения (дизеля левого вращения)

в. м. т. Фаза — это продолжительность открытия впускного или выпускного клапана в соответствии с диаграммой газораспределения. Она равна  $286 \pm 6^\circ$ . Фазу газораспределения регулируют по каждому впускному и выпускному клапану в отдельности путем вывертывания из клапана тарелки или ввертывания ее.

Чтобы отрегулировать фазу одного клапана, необходимо определить моменты (по градуированной шкале) начала открытия и конца закрытия его. По количеству градусов на шкале подсчитывают величину фазы и, если она не соответствует  $286 \pm 6^\circ$ , регулируют ее. Для определения начала открытия клапана коленчатый вал поворачивают по ходу в положение, при котором кулачок не соприкасается с тарелкой на  $5-10^\circ$ . Затем берутся за замок тарелки клапана двумя пальцами (большим и указательным) и пытаются повернуть клапан, продолжая при этом медленно на  $0,5-1^\circ$  вращать по ходу коленчатый вал. До начала открытия клапан плотно сидит на фаске седла и не проворачивается. В момент, когда кулачок начнет нажимать на тарелку, клапан отрывается от седла и его легко можно повернуть. При этом прекращают вращение коленчатого вала и замечают по градуированной шкале момент начала открытия клапана впуска (в градусах до в. м. т.) и выпуска (в градусах до н. м. т.).

На плоскости моноблока против клапана карандашом записывают величину открытия. Затем продолжают вращение коленчатого вала по ходу и, когда кулачок будет выходить из соприкосновения с тарелкой клапана, поворачивают его за замок тарелки двумя пальцами то вправо, то влево. До посадки клапана на седло его легко проворачивать. В момент посадки на седло он перестает проворачиваться. При этом прекращают вращение коленчатого вала и определяют по градуированной шкале момент закрытия клапана впуска (в градусах после н. м. т.) или клапана выпуска (в градусах после в. м. т.). На плоскости моноблока против клапана записывают величину закрытия. По количеству градусов начала открытия и конца закрытия клапана на шкале определяют величину фазы. Если она не соответствует  $286 \pm 6^\circ$ , регулируют ее путем завертывания и вывертывания тарелки клапана.

Поясним это примерами. Клапан впуска 1-го цилиндра открывается за  $48^\circ$  до в. м. т., а закрывается за  $76^\circ$  после н. м. т., следовательно, фаза его будет равна  $48 + 180 + 76 = 304^\circ$ , т. е. больше на  $18^\circ$  по сравнению с нормальной  $286^\circ$ . Значит, на  $18^\circ$  необходимо уменьшить фазу путем завертывания тарелки клапана. Тарелку завертывают до тех пор, пока начало впуска не уменьшится на  $9^\circ$  и не будет соответствовать  $39^\circ$  до в. м. т. При этом конец впуска тоже уменьшится на  $9^\circ$  и будет соответствовать  $67^\circ$  после н. м. т. Фаза будет равна  $39 + 180 + 67 = 286^\circ$ , что соответствует техническим требованиям.

Клапан выпуска 1-го цилиндра открывается за  $20^\circ$  до н. м. т., а закрывается за  $36^\circ$  после в. м. т., следовательно, фаза его будет равна  $20 + 180 + 36 = 236^\circ$ , т. е. на  $50^\circ$  меньше нормальной  $286^\circ$ . В данном случае нужно увеличить фазу на  $50^\circ$  путем вывертывания тарелки клапана. Тарелку вывертывают до тех пор, пока начало выпуска не увеличится на  $25^\circ$  и не будет соответствовать  $45^\circ$  до н. м. т. Конец выпуска при этом также увеличится на  $25^\circ$  и будет соответствовать  $61^\circ$  после в. м. т. Значит, фаза будет равна  $45 + 180 + 61 = 286^\circ$ , что соответствует техническим требованиям.

**Установка начала и конца впуска или выпуска в соответствии с диаграммой газораспределения.** После регулировки фаз всех клапанов они могут быть сдвинуты вправо или влево от требуемых величин начала открытия и конца закрытия клапана. Сдвиг фаз в нужную сторону производится поворотом распределительного валика относительно коленчатого вала. Поясним это на примере. После регулировки фазы

клапана впуска начало его открытия будет за  $39^\circ$  до в.м.т., а конец закрытия  $67^\circ$  после н.м.т. Вращением коленчатого вала по ходу устанавливают начало открытия клапана впуска ( $39^\circ$  до в.м.т.), как это было показано выше. Отвертывают гайку на переднем конце распределительного валика впуска, которой крепится цилиндрическая шестерня.

Легкими ударами по алюминиевой наставке сдвигают шестерню со шлицев хвостовика распределительного валика. При этом валик, установленный на начало впуска, будет разъединен с коленчатым валом. Последний поворачивают против хода в положение  $70-80^\circ$  до в.м.т., а затем в положение  $50^\circ$  до в.м.т. Снятую шестерню с хвостовика разворачивают так, чтобы она свободно вошла на шлицы хвостовика и в зацепление с зубьями шестерни промежуточной передачи. После этого шестерню насаживают на хвостовик распределительного валика, закрепляют гайкой и зашплинтовывают. Повертывают коленчатый вал против хода на  $10-15^\circ$ , а затем медленно вращают его по ходу, проверяя начало открытия клапана. Он должен открыться за  $50^\circ$  до в.м.т., что соответствует диаграмме газораспределения. Так же устанавливают начало открытия и конец закрытия клапана выпуска.

После установки начала открытия и конца закрытия клапанов 1-го цилиндра проверяют начало открытия и конец закрытия по всем остальным цилиндрам данного моноблока и при необходимости подрегулируют их путем заворачивания или выворачивания тарелок, используя допуск на открытие и закрытие клапана  $\pm 3^\circ$ . В каждом цилиндре следует проверить и обеспечить подрегулировкой одновременность открытия и закрытия обоих клапанов впуска, а также обоих клапанов выпуска. Неодновременность открытия и закрытия клапанов допускается не более  $2^\circ$  по углу поворота коленчатого вала. Проверяют зазоры между затылками кулачков и тарелками клапанов. Они должны быть в пределах  $0,9-1,08$  мм. При регулировке газораспределения по всем цилиндрам для определения верхних и нижних мертвых точек поршней следует пользоваться диаграммой рис. 12.

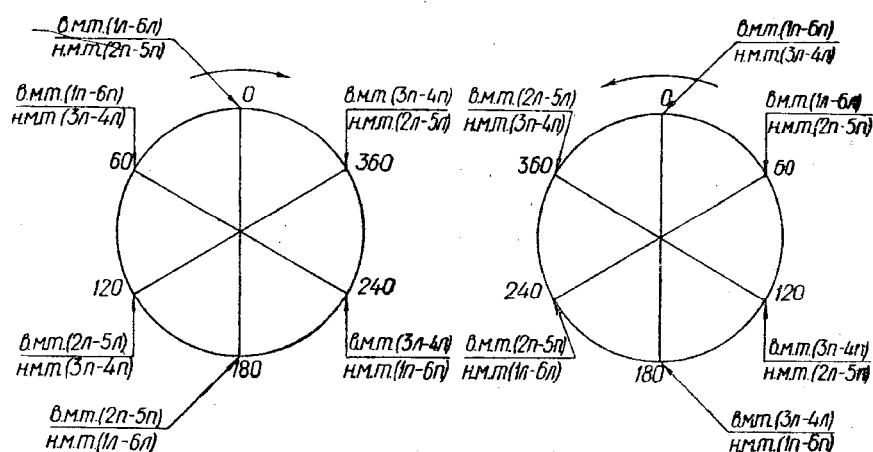


Рис. 12. Расположение верхних и нижних мертвых точек для всех цилиндров дизеля правого (слева на рисунке) и левого вращения (справа на рисунке).

**Установка угла опережения подачи топлива.** Угол опережения подачи топлива устанавливают по 2-му плунжеру насоса при его положении  $29-31^\circ$  до в.м.т. во время рабочего такта (при этом все клапаны должны быть закрыты) на дизеле правого вращения по 1-му цилиндру левого моноблока, на дизеле левого вращения по 1-му цилиндру правого моноблока. Регулировку угла опережения подачи

топлива производят в такой последовательности. Устанавливают воронку на ниппель подачи топлива в насос. Перемещают ручкой аварийного пуска рейку насоса на полную подачу топлива, фиксируя ее в этом положении. Заливают топливо в воронку через шелковое полотно и, отвернув гайки на штуцерах замера давления и отвода отсечного топлива, заполняют рабочие полости насоса топливом до вытекания его без пузырьков воздуха, после чего гайки на штуцерах заворачивают. Устанавливают приспособление 1М 55-79сб (мениск) на штуцер 2-го плунжера насоса. Выводят рессору привода насоса из зацепления со шлицами конической шестерни. Другой ее конец должен находиться в шлицах муфты кулачкового валика насоса. Проворачивают кулачковый вал за выступающий конец рессоры против часовой стрелки до тех пор, пока из штуцера 2-го плунжера не начнет вытекать топливо без пузырьков воздуха. Затем медленно поворачивают рессору до начала подъема (страгивания) уровня топлива в стеклянной трубке.

Установив ручную положение переднего хода на реверсивной муфте, проворачивают коленчатый вал по ходу за фланец отбора мощности в положение  $30^\circ$  до в.м.т. при рабочем такте 1-го цилиндра левого моноблока (для дизеля правого вращения) или 1-го цилиндра правого моноблока (для дизеля левого вращения). Клапаны в цилиндрах должны быть закрыты. После этого устанавливают рессору в положение, при котором шлицы ее с обоих концов свободно войдут в зацепление. Соединив кулачковый вал насоса рессорой с шестерней привода, поворачивают коленчатый вал против хода на  $50-60^\circ$  и затем медленно вращают его по ходу. При положении поршня 1-го цилиндра примерно  $35-38^\circ$  до в.м.т. коленчатый вал проворачивают резкими толчками на  $0,5-1^\circ$ , наблюдая за положением уровня топлива в стеклянной трубке мениска. В момент начала подъема топлива в ней прекращают вращение коленчатого вала. По градуированной шкале на корпусе фрикционного определяют угол опережения подачи топлива.

Если этот угол соответствует  $29-31^\circ$  до в.м.т. 1-го цилиндра, значит, он установлен правильно. Если угол будет меньше или больше указанной величины, следует (не поворачивая коленчатого вала) вывести рессору привода топливного насоса из шлицевых соединений и вторично вращением коленчатого вала подвести поршень 1-го цилиндра в положение  $30^\circ$  до в.м.т. Установить рессору так, чтобы ее шлицы с обоих концов свободно вошли в зацепление. Соединить кулачковый вал насоса с шестерней привода рессорой. Затем не менее трех раз проверить вращением коленчатого вала угол опережения подачи топлива. И только при совпадении всех трех показаний в пределах  $29-31^\circ$  до в.м.т. можно считать установку угла опережения подачи топлива правильной.

## **§ 8. НЕИСПРАВНОСТИ В РАБОТЕ, ТРЕБУЮЩИЕ РАЗБОРКИ ДИЗЕЛЯ, И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ**

**Стружка или блески цвета меди в масляном фильтре.** В масляной системе дизеля как на входной, так и на выходной магистралях установлены сдвоенные фильтры, которые можно осматривать и промывать, не останавливая дизель. Переключение одной секции на другую разрешается только в том случае, если обе секции заполнены маслом. Оно производится быстрым поворотом крана из одного крайнего положения в другое на оборотах, не превышающих 1600 в минуту. Масляный фильтр на выходной магистрали служит не только фильтрующим элементом, но и является индикатором работы деталей дизеля. Поэтому осматривать его следует ежедневно, но не реже чем после 10—12 ч работы дизеля. При обнаружении во время эксплуатации

избежать выпадания штифтов и обеспечить надежность и долговечность работы дизеля.

При выпадании штифта во время работы дизеля в нем появляются удары (стуки) в результате значительного увеличения зазора между шатунной шейкой и вкладышем шатуна. Штифт ударяет о щеку коленчатого вала, вследствие чего могут быть выведены из строя коленчатый вал и шатун, а при отрыве крышки возможна поломка верхней части картера и моноблоков. Дизель с такими неисправными деталями надолго выходит из строя. Для его ремонта требуется большое количество дорогостоящих деталей. Поэтому необходимо очень внимательно осматривать масляный фильтр, при обнаружении стальной стружки прекратить эксплуатацию дизеля и подвергнуть его разборке. Порядок замены шатуна и коленчатого вала изложен выше.

3. Износ, выкрашивание или поломка зубьев шестерен передач. Конические и цилиндрические шестерни являются очень надежными деталями дизеля. При выполнении требований по эксплуатации они могут работать длительное время. Наличие в масле абразивных частиц приводит к абразивному износу зубьев. При резкой потере маслом вязкости или неправильном монтаже и регулировке зацепления на рабочих поверхностях зубьев может происходить выкрашивание с

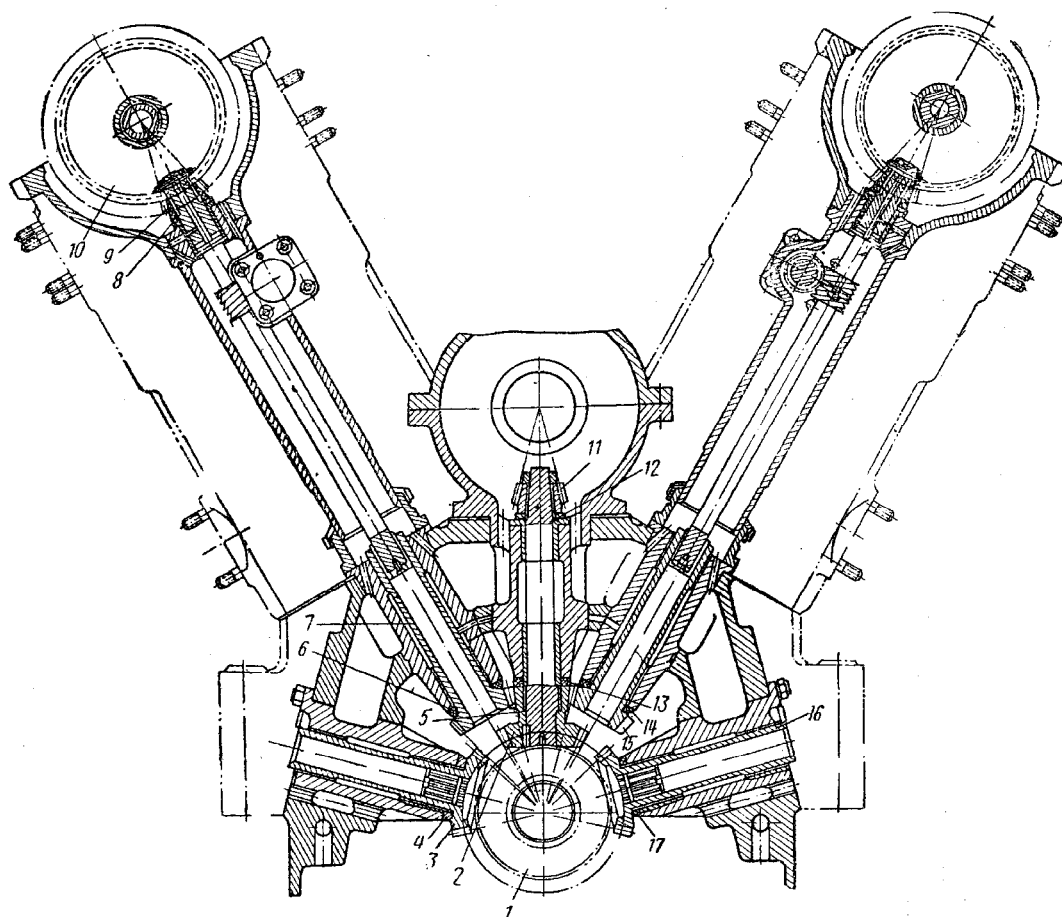


Рис. 16. Передачи

образованием оспинок или продолговатых ямок. Выкрашивание начинается обычно на поверхности ножки зуба, вблизи его полюсной линии. На цементированных рабочих поверхностях зубьев вначале появляются очень мелкие поры, едва заметные на глаз. Размер и число

их постепенно увеличиваются. Они могут покрывать всю поверхность ножек зубьев. Наличие пор приводит к обминанию или задирам зубьев.

Зубчатые колеса еще в состоянии работать длительное время, прежде чем процесс выкрашивания полностью разрушит поверхность зубьев. Однако при обнаружении в масляном фильтре мелких стальных частиц, свидетельствующих о выкрашивании цементированного слоя, необходимо прекратить эксплуатацию дизеля и осмотреть шестерни передач, так как поломка одного зуба может привести к выходу из строя зубчатых передач.

Поломка зуба шестерни происходит также вследствие больших перегрузок или ударных нагрузок, вызываемых заеданием приводимого агрегата или механизма. При замене дефектной шестерни нужно учитывать следующее. Зацепление любых двух конических шестерен

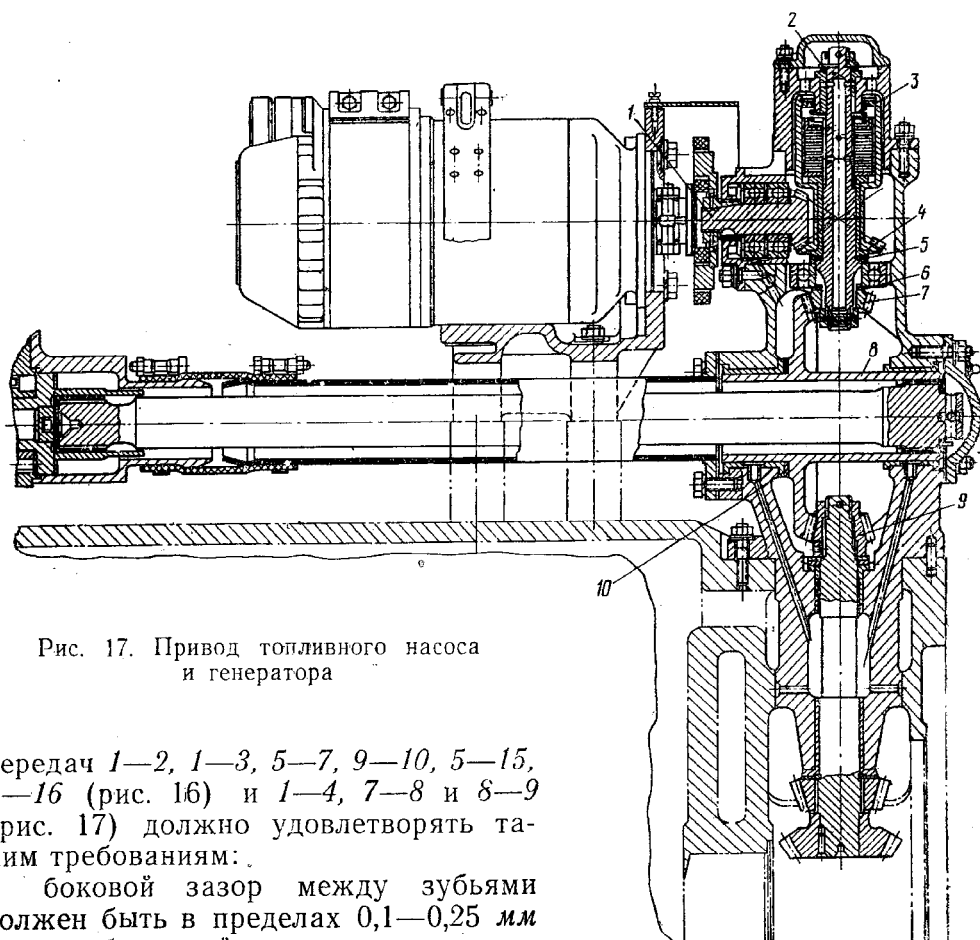


Рис. 17. Привод топливного насоса и генератора

передач 1—2, 1—3, 5—7, 9—10, 5—15, 1—16 (рис. 16) и 1—4, 7—8 и 8—9 (рис. 17) должно удовлетворять таким требованиям:

боковой зазор между зубьями должен быть в пределах 0,1—0,25 мм (для работавшей пары допускается 0,3 мм);

разномерность зазора (разница между наибольшим и наименьшим зазором при повороте шестерен на один оборот) для одной пары шестерен допускается не более 0,12 мм.

Правильность зацепления шестерен проверяется по отпечатку краски.

Регулировка бокового зазора и правильности зацепления шестерен производится регулировочными шайбами 4, 6, 8, 13, 14, 17 (см. рис. 16) и 2, 3, 5, 6 и 10 (см. рис. 17), установленными под опорные торцы шестерен. При проверке боковых зазоров устанавливают стойку с индикатором так, чтобы она не качалась. Подвижная ножка индикатора должна упираться (с натягом) в середину зуба прове-

вязкость и давление масла в главной магистрали, вследствие чего уменьшится перепад температур масла на входе и выходе. Для определения правильности показаний дистанционных термометров необходимо поменять местами приемники на входе и выходе масла, проверяя перепад температур и давление его в главной магистрали. При отклонениях в показаниях термометров заменить термометр на входе масла и проверить давление его в главной магистрали при температуре 55—60°С на всех режимах работы дизеля.

Разжижение масла топливом также может привести к понижению его вязкости. При пониженном давлении масла в главной магистрали надо взять его пробу и проверить в лаборатории вязкость и температуру вспышки. Кинематическая вязкость при 100°С в сантистоксах для масла МК-22 должна быть не менее 22, а для масла МС-20 не менее 20. Температура вспышки, определяемая прибором Мартенса-Пенского, для масла МК-22 должна быть не ниже 230°С, а для масла МС-20 не ниже 225°С. При попадании в масло топлива вязкость его и температура вспышки будут уменьшаться прямо пропорционально количеству попавшего топлива. Если не представляется возможность проверить вязкость и температуру вспышки масла в лаборатории, необходимо заменить его и определить давление в главной магистрали. При повышении давления в последней прекратить эксплуатацию дизеля до тех пор, пока не будут определены вязкость и температура вспышки масла в лаборатории.

Топливо может попадать в масло из топливного насоса через трещины во втулке его плунжера. При этом дизель не будет развивать максимальных оборотов и на выпуске появится черный дым. Для определения неисправности на неработающем дизеле следует отсоединить от штуцеров топливного насоса все трубки, по которым топливо поступает к форсункам. Ручкой аварийного пуска установить полную подачу топлива. Поочередно присоединяя к каждому штуцеру насоса форсунку (трубку и форсунку использовать из одиночного комплекта запасных частей) и проворачивая коленчатый вал вручную, определяют, какая его секция не обеспечивает нормальную подачу топлива форсункой. Неисправный топливный насос заменяют или ремонтируют (см. гл. V).

Топливо может попадать в масло из распылителя при зависании иглы форсунки. В данном случае дизель не будет развивать максимальных оборотов и на выпуске появится черный дым. Зависание иглы распылителя на работающем дизеле можно установить по пульсации подаваемого топлива. Для этого необходимо большим и указательным пальцами взяться за трубку форсунки; у работающей форсунки почувствуется пульсация подаваемого топлива, а у форсунки с зависшим распылителем она будет отсутствовать. Отключение такой форсунки может лишь привести к незначительному падению оборотов дизеля или совсем не отразится на его работе. Неисправную форсунку заменяют проверенной или ремонтируют (см. гл. V).

Следует иметь в виду, что при зависании иглы форсунки может произойти и зависание нагнетательного клапана топливного насоса. При этом топливо будет самотеком поступать в цилиндр, что может привести к гидравлическому удару и аварии дизеля. Чтобы избежать этого, перед запуском дизеля нужно повернуть коленчатый вал не менее чем на два оборота.

Топливо может попадать в масло и при неплотном соединении топливоподводящего штуцера с корпусом форсунки вследствие недостаточной затяжки штуцера или повреждения резьбы в корпусе форсунки и на штуцере. Для устранения неисправности необходимо снять крышки моноблоков, протереть соединения штуцеров с корпуса-

ми форсунок, ручкой аварийного пуска установить полную подачу топлива и, проворачивая коленчатый вал вручную, проверить герметичность соединения топливоподающих штуцеров с корпусами форсунок. Если обнаружено подтекание или опотевание топлива в указанном соединении, то отвертывают штуцер форсунки, проверяют состояние резьбы в ее корпусе и на штуцере, а также прокладки 2 (см. рис. 35). При отсутствии повреждений вывертывают топливоподающий штуцер и до отказа затягивают его. Устанавливают крышки моноблоков и заменяют масло.

В масло топливо может попадать также через неплотности соединения или трещину в топливоотводящей магистрали избыточного топлива от форсунок. Для устранения дефекта снимают крышки моноблоков, топливоотводящие магистрали и проверяют их герметичность наливом керосина. Если не будут найдены повреждения или трещины, то заменяют уплотнительные кольца и плотно затягивают болты поворотных ниппелей на форсунках.

Топливо может попадать в масло через сальниковое уплотнение топливоподкачивающего насоса. При разрушении сальникового уплотнения оно по фressоре привода поступает в картер. Необходимо следить за контрольным отверстием насоса, так как оно при разрушении сальника часто загрязняется и не сигнализирует о пропуске топлива в картер. Чтобы установить, попадает ли топливо в масло, нужно отвернуть сливную пробку и спустить масло из картера. Включить подкачивающий агрегат. При неисправности сальника топливо потечет из картера. Для устранения этого дефекта снимают топливоподкачивающий насос и заменяют сальник.

8. Обрыв стяжного болта 10 (см. рис. 15) заглушек 7-й коренной шейки коленчатого вала или обрыв стяжного болта 4 заглушек шатунной шейки. Стяжные болты могут обрываться вследствие перетяжки их при сборке, перегрева масла и повышенных вибраций коленчатого вала, изменения крутильных колебаний судовой установки. При обрыве стяжных болтов давление масла в главной магистрали снижается на 4—5 кг/см<sup>2</sup>. Для замены оборванного стяжного болта дизель необходимо снять с судна, демонтировать реверсивную муфту, отодвинуть нагнетатель и снять нижнюю часть картера. Осмотром определить, на какой шейке оборван стяжной болт, и заменить его. При этом нет уверенности в том, что коренные и шатунные вкладыши не подплавились. Для полной уверенности в работоспособности вкладышей следует произвести частичную разборку дизеля и осмотреть их.

В аварийных случаях, когда по условиям эксплуатации не представляется возможным демонтаж дизеля, заменяют стяжные болты на судне. При этом снимают моноблок, в котором расположены прицепные шатуны, и через отверстие под гильзы в картере определяют, на какой шейке оборван болт. Чтобы заменить стяжной болт 10, нужно снять реверсивную муфту и нижнюю часть картера. Эксплуатация дизеля после замены болтов возможна при отсутствии бронзовой стружки на сетках масляного фильтра.

**Увеличение перепада температуры воды на входе и выходе.** На всех режимах работы дизеля температура охлаждающей воды на входе в него должна быть не ниже 55°С, а на выходе не выше 85°С. При этом перепад температуры допустим не более 20°С. Если во время работы дизеля перепад температуры охлаждающей воды увеличится более чем на 20°С, эксплуатацию его следует прекратить с целью установления причин и их устранения. Причины повышенного перепада температуры охлаждающей воды могут быть следующие.

1. Наличие воздуха в системе охлаждения дизеля. Пароотводная система судна должна обеспечивать свободный выход воздуха из мо-



## Г л а в а V

### ТОПЛИВНАЯ СИСТЕМА

#### § 16. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ

В топливную систему судовой дизельной установки входят: расходная цистерна, путевой топливный фильтр, топливный трубопровод, топливоподкачивающий насос, топливопровод низкого давления, два топливных фильтра, соединенные параллельно и расположенные на кронштейне управления, топливный насос высокого давления, трубопровод высокого давления и форсунка.

**Топливная цистерна.** Она предназначена для хранения топлива. Цистерна расположена так, что топливо под естественным напором через фильтр поступает к топливоподкачивающему насосу. Для обеспечения нормальной работы дизеля цистерну и трубопроводы следует содержать в чистоте. После монтажа и при загрязнении их нужно промыть дизельным топливом.

Топливо в цистерну необходимо принимать после того, как будет проверено его соответствие техническим условиям, и при наличии паспорта. Перед заполнением цистерны топливо фильтруют через шелковое полотно с целью очистки от механических примесей. Во время приема его нужно предохранять от загрязнения и попадания воды. После приема топливо отстаивают, а затем удаляют из цистерны отстой.

**Путевой топливный фильтр.** Фильтр служит для очистки топлива, подаваемого в топливоподкачивающий насос, от крупных механических примесей. При работе дизеля нужно следить за чистотой фильтра и его состоянием, не допуская течи топлива по соединениям. Перед каждой заливкой топлива в цистерну фильтр промывают. Если в нем будут обнаружены механические примеси или следы воды, необходимо установить причину и принять меры к устранению.

**Топливоподкачивающий насос** (рис. 29). Он используется для подачи топлива из внешней системы через фильтры к топливному насосу высокого давления. Высота всасывания насоса 1 м, производительность 16—17 л/мин при 1650 об/мин коленчатого вала и давлении 3 кг/см<sup>2</sup>. Насос устанавливается на корпусе нагнетателя и обеспечивает давление топлива 1,5—3,5 кг/см<sup>2</sup>.

Топливоподкачивающий насос шестеренчатого типа, с приводом от коленчатого вала через промежуточную передачу, расположенную в корпусе нагнетателя. Вращение ведущей шестерни 5 насоса передается от шестерни привода через реессору 15. Направление вращения ведущей шестерни насоса дизеля правого вращения — по часовой стрелке, дизеля левого вращения — против часовой стрелки, если

смотреть на насос со стороны крышки. В соответствии с этим насосы дизелей правого и левого вращения отличаются расположением приемного 27 и подающего 26 штуцеров и крышки 1 с редукционным клапаном 30, который всегда должен находиться со стороны подающего штуцера. Все детали насосов правого и левого вращения одинаковы.

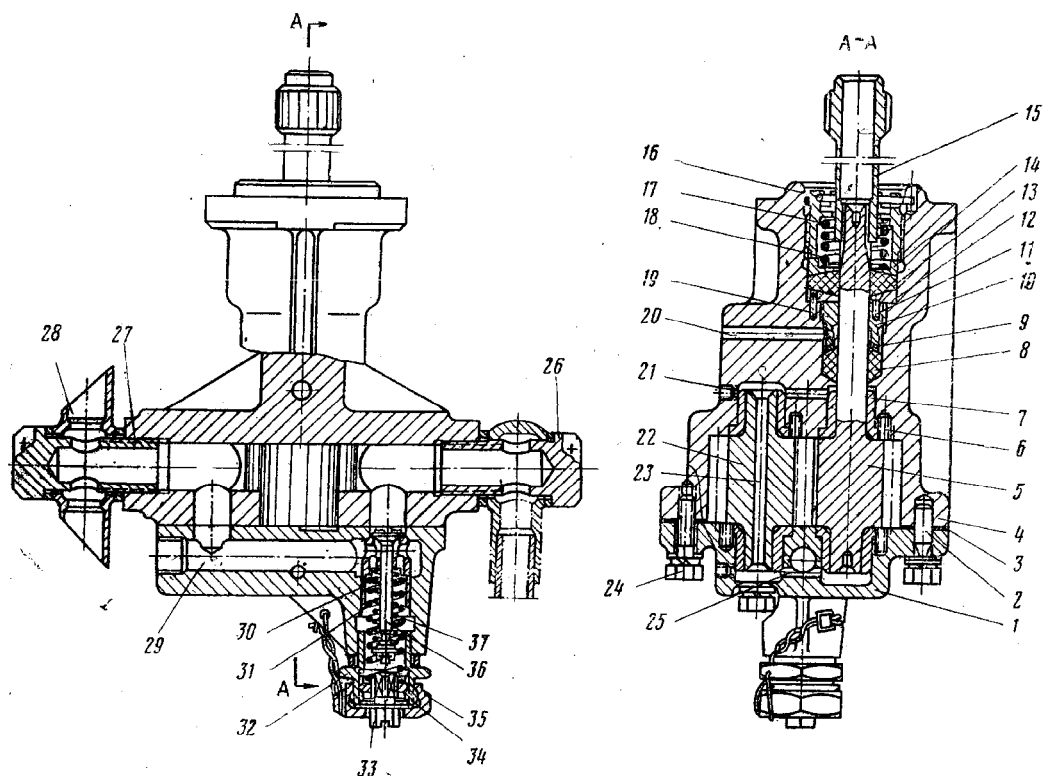


Рис. 29. Топливоподкачивающий насос

Корпус 4 насоса отлит из алюминиевого сплава и имеет два фланца: один квадратный, с буртиком для центровки насоса на нагнетателе, другой круглый для установки крышки 1. Последняя крепится к корпусу восемью болтами 24 и центрируется двумя штифтами 2, запрессованными в него. Между корпусом и крышкой устанавливается прокладка 3 из полихлорвиниловой пленки.

Подающий штуцер 26 соединяется с трубопроводом, подводящим топливо к фильтрам дизеля. На приемный штуцер 27 надевается двойной боковой ниппель 28. К нему с одной стороны припаивается топливный трубопровод судна, с другой — топливопровод от подкачивающего агрегата. В корпусе насоса сделаны расточки под шестерни 5 и 22, а также расточка под сальниковые уплотнения. Кроме того, в нем запрессованы две бронзовые втулки 7, законтренные от проворачивания стопорами 6. Крышка 1 насоса отлита из алюминиевого сплава. На торце фланца крышки имеются два отверстия, которые она садится на штифты корпуса. В две расточки крышки, так же как и в расточку корпуса, запрессованы бронзовые втулки. Канал 29 в бобышке крышки, расположенный параллельно плоскости фланца, служит для отвода излишка топлива из полости нагнетания в полость всасывания насоса. В бобышке, расположенной перпендикулярно фланцу, монтируется редукционный клапан.

У ведущей шестерни 5 два хвостовика для ее монтажа во втулках корпуса и крышки насоса. Длинный хвостовик наружными шлицами

соединяется с внутренними шлицами рессоры 15, передающей вращение ведущей шестерне насоса от шестерни привода. Ведущая шестерня 5 входит в зацепление с ведомой шестерней 22, имеющей два хвостовика и свободно вращающейся во втулках корпуса и крышки насоса.

Редукционный клапан 30 служит для перепуска излишка топлива из полости нагнетания в полость всасывания насоса. Наружным конусом редукционный клапан садится на седло крышки 1 и прижимается к нему пружиной 31. Регулировка клапана осуществляется вращением поводка 33, который своим четырехгранным хвостовиком ведет упор 34 пружины клапана. При смещении упора по оси изменяется натяжка пружины 31, а следовательно, и давление топлива, необходимое для открытия редукционного клапана. Для предотвращения просачивания топлива из полости редукционного клапана наружу поводок 33 снабжен буртиком, притертым к торцу штуцера 32, к которому он притягивается накидной гайкой 35. После регулировки последнюю контрят и пломбируют. В редукционном клапане 30 расположен перепускной клапан 36 с пружиной 37. Он позволяет прокачивать топливную систему перед пуском дизеля, когда топливоподкачивающий насос не работает.

Насос имеет два сальниковых уплотнения. Пробковый сальник 8 предотвращает просачивание топлива из полости шестерен и затягивается через шайбу 9 гайкой 10, ввернутой в корпус насоса. Гайка контрится штифтом 11, запрессованным в упорное кольцо 12. От проворачивания в корпусе кольцо фиксируется штифтом 19. Кольцо служит опорой войлочному сальнику 13, препятствующему просачиванию масла из полости привода насоса.

Постоянное поджатие войлочного сальника осуществляется пружиной 18, опирающейся одним торцом на нажимную втулку 14, другим — на поясok гайки 17, которая ввертывается в корпус насоса и контрится стопорным кольцом 16.

Для разгрузки пробкового сальника 8 от давления топлива, просачивающегося по зазору между бронзовой втулкой 7 корпуса и хвостовиком шестерни 5, оно по сверлению 21 в корпусе, осевому сверлению 23 в ведомой шестерне и сверлению 25 в крышке отводится в перепускной канал 29 и полость всасывания насоса.

Топливо, просачивающееся через пробковый сальник 8, и масло, протекающее через войлочный сальник 13, вытекают по контрольному отверстию 20, что свидетельствует о неудовлетворительной работе уплотнений.

Насос работает следующим образом. Топливо, подведенное из внешней топливной системы в полость всасывания насоса, заполняет впадины между зубьями шестерен и перемещается по периферии гнезда под шестерни в полость его нагнетания. Отсюда топливо через подающий штуцер по соединенному с ним трубопроводу направляется в топливные фильтры дизеля, а затем в топливный насос высокого давления.

Для обеспечения постоянного избыточного давления топлива, поступающего в топливный насос, производительность топливоподкачивающего насоса должна превышать его пропускную способность, поэтому во время работы дизеля редукционный клапан 30 всегда приоткрыт и перепускает излишки топлива по каналу 29 в крышке в полость всасывания насоса.

**Топливный фильтр** (рис. 30). Он обеспечивает тонкую очистку топлива от механических примесей размером до 3—5 мк. На дизеле два топливных фильтра, включенных параллельно. Они крепятся к крышке цилиндра суппорта реверсивной муфты.

Основными деталями топливного фильтра являются: корпус, фильтрующее устройство и крышка. Корпус 1 отлит из алюминиевого сплава в виде цилиндрического стакана. В дно его ввернут штуцер 2, в котором закреплена стяжная шпилька 3, соединяющая все детали фильтра. Фильтрующее устройство состоит из латунной сетки 4, шелкового чехла 5 и фильтрующих пластин 6. Сетка представляет собой свернутый из сетчатого листового материала цилиндр, к которому сверху приварен фланец, а снизу — дно. На сетку натягивается шелковый чехол, а на них надеваются пятнадцать квадратных пластин 6 из

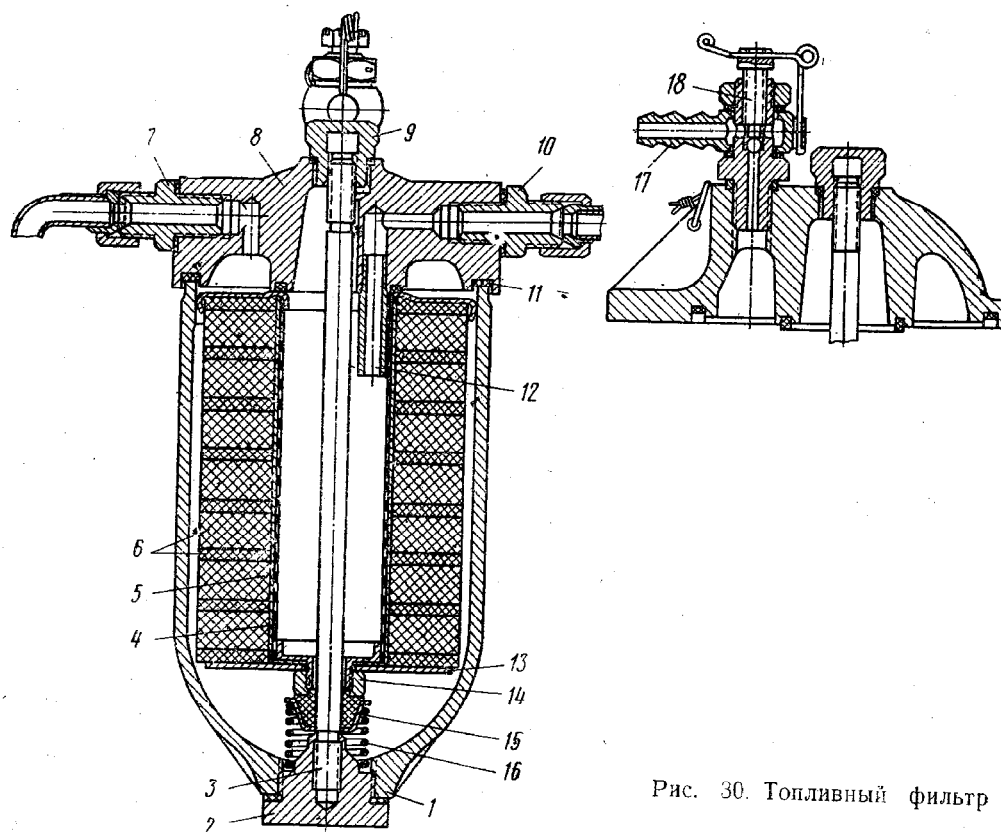


Рис. 30. Топливный фильтр

авиационного войлока, причем семь пластин более тонкие, чем остальные — восемь. Тонкие и толстые пластины устанавливаются поочередно и зажимаются гайкой 14 между фланцем сетки и стальной пластиной 13, опирающейся в ее дно.

Крышка 8 фильтра отливается из алюминиевого сплава. На верхней ее плоскости имеются два прилива, в которые ввернуты штуцеры 7 и 10. С внутренней стороны в нее запрессована приемная трубка 12, соединяющая внутреннее пространство сетки через канал в крышке со штуцером отвода топлива 10.

Кран 18 предназначен для удаления воздуха из полости нефльтрованного топлива перед пуском дизеля. При этом воздух, который может остаться в верхней части крышки полости фильтрованного топлива, в приемную трубку 12 не попадает вследствие более низкого расположения ее отверстия. Для отвода выходящего через кран 18 топлива на нем установлен ниппель 17.

При сборке фильтра на закрепленную в дне корпуса стяжную шпильку 3 надевают пружину 16 и сальник 15, затем монтируют фильтрующее устройство. После этого корпус закрывают крышкой 8

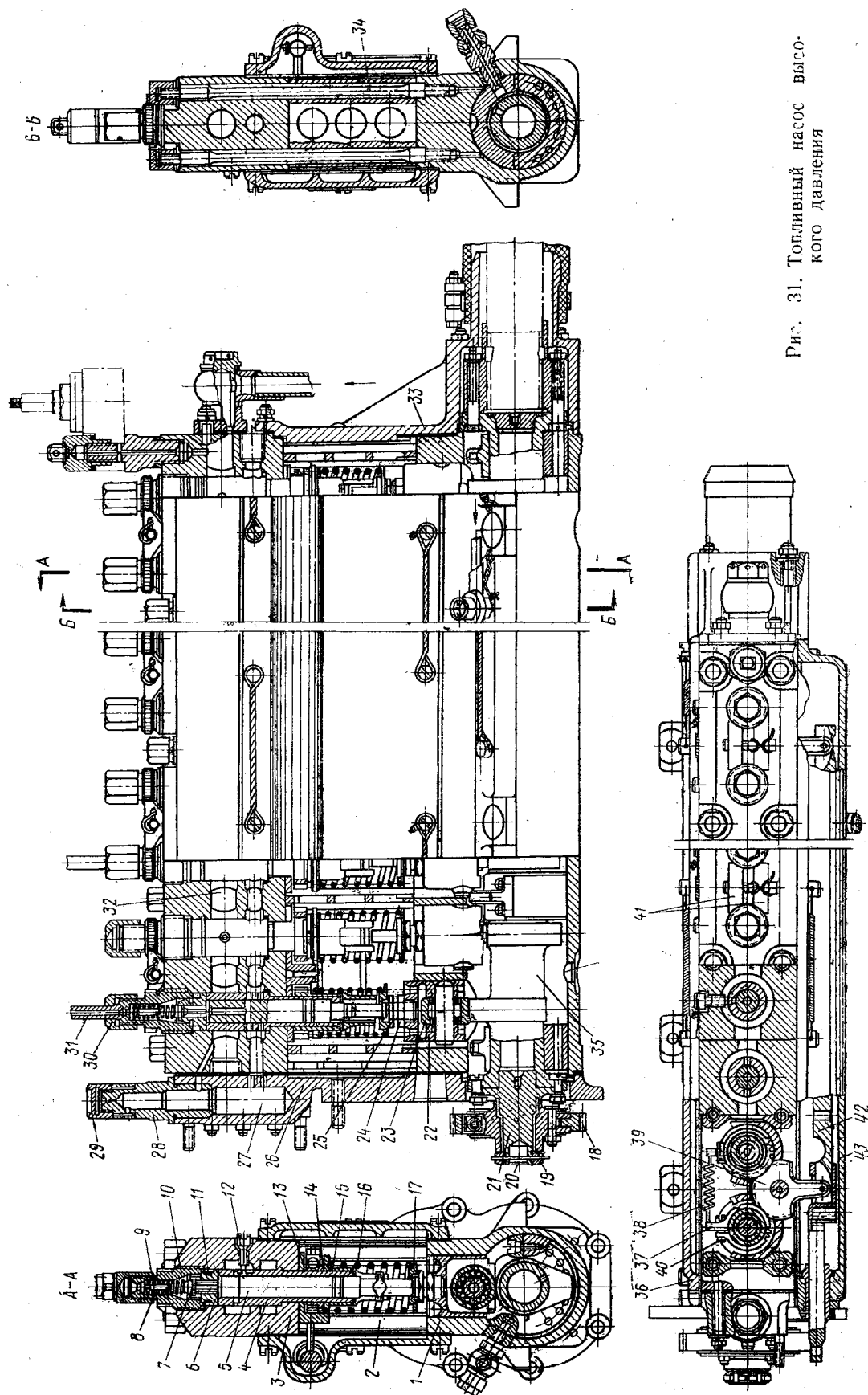


Рис. 31. Топливный насос высокого давления

и стягивают фильтр гайкой 9. Между корпусом и крышкой ставят уплотнительную пробковую прокладку 11.

Фильтр работает следующим образом. Из топливоподкачивающего насоса топливо по трубопроводу через штуцер 7 поступает в приемную полость фильтра. Отсюда оно проходит с внешней стороны через фильтрующие пластины и шелковый чехол во внутреннюю полость сетки фильтра. Топливо, очищенное от механических примесей, из внутренней полости сетки через приемную трубку 12 и штуцер 10 по трубопроводу низкого давления поступает в топливный насос. Воздух, попавший в топливную систему, выпускается из фильтра через кран 18 при прокачке ее перед пуском дизеля.

**Топливный насос высокого давления ТН-12М** (рис. 31). Насос двенадцатиплунжерный с двусторонней отсечкой и с отдельным всасыванием и отсечкой. Диаметр плунжера 13 мм, ход 12 мм. Кулачки валика насоса симметричного профиля. Насос предназначен для подачи в форсунки в определенный момент строго дозированных порций топлива.

Топливо подается насосом под давлением 700—1000 кг/см<sup>2</sup> при возрастающих скоростях плунжера. В цилиндры оно подается в такой последовательности: 2—11—10—3—6—7—12—1—4—9—8—5, считая от конца валика со стороны привода.

Собранный со всережимным регулятором и масляным фильтром регулятора топливный насос (рис. 32) устанавливается на четырех опорах в развале блоков дизеля. Привод кулачкового валика осуществляется от большой конической шестерни через рессору. Последняя одним шлицевым конусом соединяется со шлицами шестерни привода, другим — со шлицами муфты кулачкового валика насоса. Коническая шестерня привода насоса получает вращение от центральной шестерни через промежуточную передачу. Передаточное число от коленчатого вала к кулачковому валику насоса равно 0,5. Направление вращения кулачкового валика — против часовой стрелки, если смотреть со стороны привода.

От кулачкового валика 35 (см. рис. 31) через толкатель 22 с роликами 23 на игольчатых подшипниках движение передается плунжеру 5 насоса, который при этом поднимается вверх. Плунжер опускается вниз под действием цилиндрической спиральной пружины 16, сжимаемой при его движении вверх. На дизелях правого и левого вращения устанавливаются одинаковые топливные насосы. Отличаются они схемой подключения плунжеров к форсункам.

На дизеле правого вращения плунжеры насоса (пл) подключаются к форсункам цилиндров (цил) дизеля в таком порядке: 1пл — 1пр.цил, 2пл — 1л.цил, 3пл — 2пр.цил, 4пл — 2л.цил, 5пл — 3пр.цил, 6пл — 3л.цил, 7пл — 4пр.цил, 8пл — 4л.цил, 9пл — 5пр.цил, 10пл — 5л.цил, 11пл — 6пр.цил, 12пл — 6л.цил, а на дизеле левого вращения — 1пл — 1л.цил, 2 пл — 1 пр.цил, 3 пл — 3 л.цил, 4пл — 3пр.цил, 5пл — 2л.цил, 6пл — 2пр.цил, 7пл — 5л.цил, 8пл — 5пр.цил, 9пл — 4л.цил, 10пл — 4пр.цил, 11пл — 6л.цил, 12пл — 6пр.цил.

Топливный насос золотникового типа работает по следующему принципу (рис. 33). Плунжер 3, подающий топливо, является одновременно и золотником, который управляет открытием и закрытием всасывающих и перепускных отверстий втулки 1. Отфильтрованное топливо по трубопроводу низкого давления поступает во всасывающий канал 4 (верхний канал вдоль головки насоса).

При движении плунжера вниз открываются два всасывающих отверстия 5 втулки 1, через которые ее полость 6, расположенная над плунжером, заполняется топливом. В момент перекрытия верхней

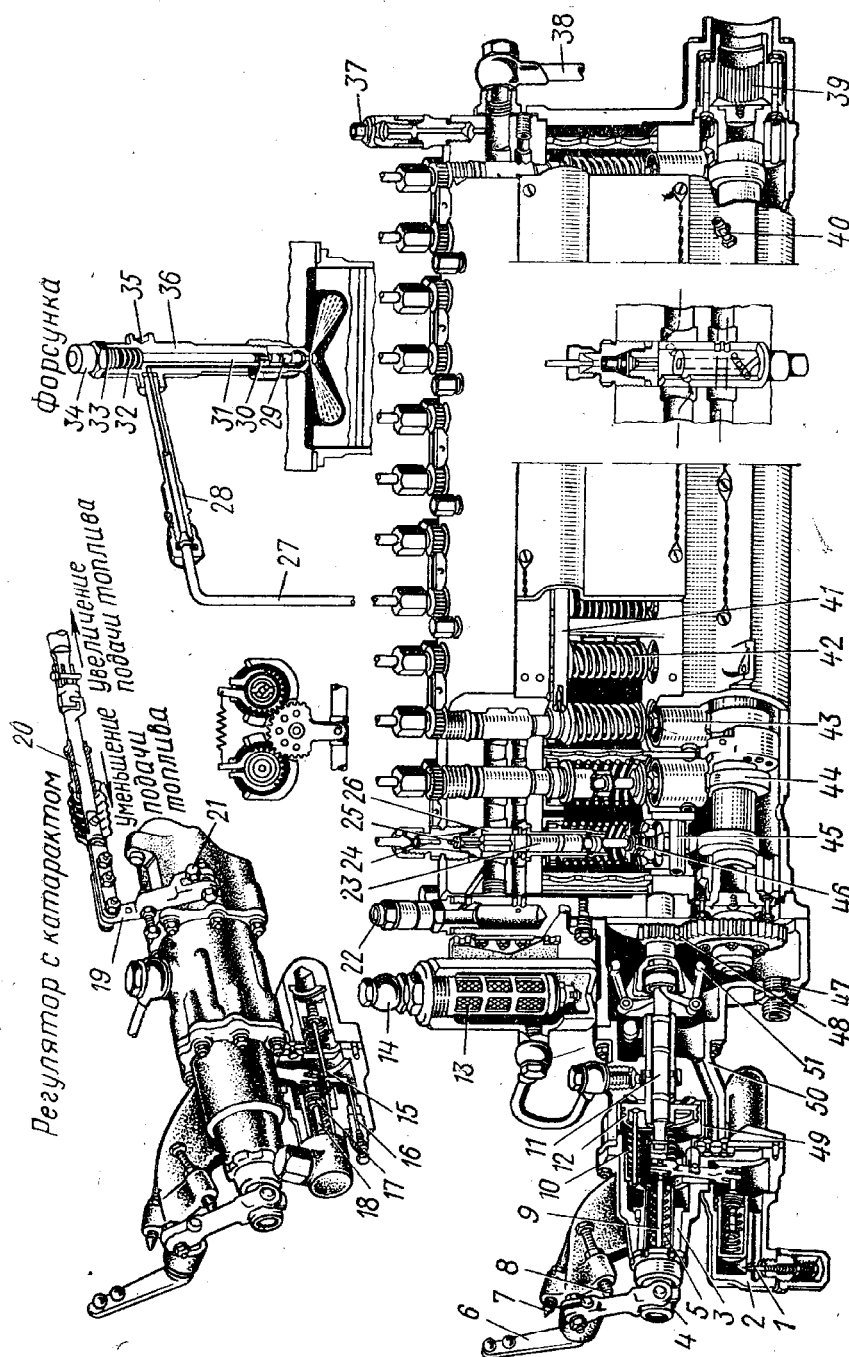


Рис. 32. Топливный насос с регулятором и масляным фильтром:  
 1 — игла катаракта; 2 — корпус катаракта; 3 — основная пружина; 4 — плунжер; 5 — втулка; 6 — рычаг управления; 7 — упор максимальных оборотов; 8 — упор «Стоп»; 9 — стержень; 10 — силовая пружина; 11 — золотник; 12 — поршень; 13 — масляный фильтр; 14 — подвод масла; 15 — гидроупор; 16 — ограничитель; 17 — поршень катаракта; 18 — шток; 19 — рычаг, управляющий рейкой насоса; 20 — подвод топлива; 21 — валик аварийного пуска; 22 — отвод отсечного топлива; 23 — плунжер; 24 — упор нагнетательного клапана; 25 — нагнетательный клапан; 26 — втулка плунжера; 27 — трубка высокого давления; 28 — топливоподводящий штуцер; 29 — распылитель; 30 — игла; 31 — штуцер крепления манометра; 32 — подвод топлива к насосу; 33 — отверстие для съема; 34 — гайка; 35 — отверстие для съема; 36 — корпус; 37 — упор; 38 — плунжер; 39 — упор; 40 — подвод масла к насосу; 41 — рейка насоса; 42 — пружина плунжера; 43 — толкатель; 44 — кулачковый валик; 45 — палец толкателя; 46 — болт регулировочный; 47 — слив масла из регулятора; 48 — шестерня-водило; 49 — гильза; 50 — корпус регулятора; 51 — грузики

кромкой плунжера всасывающих отверстий втулки (движение плунжера вверх) давление топлива в полости 6 начинает повышаться. Когда давление топлива преодолевает остаточное давление от предыдущего его впрыска в трубке высокого давления 11 и усилие пружины 9, действующие на нагнетательный клапан 8, последний поднимется вверх. Подъем его ограничивается упором 10. Полость втулки через трубку 11 сообщается с форсункой. При дальнейшем движении вверх плунжер подает топливо по трубке высокого давления и каналу форсунки в полость 16 под седлом иглы. Как только давление топлива,

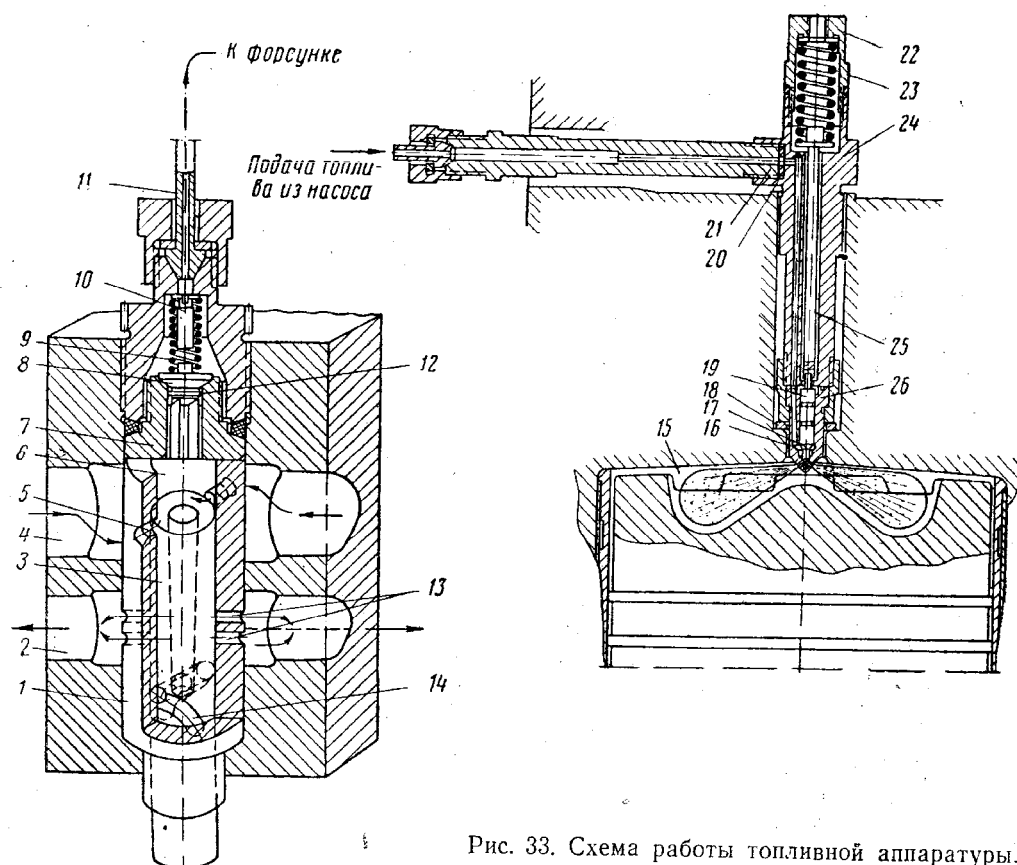


Рис. 33. Схема работы топливной аппаратуры.

действующее на коническую поверхность 17 иглы 19, достигнет  $200 \text{ кг/см}^2$ , она поднимется и топливо будет впрыскиваться в камеру сгорания 15.

Когда спиральные канавки 14 плунжера совпадут с перепускными отверстиями 13 втулки, ее полость 6 сообщится с отсечным каналом 2 (нижний вдоль головки насоса). При этом подача топлива плунжером прекратится. Происходит перепуск его из полости втулки в отсечной канал. Под давлением топлива в трубке 11 и усилием пружины 9 клапан 8 прижимается к седлу 7. Клапан закрывается, разобщая трубку высокого давления с полостью втулки, а также разгружая ее от чрезмерного остаточного давления. Разгрузка трубки необходима во избежание дополнительного открытия иглы форсунки обратной волной давления и исключения попадания нераспыленного топлива в камеру сгорания. Для этого служит отсасывающий пояс 12, прилегающий к конусу нагнетательного клапана. В момент посадки последнего на седло пояс 12 входит в направляющее его отверстие. При этом объем трубки увеличивается на объем отсасывающего пояса. Давление в ней резко падает, игла форсунки закрывает сопло, и впрыск топлива пре-



кращается. Отсечное топливо через штуцер на задней торцовой крышке насоса по трубопроводу подводится к топливоподкачивающему насосу.

Количество подаваемого топлива регулируется поворотом плунжера 3 во втулке 1. Момент перекрытия верхней кромкой плунжера всасывающих отверстий втулки, т. е. начало подачи топлива, остается постоянным. Изменяется конец подачи топлива, или, что то же самое, момент совпадения спиральных канавок 14 плунжера с перепускными отверстиями 13 втулки. Изменение конца подачи топлива вызывает уменьшение или увеличение рабочего хода плунжера и, соответственно, количества подаваемого им топлива.

**Форсунка.** Она закрытого типа с гидравлически управляемой иглой, предназначена для впрыска топлива в камеру сгорания цилиндра дизеля. Форсунка обеспечивает распыливание топлива на мельчайшие частицы и равномерное распределение их в воздухе, заполняющем камеру сгорания. Давление начала впрыска топлива составляет  $200 \text{ кг/см}^2$ .

В форсунку топливо поступает из соответствующей секции насоса через штуцер 21, соединенный с трубкой высокого давления и ввернутый в корпус 24 форсунки. Пройдя по горизонтальному сверлению, оно попадает в вертикальный канал корпуса, совпадающий с кольцевой канавкой на торце распылителя. Из канавки топливо по трем наклонным сверлениям распылителя 26 поступает в полость под седлом иглы 19.

Когда действующее на коническую поверхность иглы форсунки давление топлива, подаваемого плунжером 3 насоса, достигает величины, достаточной для преодоления усилия пружины 23, игла 19 поднимается, и топливо через восемь отверстий распылителя диаметром  $0,35 \text{ мм}$  под углом  $70^\circ$  к вертикальной оси впрыскивается в камеру сгорания 15. Как только подача топлива насосом прекращается, давление в трубке 11, а следовательно, и в полости под седлом иглы 19 резко падает. Под действием пружины 23 игла садится на седло, прекращая доступ топлива в нижнюю часть распылителя до следующей его подачи насосом. Топливо, просочившееся через диаметральный зазор между иглой 19 и распылителем 26, проходит по зазору между толкателем 25 и корпусом 24 форсунки и выходит из нее по отверстию гайки 22 в топливоотводную трубку моноблока, откуда по трубопроводу направляется к топливоподкачивающему насосу.

Красномедное кольцо 18 обеспечивает герметичность от прорыва газов из камеры сгорания в масляную полость головки моноблока. Нарушение такой герметичности вызывает перегрев распылителя и заклинивание в нем иглы. Для уплотнения соединения штуцера 21 с корпусом 24 форсунки служит прокладка 20. Нарушение данного уплотнения приводит к уменьшению давления топлива, что в свою очередь искажает нормальные впрыск и распыливание топлива. Кроме того, топливо будет попадать в масляную полость и разжижать масло, что вызовет повышенный износ или задиры трущихся деталей дизеля.

**Всережимный регулятор** (рис. 34). Регулятор непрямого действия с упруго присоединенным катарактом, предназначен для поддержания любых заданных чисел оборотов на всем их диапазоне от минимальных ( $500 \text{ об/мин}$ ) до максимальных ( $1800 \text{ об/мин}$ ). Регулятор обеспечивает поддержание оборотов дизеля с колебанием, не превышающим  $\pm 20 \text{ об/мин}$  при работе с нагрузкой и  $\pm 50 \text{ об/мин}$  на холостом ходу.

При сбросе нагрузки со  $100\%$  до нуля регулятор ограничивает число оборотов дизеля, которое при этом не превышает  $2000$  в минуту. Для устранения заброса оборотов при пуске дизеля с упора реверси-

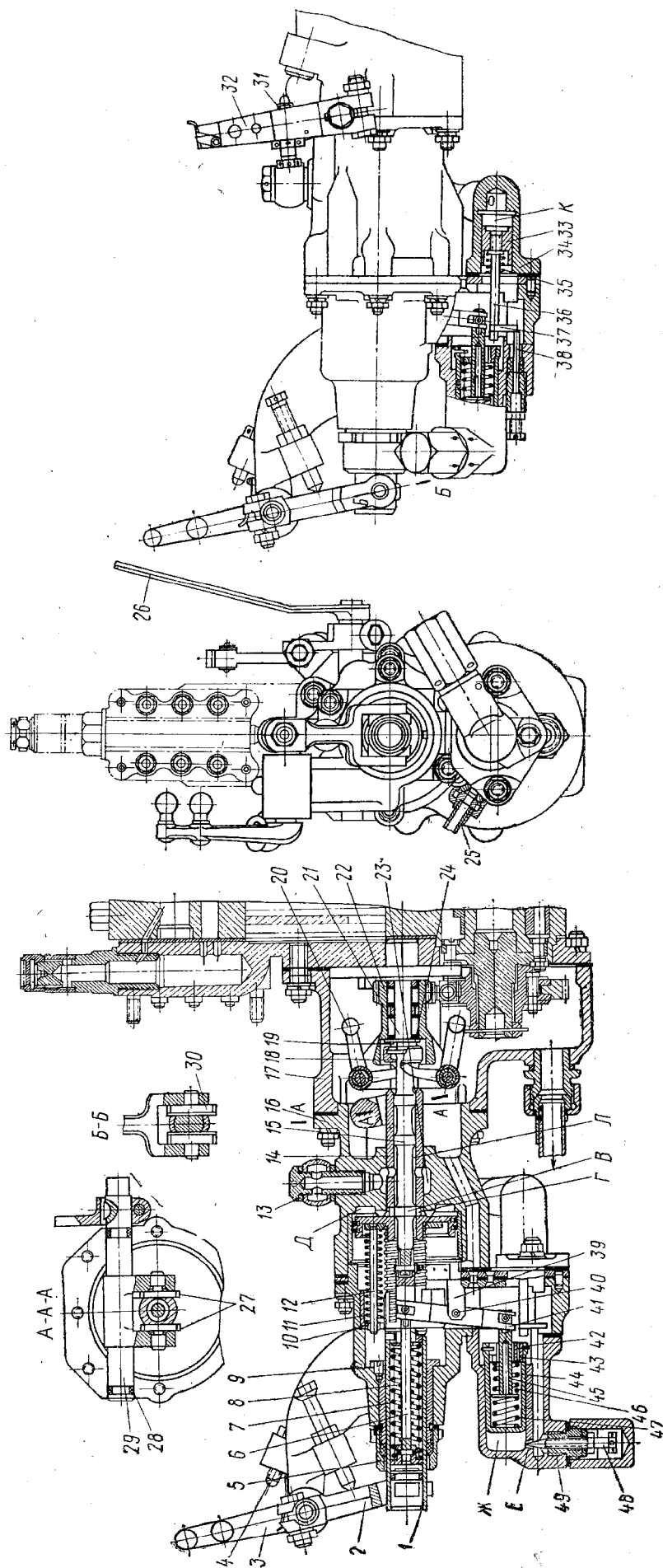


Рис. 34. Всережимный регулятор

рования он снабжен гидравлическим упором пуска. Регулятор крепится к задней торцевой крышке топливного насоса и составляет с ним один агрегат.

Регулятор работает по следующему принципу. Перед пуском дизеля рычаг его управления устанавливается на откидной упор реверсирования. При этом рычаг 3 регулятора выдвигает плунжер 1, поджимающий основную его пружину 7. Под действием ее золотник 15 перемещается влево, и отсечной поясok B золотника открывает окна Г поршня, находящегося в крайнем правом положении, при котором рейка 42 (см. рис. 31) топливного насоса находится в положении нулевой подачи топлива. При перемещении золотника 15 (см. рис. 34) влево шток 45 катаракта через коромысло 41 перемещается вправо, вследствие чего пружина 46 катаракта поджимается, а пружина 47 освобождается. Под действием результирующего усилия этих пружин поршень 44 катаракта, подсасывая масло из полости колпака 9 через зазор между иглой 48 и конусным отверстием E, перемещается вправо до тех пор, пока усилия их не станут одинаковыми.

Перемещение поршня 14 регулятора, а следовательно, и рейки насоса в положение, обеспечивающее необходимую для пуска дизеля подачу топлива, осуществляется маслом, поступающим в регулятор при прокачке масляной системы дизеля специальным подкачивающим агрегатом. После включения его масляная система дизеля прокачивается до давления  $0,5 \text{ кг/см}^2$  в главной масляной магистрали. Давление поступающего в регулятор масла поднимается до  $1,5\text{--}2 \text{ кг/см}^2$ . Масло заполняет кольцевую канавку 23 корпуса 16 и через паз отверстия в хвостовике поршня 14 проходит в полость Л. Отсюда оно через открытые окна Г поршня поступает в рабочую полость Д.

Одновременно с подводом масла в рабочую полость Д, по специальной трубке 25, расположенной в развале моноблоков и соединенной с трубкой, подающей его от подкачивающего агрегата к невозвратному клапану масляной магистрали дизеля, масло подводится к полости К корпуса упора пуска и, воздействуя на поршень 33, включает упор.

На рис. 34 упор пуска показан в рабочем положении. Включается он следующим образом. Поступающее в полость К масло, преодолевая усилие пружины 35, перемещает поршень 33 с упором 36 влево. Упор доходит до поршня 44 катаракта и, двигаясь дальше, перемещает его влево до тех пор, пока лапка 37 не упрется в ограничитель 38. При этом поршень поджимает пружину 46 и несколько освобождает пружину 47. Результирующее усилие пружин через коромысло 41 передается золотнику и смещает его вправо до тех пор, пока усилие пружины 7 регулятора не станет равным результирующему усилию пружин катаракта. В то же время масло, поступающее в рабочую полость Д, давит на поршень и, преодолевая усилие силовых пружин 11, перемещает его влево в положение, при котором отсечной поясok B золотника перекрывает окна Г, и доступ масла в рабочую полость Д прекращается. Перемещение поршня через сухарики 27 и вилку 29 передается рычагу 32, устанавливающему рейку насоса в положение, обеспечивающее необходимую для пуска дизеля подачу топлива. Затем в цилиндры дизеля подается сжатый воздух, и он начинает работать. Обороты дизеля быстро возрастают, и регулятор автоматически включается.

Автоматическое включение регулятора происходит таким образом. Грузики 20 сразу после пуска дизеля под действием центробежных сил расходятся и, поворачиваясь на своих осях, через опорное кольцо 19 воздействуют на золотник. Ввиду того что при помощи гидравлического упора перед пуском дизеля усилие пружины 7, действующее на золотник, уравновешивалось результирующим усилием пружин ка-

таракта, инерционные силы, развиваемые грузиками сразу после пуска, оказываются достаточными для быстрого перемещения золотника вправо, в сторону уменьшения подачи топлива. Поэтому резкого заброса оборотов при пуске дизеля не наблюдается.

При перемещении золотника вправо под действием инерционных сил грузиков его отсечной поясok *B* перемещается относительно окна *Г* поршня и образует щели, через которые масло из рабочей полости *Д* сливается в полость колпака. Давление масла в полости *Д* падает, и поршень под действием силовых пружин *11* двигается вместе с пояском *B*, перемещая рейку насоса в направлении уменьшения подачи топлива. Число оборотов дизеля снижается и устанавливается таким, что инерционные силы грузиков уравниваются усилием основной пружины *7* регулятора, а поршень катаракта занимает положение, при котором результирующее усилие пружин *46* и *47*, действующее на шток *45*, равно нулю. Отсечной поясok *B* золотника и следящий за ним поршень останавливаются в определенном положении, поддерживая необходимую подачу топлива.

После пуска дизеля подкачивающий агрегат выключается. Подача масла в полость *К* корпуса упора пуска прекращается, пружина *35* перемещает поршень *33* с упором *36* в крайнее правое положение, и упор пуска в дальнейшей работе регулятора не участвует. Во время испытания дизеля упор пуска регулируют так, чтобы при его пуске с упора реверсирования заброс оборотов был не более 1200 в минуту.

Регулировка упора пуска производится ограничителем *38*. При ввертывании его заброс оборотов во время пуска увеличивается, а при вывертывании уменьшается.

Устойчивость режимов работы дизеля обеспечивается упруго присоединенным катарактом. При любом установившемся числе оборотов дизеля шток *45* катаракта, связанный коромыслом *41* со стержнем *6*, занимает вполне определенное для каждого режима положение. Пружины *46* и *47* имеют одинаковое поджатие и оказывают на шток *45* равное по величине, но противоположное по направлению воздействие. Таким образом, результирующее усилие этих пружин на шток *45*, а следовательно, и стержень *6* при работе на установившемся режиме равно нулю, инерционные силы грузиков уравнивают суммарное усилие пружин *7* и *8*, а на режимах ниже 1300—1400 об/мин — только усилие пружины *7*.

Золотник *15* регулятора не может совершать произвольных колебательных движений в сторону уменьшения или увеличения подачи топлива, так как перемещению его вправо препятствует пружина катаракта *47*, а влево — пружина *46*.

Переход с одного скоростного режима работы дизеля на другой осуществляется рычагом *3*. Увеличение числа оборотов достигается поворотом его вправо. При этом плунжер *1* перемещается влево, поджатие пружин *7* и *8* увеличивается. Золотник *15*, вследствие нарушения равновесия между усилием пружин *7* и *8* и инерционными силами грузиков, перемещается влево, а шток *45* катаракта — вправо, поджимая пружину *46* и освобождая пружину *47*. Поясок *B* золотника открывает доступ маслу из полости *Л* в рабочую полость *Д* и поршень *14*, двигаясь за золотником, перемещает рейку насоса в сторону увеличения подачи топлива. Как только число оборотов дизеля будет таким, при котором инерционные силы грузиков и усилие основной *7* и дополнительной *8* пружин взаимно уравниваются, перемещение золотника и следящего за ним поршня прекратится, установится подача топлива, соответствующая вновь заданному режиму. К этому моменту поршень катаракта под действием поджатой пружины *46*, подсасывая масло из полости колпака в полость *Ж*, займет положение,

при котором усилие пружин 46 и 47 станет одинаковым, и катаракт не будет действовать на золотник 15.

При снижении числа оборотов рычаг 3 поворачивается влево. Поджатие основной 7 и дополнительной 8 пружин уменьшается, вследствие чего грузики перемещают золотник вправо, а шток катаракта передвигается влево, поджимая пружину 47. Поршень, следуя за золотником, перемещает рейку насоса в направлении уменьшения подачи топлива. Число оборотов дизеля уменьшается и будет таким, при котором инерционные силы грузиков уравнивают вновь установленное усилие основной и дополнительной пружин регулятора. К этому моменту поршень катаракта под действием поджатой пружины 47, выдавливая масло из полости Ж в полость колпака, займет положение, при котором усилия пружин катаракта станут одинаковыми. Таким образом, перемещением рычага 3 можно установить любой скоростной режим работы дизеля.

Следует отметить, что при изменении нагрузки регулятор не сохраняет установленного числа оборотов дизеля. При уменьшении нагрузки число оборотов дизеля несколько возрастает, а при ее увеличении — несколько снижается. Процесс регулирования в этих случаях происходит следующим образом. В случае уменьшения нагрузки обороты дизеля возрастают, грузики расходятся и, преодолевая усилие основной и дополнительной пружин, перемещают золотник вправо. Перемещение последнего вызывает некоторое дополнительное поджатие основной и дополнительной пружин, а следовательно, и увеличение их усилия. Перемещение золотника и поршня в сторону уменьшения подачи топлива прекращается, когда инерционные силы грузиков и усилие пружин будут уравновешены. Соответственно увеличению инерционных сил грузиков число оборотов дизеля после уменьшения нагрузки повышается.

При увеличении нагрузки обороты дизеля снижаются, и инерционные силы грузиков уменьшаются. Под действием усилия основной и дополнительной пружин золотник перемещается влево. Перемещение его и поршня в сторону увеличения подачи топлива прекращается, когда уменьшается усилие основной и дополнительной пружин и инерционные силы грузиков уравниваются. Соответственно уменьшению инерционных сил грузиков число оборотов дизеля после увеличения нагрузки несколько понижается. Необходимо иметь в виду, что в указанных выше процессах регулирования участвует механизм катаракта, так как любое перемещение золотника вызывает изменение поджатия его пружин 46 и 47. Катаракт не оказывает влияния на окончательно устанавливаемое число оборотов дизеля после уменьшения или увеличения нагрузки, так как поршень его при появлении смещающего усилия, подсасывая масло в полость Ж или выдавливая его из последней, быстро занимает положение, при котором усилия пружин 46 и 47 становятся одинаковыми.

## § 17. НЕИСПРАВНОСТИ В РАБОТЕ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ, ИХ ПРИЧИНЫ И СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ

**Дизель трясет** (повышенная вибрация). Завод-изготовитель не устанавливает нормальную и браковочную величину вибрации дизеля, так как в условиях эксплуатации не всегда представляется возможность для регулярного ее замера. Практически вибрация дизеля определяется обслуживающим персоналом на глаз или на ощупь. Во время эксплуатации вибрация может изменяться от небольшой до значительной величины. При обнаружении изменения вибрации эксплуатацию дизеля следует прекратить, установить причины и устранить их. В противном случае это может привести к преждевременному выходу из

строю отдельных деталей или узлов дизеля, а также к аварии и полному разрушению его. Возможные причины тряски дизеля и способы ее устранения приводятся ниже в последовательности, которой необходимо руководствоваться в практической работе.

1. Ослабло крепление дизеля к фундаменту. В этом случае нарушается центровка дизеля с гребным валом, в результате чего могут разрушиться подшипники реверсивной муфты и гребного вала. Для устранения неисправности подтягивают гайки крепления дизеля к фундаменту, проверяют центровку дизеля с гребным валом и восстанавливают ее до величины, указанной в паспорте судна.

2. Нарушена центровка гребного вала с дизелем. Она может быть нарушена вследствие деформации судна или подмоторной рамы, ослабления соединений дизеля с гребным валом, износа его деталей (особенно подшипников) и др. Нарушение центровки скажется на появлении тряски дизеля. Для повышения надежности и долговечности дизеля рекомендуется проверять центровку периодически через 300—500 ч его работы.

3. Не работает одна или несколько форсунок. В данном случае дизель не будет развивать максимальных оборотов. На выпуске появится черный дым от несгоревшего топлива. Наблюдаются перегрузки цилиндров. При неработающих форсунках нарушается порядок вспышек в них. Следует иметь в виду, что порядок вспышек оказывает большое влияние на динамику дизеля в целом, так как от него зависят фазы сил и моментов, действующих в отдельных цилиндрах. Порядок вспышек влияет на суммарный момент на валу дизеля, на крутящий момент на коренных шейках вала, на уравновешенность дизеля в целом, на вынужденные крутильные колебания системы коленчатого вала, что вызовет критические резонансы некоторых порядков. Все это может привести к поломкам пружин амортизатора, перегрузке цилиндров и, как следствие, к выходу из строя и аварии дизеля при длительной его эксплуатации.

Неисправную форсунку можно определить по пульсации подаваемого топлива. Если взяться большим и указательным пальцами за трубку 11 (см. рис. 33) форсунки, то у работающей форсунки почувствуется пульсация подаваемого топлива, а у неисправной она отсутствует. Отключение одной форсунки может вызвать лишь незначительное падение оборотов, в связи с этим необходимо очень внимательно следить за ними и выхлопом. Неисправные форсунки заменяют проверенными на специальной установке (см. рис. 40). Разбирать и исправлять форсунки на судне не разрешается, так как при этом требуется большая точность, аккуратность и чистота. Исправлять форсунки следует в ремонтной мастерской порта, оборудованной необходимыми приборами для регулировки и контроля их и имеющей запасные детали.

При замене форсунок нужно помнить, что неправильный монтаж последних может привести к загрязнению их, перекосу и зажиму распылителя в форсуночном отверстии головки, защемлению распылителя уплотнительной прокладкой 12 (см. рис. 35), к неплотному соединению штуцера 1, подводящего топливо, с корпусом форсунки или трубопровода, отводящего топливо. Такие неисправности ухудшают работу новой форсунки и могут вызвать подтекание распылителя, прихватывание иглы или ее зависание. Неплотное соединение штуцера 1, подводящего топливо, и трубопровода, отводящего топливо, с гайкой 4, форсунки будут способствовать попаданию топлива в масляную полость моноблока, что приведет к разжижению масла, которое практически трудно определить в судовых условиях. Разжижение масла является причиной повышенного износа трущихся деталей.

При снятии и постановке форсунки необходимо соблюдать следующие требования. Не оставлять открытым резьбовое отверстие в корпусе 7 форсунки. Как только форсунка будет снята, вернуть в нее штуцер 1, на свободный конец которого навернуть предохранительный колпачок. Концы снятых трубок обернуть пергаментом, предохраняя их тем самым от засорения. После снятия форсунки надо вынуть из форсуночного отверстия моноблока медную уплотнительную прокладку 12 и заменить ее новой. При установке форсунки на бывшую в работе прокладку не будет обеспечено уплотнение форсунки с моноблоком, произойдет прорыв газов, а от этого перегрев распылителя и заедание иглы 11. Прокладку 12 смазать солидолом и надеть на распылитель.

При установке форсунки следить за тем, чтобы она не была перекошена, а медная уплотнительная прокладка правильно легла на уступ форсуночного отверстия. До затяжки гаек крепления форсунки в корпус нужно от руки предварительно завернуть штуцер 1 подвода топлива во избежание повреждения резьбового соединения. Затяжку гаек производить постепенно и равномерно (поочередно) с целью обеспечения правильного обжатия уплотнительной прокладки и исключения деформации распылителя. Окончательную затяжку штуцера выполняют специальным ключом до отказа после крепления форсунки, а затем наматывают асбестовый сальник и прижимают его уплотняющим фланцем.

4. Не работает один или несколько плунжеров топливного насоса. На работающем прогретом дизеле это можно определить по белому дыму на выпуске. Дизель не будет развивать максимальных оборотов. Эксплуатировать его с неработающим плунжером насоса нельзя. Уменьшение или полное прекращение подачи топлива плунжерами может быть вызвано наличием в топливной системе воздуха. Поэтому при нарушении или отказе в работе топливного насоса необходимо прежде всего проверить, удален ли воздух из топливной системы.

Для проверки работы топливного насоса нужно отсоединить от штуцеров 10 (см. рис. 31) высокого давления трубки 31, по которым топливо поступает к форсункам. Ручкой 26 (см. рис. 34) аварийного пуска установить подачу топлива и повернуть вручную коленчатый вал дизеля. Равномерное поочередное (2—11—10—3—6—7—12—1—4—9—8—5) вытекание топлива из всех штуцеров 10 (см. рис. 31) свидетельствует об исправной работе плунжеров. Проверять топливный насос можно и на малых оборотах дизеля, поочередно ослабляя гайки трубок высокого давления на штуцерах и наблюдая за подачей топлива плунжерами.

Если после отсоединения трубок высокого давления и установки ручкой аварийного пуска полной подачи топлива из какого-либо штуцера будет непрерывно вытекать топливо, значит завис нагнетательный клапан 8 (см. рис. 33). Когда какой-либо из штуцеров 10 (см. рис. 31) не будет подавать топливо, это свидетельствует о неисправности плунжерной пары, задирах плунжера в пальце или его зависании.

Это также может быть вызвано поломкой пружины 16 плунжера или засорением и зависанием нагнетательного клапана 7. Разбирать топливный насос на судне не разрешается. Неисправный насос должен быть снят с дизеля и заменен проверенным.

**Дизель не развивает максимальных оборотов.** Это главным образом происходит при выходе из строя форсунки или плунжера топливного насоса (одного или нескольких). Определение и устранение указанных неисправностей изложены выше. Дизель может не разви-

вать максимальных оборотов вследствие целого ряда других причин, приводимых ниже в последовательности, которой необходимо руководствоваться при устранении неисправности.

1. Обрастание ракушками подводной части судна или коррозия ее. Если на судне установлен один дизель, то наблюдается постепенное понижение его максимальных оборотов в течение нескольких дней работы. При двух дизелях произойдет одновременное падение их оборотов. Кроме того, при этом постепенно увеличивается дымность. Понижение максимальных оборотов и повышение дымности происходят в результате увеличения гидравлического сопротивления судна, что приводит к работе дизеля по ограничительной или внешней характеристике.

Даже при непродолжительной работе дизеля по внешней характеристике возможны прогар поршней, перегрев и задир их, прогрессирующий износ или разрушение шатунных и коренных вкладышей, поломка шатунов. Устраняют данные неисправности очисткой и окраской подводной части судна.

2. Погнут гребной винт. Если при погнутости винта увеличивается его крутящий момент, то мгновенно снижаются обороты дизеля с одновременным появлением черного дыма на выпуске. Проверка работы форсунок и топливного насоса при этом подтверждает их исправность, и на упоре 31 (см. рис. 34) максимальной подачи топлива, когда будут установлены наибольшие обороты дизеля, не будет зазора. Аналогичная неисправность появляется и в результате увеличения крутящего момента на гребном винте по другим причинам (установка нового винта с большим шагом). При этом дизель будет работать по внешней характеристике.

Значительная погнутость гребного винта приводит к уменьшению его крутящего момента. На работе дизеля внешне это никак не отражается. При перемещении рычага 3 управления дизелем до отказа на упоре максимальных оборотов зазор будет отсутствовать, а на упоре 31 максимальной подачи топлива он увеличится вследствие уменьшения крутящего момента гребного винта. В данном случае снизится скорость судна или оно не сможет выйти на крыло. При этом максимальные обороты дизеля могут быть выше 1800 в минуту. Если дизель не развивает максимальных оборотов или судно значительно снизило скорость, следует осмотреть гребной винт и при обнаружении его погнутости заменить новым.

3. Уменьшился угол опережения подачи топлива. В дизеле М400 угол опережения подачи топлива устанавливается  $29-31^\circ$  до в. м. т. поршня по такту сжатия. Этот угол определяет процессы смесеобразования, самовоспламенения и сгорания топлива. Во время работы дизеля угол опережения подачи топлива может уменьшаться только в результате износов зубьев конических шестерен в системе передач и потери плотности плунжерной пары. При угле ниже  $29^\circ$  давление сгорания и скорость нарастания его будут уменьшаться и в цилиндре дизеля произойдет догорание топлива на такте расширения. При этом топливо не все сгорает, часть его выбрасывается поршнем с выпускными газами в виде черного дыма. Мощность дизеля понижается. Максимальные обороты дизеля падают, увеличивается расход топлива, но дизель будет работать мягче, так как уменьшается давление сгорания.

Угол опережения подачи топлива может быть больше  $31^\circ$  при неправильной его установке во время замены топливного насоса или ремонта дизеля. При этом значительно увеличивается давление сгорания и скорость его нарастания. Как уменьшение, так и увеличение угла опережения подачи топлива ухудшают работу дизеля и могут привести к его аварии. Поэтому при эксплуатации дизель необходимо пе-



риодически проверять следующим образом. Снять трубку форсунки 1-го цилиндра (для дизеля правого вращения — левого блока, для дизеля левого вращения — правого блока). Установить на штуцер 2-го плунжера насоса мениск-приспособление со стеклянной трубкой, которое имеется в бортовой сумке каждого дизеля. Снять крышку моноблока и крышку визира на картере реверсивной муфты со стороны ручного управления. Переключить ручным управлением реверсивную муфту на передний ход. Включить подкачивающий агрегат и прокачать топливную систему топливом для удаления из нее воздуха. Установить ручкой аварийного пуска 26 полную подачу топлива и зафиксировать ее в этом положении. Повернуть по ходу вал дизеля на 5—6 оборотов до тех пор, пока не прекратится появление пузырьков воздуха из 2-го плунжера насоса.

Пользуясь градуированной шкалой на корпусе фрикциона реверсивной муфты, присверлить с помощью регляжа и установить поршень 1-го цилиндра в в. м. т. по такту сжатия (все клапаны на такте сжатия должны быть закрыты). Удалить из трубки мениска часть топлива, чтобы уровень его был ниже верхней кромки трубки. Провернуть коленчатый вал против хода на 80—100° от в. м. т. поршня 1-го цилиндра, затем медленно вращать его по ходу и определить по градуированной шкале на корпусе синхронизатора угол, соответствующий смещению уровня топлива в трубке мениска. Момент «страгивания» топлива в трубке соответствует статистическому моменту начала подачи его 2-м плунжером насоса, а угол на градуированной шкале корпуса синхронизатора — углу опережения подачи топлива. Проверять таким образом угол опережения следует не менее трех раз.

Если угол не соответствует указанному в формуляре дизеля, его нужно отрегулировать. Для этого, не поворачивая коленчатый вал, снимают крышку рессоры топливного насоса на приводе и выдвигают рессору до тех пор, пока не разъединят привод с топливным насосом. Устанавливают по шкале на градуированном диске корпуса синхронизатора реверсивной муфты угол опережения подачи топлива, соответствующий указанному в формуляре дизеля, и подбирают положение рессоры, при котором ею можно свободно соединить шестерню привода со шлицевой муфтой насоса. После этого повторно проверяют угол опережения подачи топлива, как указано выше.

4. Топливный насос высокого давления подает недостаточное количество топлива. Причинами этого могут быть:

заедание рейки топливного насоса от заедания плунжера в гильзе в результате попадания воды в топливо и масло или работы на загрязненном топливе. При такой неисправности топливный насос следует обязательно снять с дизеля и заменить новым. Необходимо иметь в виду, что если во время работы дизеля заест рейку топливного насоса, то при переключении на холостой ход может произойти «разнос» дизеля.

Чтобы предотвратить его, перед каждым пуском дизеля нужно проверить ручкой 26 аварийного пуска легкость перемещения рейки топливного насоса;

нарушение регулировки тяг управления (рычаг управления дизелем дошел до упора максимальных оборотов на корпусе управления, установленном на реверсивной муфте, а рычаг 3 регулятора не доходит до упора 4 максимальных оборотов).

Регулировка тяг нарушается вследствие расконтровки резьбовых соединений тяг или износа подвижного беззазорного соединения тяг управления с шаровыми поводками. Такое соединение обеспечивается

вкладышами, заложенными в каждый наконечник тяги и прижатыми к шаровому поводку пружиной.

Если тяги снимали для последующей регулировки или по каким-либо другим причинам, то их нужно устанавливать на те же шаровые поводки. Следует добиться требуемого поджатия вкладышей к шаровому поводку тяги, для чего завертывают пробку до упора в торец вкладыша, а затем отвертывают ее на  $\frac{1}{4}$  оборота и зашплинтовывают. Сферические поверхности вкладышей при установке тяги смазывают солидолом. Длина тяг должна быть отрегулирована так, чтобы при положении рычага управления дизелем на упоре максимальных оборотов рычаг 3 управления регулятора находился на упоре 4;

нарушение установки упора 4 максимальных оборотов или упора 31 максимальной подачи топлива регулятора. Оно происходит в результате расконтровки резьбовых соединений упоров и износа самих упоров. Восстановление и установку упоров осуществляют отворачиванием их на работающем дизеле до получения требуемых оборотов и мощности. Однако следует иметь в виду, что упоры опломбированы на заводе и снимать пломбы с них не разрешается. Регулировку упоров на судне можно производить только при условии полной уверенности в правильности работы топливной аппаратуры, при отсутствии повреждений гребного винта и повышенных гидравлических сопротивлений подводной части судна, при обеспечении расчетной нагрузки судна и другим параметрам. В судовых условиях почти невозможно убедиться в соответствии всех указанных параметров, поэтому для правильной установки упоров 4 и 31 топливный насос с регулятором нужно снять с дизеля и проверить его на стенде (см. рис. 44), как указано ниже.

5. Падение давления топлива перед топливным насосом ниже  $1,5 \text{ кг/см}^2$  на режиме номинальной мощности 1000 л. с. при 1700 об/мин. Давление топлива может снизиться в результате:

загрязнения топливных фильтров. Для устранения неисправности необходимо промыть путевой топливный фильтр и, если это окажется недостаточным, топливные фильтры дизеля;

износа седла редукционного клапана 30 (см. рис. 29) топливоподкачивающего насоса, или потери упругости его пружины 31, или того, что клапан 30 не садится на седло вследствие попадания постороннего предмета. Для устранения неисправности снимают клапан, разбирают его и удаляют предмет, мешающий плотной посадке. При этом нужно проверить, не повреждены ли посадочные поверхности седла и клапана. Повреждение поверхностей устраняется притиркой клапана к седлу. Пружину 31 затягивают следующим образом: снимают пломбу, отпускают гайку 35 поводка 33 упора пружины и вращают его по часовой стрелке до тех пор, пока давление топлива не повысится до требуемой величины ( $1,5\text{—}3,5 \text{ кг/см}^2$ ), а затем затягивают и контрят гайку 35. Указанную регулировку производят во время работы дизеля.

6. Невозвратный клапан пропускает масло из масляной системы в трубку 25 (см. рис. 34) подвода его к упору пуска, вследствие чего упор произвольно включается и уменьшает подачу топлива. При этом произвольно изменяется и установленное число оборотов. Для устранения неисправности на работающем дизеле нужно отсоединить от невозвратного клапана, через который дизель прокачивается маслом от подкачивающего агрегата, трубку 25 подвода его к упору пуска и убедиться в том, что клапан герметичен. Если из отсоединенной трубки вытекает масло, следует снять клапан и промыть его, а при необходимости притереть к седлу или заменить новым.

7. Топливо не соответствует техническим условиям. Нужно взять пробу топлива и проверить, соответствует ли оно требованиям ГОСТ 4749—49. Если условия эксплуатации не позволяют произвести срочный анализ в лаборатории, то берут пробу топлива и проверяют, нет ли в нем воды. Если в пробе нет отстоя воды на дне стеклянного сосуда, то наличие следов взвеси или эмульсии воды проверяют путем нагревания топлива в пробирке. При наличии взвеси или эмульсии воды в топливе образуется пена или при нагреве пробы его наблюдается потрескивание.

Если лабораторным анализом или проверкой нагревом пробы топлива подтвердится несоответствие его требованиям ГОСТа, эксплуатацию дизеля следует прекратить до замены топлива. При работе дизеля длительное время на загрязненном или обводненном топливе должны быть сняты насос с форсунками для проверки их на отсутствие зависания плунжеров, игл распылителей и точности регулировки. При невозможности такой проверки следует заменить насос с форсунками, так как эксплуатация дизеля на обводненном топливе может привести к нарушению работы топливной аппаратуры, а это, в свою очередь, к резкому снижению надежности и долговечности дизеля.

**Колебание оборотов холостого хода.** На упоре реверсирования число оборотов холостого хода равно 850 в минуту. При непрогретом дизеле обороты могут изменяться в больших пределах. Для устранения этого необходимо прогреть дизель, обеспечив нагрев стенок блоков до 40—50°С, а температуру масла на выходе 40°С. Если после прогрева дизеля колебание оборотов холостого хода не уменьшится, нужно произвести подрегулировку иглы катаракта регулятора путем ее отворачивания или заворачивания. Если и при этом колебание оборотов не уменьшится, устанавливают иглу катаракта в первоначальное положение и проверяют работу дизеля с нагрузкой, доводя обороты до максимальных, после чего проверяют обороты холостого хода. Следует иметь в виду, что неравномерность подачи топлива плунжерами насоса высокого давления на оборотах холостого хода достигает 60%, а при максимальных оборотах — не более 3%. Значит, с возрастанием неравномерности подачи топлива колебания оборотов холостого хода будут увеличиваться и могут достигнуть такой величины, что дизель будет произвольно останавливаться. Для устранения неисправности снимают форсунки и проверяют их работу, а затем регулировку топливного насоса. Если неисправность не будет устранена, необходимо разобрать и продефектовать регулятор.

**Дизель идет в разнос.** Разнос дизеля может происходить только на холостом ходу. Поэтому при установке холостого хода нужно внимательно следить за оборотами и при произвольном повышении (свыше 850 в минуту) принять срочные меры к уменьшению их или остановить дизель, не допуская разноса. Причинами разноса могут быть: разъединение рейки топливного насоса с рычагом регулятора, заедание ее (чаще всего в результате заедания плунжера насоса высокого давления), отключение регулятора от насоса вследствие неисправности эластичной шестерни насоса, поломка регулятора. Если не предотвратить разнос дизеля, то мгновенно повышаются его обороты. При достижении их до 2500—3000 в минуту может произойти авария дизеля, после которой практически восстановить его не представляется возможным.

В дизеле М400 в системе воздухопровода за нагнетателем установлен автомат предельных оборотов. Он автоматически останавливает дизель, перекрывая воздушную заслонку при достижении 2100—2400 об/мин. Работа автомата основана на повышении давления воздуха за нагнетателем при увеличении оборотов дизеля. Если автомат

пределных оборотов не срабатывает, для остановки дизеля нужно мгновенно закрыть каким-либо предметом входной патрубок нагнетателя.

Останавливать дизель при разное включением реверсивной муфты на передний или задний ход не следует, так как при этом могут погнуться реверсивная муфта, амортизатор и др. У дизеля М401 в приводе к топливному насосу установлен центробежный автомат предельных оборотов, который при достижении предельных оборотов закрывает заслонку на входе воздуха в турбокомпрессоры.

Чтобы предотвратить разнос, перед каждым пуском дизеля ручной аварийного пуска нужно проверить легкость перемещения рейки топливного насоса. Если обороты дизеля достигнут 2100—2400 в минуту и сработает автомат предельных оборотов, то обязательно нужно снять топливный насос и до устранения причины разноса дизеля не запускать его.

## § 18. РЕМОНТ ФОРСУНОК

Для обеспечения бесперебойной эксплуатации дизелей в каждом пароходстве должен быть организован квалифицированный ремонт и проверка форсунок в порядке, рассмотренном ниже.

**Разборка форсунки и промывка ее деталей.** Перед тем как разобрать форсунку, нужно снять нагар с распылителя в специальной ванне, оборудованной электроподогревом и решеткой для ее установки. Для этого используют раствор, состоящий из кальцинированной соды (20 г), жидкого стекла (10 г), хромпика (1 г) и воды (1 л). Кроме того, можно применить такой состав раствора: тринатрийфосфат (20 г), керосин (100 см<sup>3</sup>), мыло (10 г), хромпик (1 г) и вода (1 л). Химикаты растворяют в воде отдельно в железных бачках емкостью 1—2 л, хромпик и жидкое стекло — в воде при 60—70° С. Растворенные химикаты наливают в бачок с водой и тщательно перемешивают. Форсунки устанавливают так, чтобы распылители были погружены в раствор на 18—20 мм, выдерживают 10—15 мин при 70—90° С, после чего протирают салфеткой, смоченной бензином. Нагар можно снимать и механическим способом, предварительно поместив распылители на 2—3 ч в ванну с керосином. После снятия нагара проверяют качество распыливания топлива форсункой и давление начала впрыска. Неисправности форсунок: пониженное давление начала впрыска, зависание иглы, подтекание распылителя, засорение распыливающих отверстий — должны быть указаны в ведомости и устранены при ремонте.

Форсунки разбирают в следующем порядке. Устанавливают их в приспособление распылителем вверх или зажимают в тисках с алюминевыми губками. Затем отворачивают муфту 9 (рис. 35) и снимают распылитель 10 с иглой 11. После поворота форсунки на 180° из ее корпуса 7 вывертывают гайку-колпачок 4, вынимают пружину 5 и стержень толкателя 8. Вывертывают штуцер 1. Все детали промывают в чистом бензине и продувают сжатым воздухом. Прецизионную пару игла — распылитель промывают отдельно. Промытые в бензине иглу и распылитель помещают в ванну с профильтрованным дизельным топливом, тщательно прополаскивают и, не вынимая из нее, осторожно вводят иглу в распылитель. Проверяют в нем перемещение иглы. Оно должно быть легким и плавным, без прихватываний и заеданий. Промытые детали укладывают в специальную тару и направляют на дефектацию.

**Дефектация форсунки.** После промывки в дизельном топливе игла, выдвинутая из распылителя на  $\frac{1}{3}$  длины при угле наклона к горизонту 45°, должна опускаться на его седло под действием собственного веса. Местных сопротивлений, препятствующих ее свободному

перемещению, не должно быть. Их устраняют доводкой пары по диаметру 6 мм. Осматривают иглу и распылитель. Повреждения и риски на доведенных поверхностях не допускаются. На распылителе и игле могут быть только легкие засветления и натиры, не препятствующие нормальной посадке ее в распылитель. Доводку торца корпуса

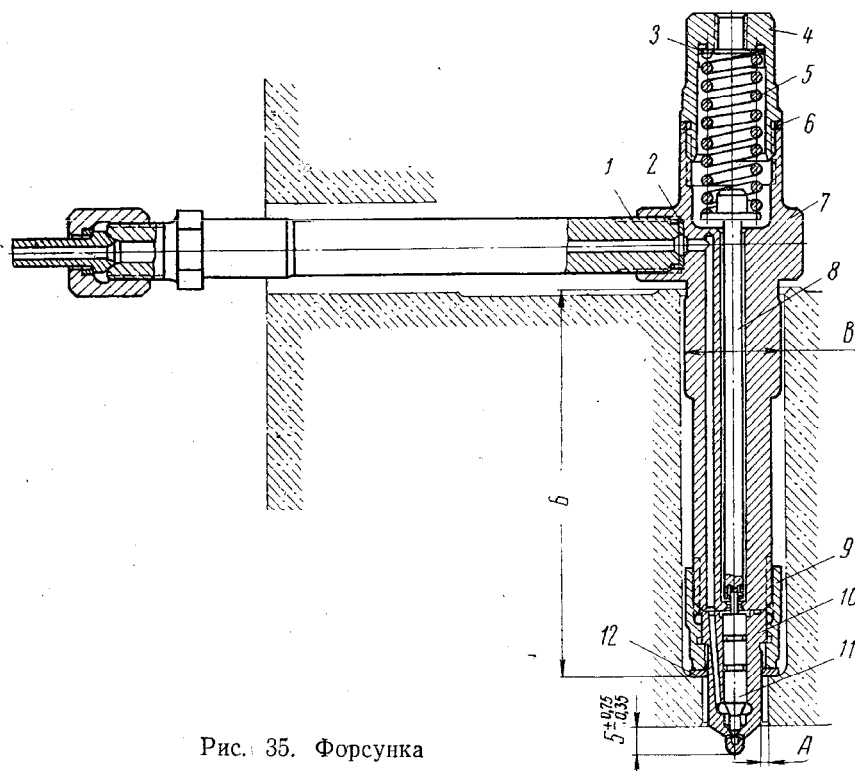


Рис. 35. Форсунка

распылителя для снятия следов от посадки на корпус форсунки производить не следует. При наличии повреждений торец нужно довести.

Опрессовку распылителя с целью проверки его герметичности производят на установке (рис. 36) с эталонной форсункой 3. Для опрессовки используют профильтрованный керосин с температурой 18—25° С. Вязкость его по Энглеру при 20° С должна быть 1,18—1,28. Разрешается применять смесь керосина и дизельного топлива той же вязкости. Керосин или смесь заливают в бачок 1 через шелковое полотно. Затяжку пружины эталонной форсунки регулируют на давление начала впрыска 350 кг/см<sup>2</sup>. Перед опрессовкой проверяют герметичность установки. Для этого на эталонную форсунку ставят распылитель-заглушку, ручным насосом 2 доводят давление в системе установки до 350 кг/см<sup>2</sup> и замеряют время его падения до 300 кг/см<sup>2</sup>, которое должно быть не менее 5 мин.

Кроме того, показания установки должны быть проверены по эталонным парам плотности, полученным от завода-поставщика топлив-

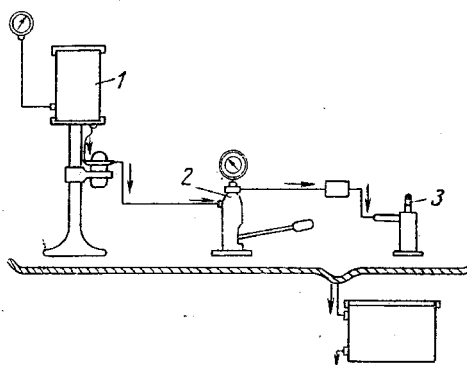


Рис. 36. Схема установки ЛМ 9619-067 для проверки герметичности распылителей

ной аппаратуры. Их должно быть четыре: две с временем опрессовки 8 сек и две с временем опрессовки 14 сек. Одна пара с временем опрессовки 8 сек и одна пара с временем опрессовки 14 сек служат рабочими эталонами, по которым настраивают установку и проверяют ее показания перед опрессовкой распылителей. Две другие эталонные пары — контрольные. Если время опрессовки эталонной пары отличается от указанного в паспорте не более чем на 1 сек, установка считается проверенной.

Распылитель опрессовывают в следующем порядке. Промывают его в авиационном бензине, после чего в профильтрованном керосине, а затем крепят муфтой 9 (см. рис. 35) на корпусе эталонной форсунки. Повышают давление в системе установки ручным насосом и производят один впрыск. Доводят давление до  $360\text{--}370\text{ кг/см}^2$  и замеряют по секундомеру время его падения с  $350$  до  $300\text{ кг/см}^2$ . Опрессовку производят два раза. Перед второй опрессовкой также следует произвести один впрыск. При подтекании топлива опрессовку прекращают и притирают иглу по рабочему конусу. После опрессовки нужно отвернуть муфту, снять распылитель с эталонной форсунки и промыть его в профильтрованном дизельном топливе. Если время падения давления с  $350$  до  $300\text{ кг/см}^2$  в системе установки находится в пределах 4—14 сек, распылитель считают годным и направляют для проверки подъема иглы. Когда время падения давления менее 4 сек, распылитель заменяют новым, при необходимости заменяют и иглу. Время падения давления для новых распылителей, прошедших обкатку на стенде, допускается в пределах 8—14 сек.

Подъем иглы проверяют в следующем порядке. Промывают распылитель в бензине, после чего устанавливают на подставку (рис. 37). Подводят к торцу распылителя ножку индикатора, имеющего удли-

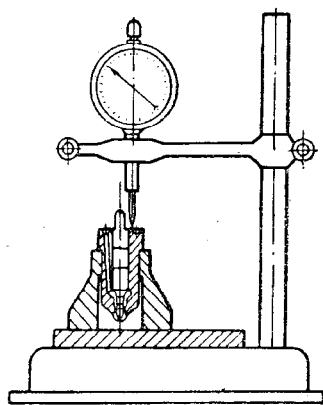


Рис. 37. Подставка ЛМ 9589-137 для проверки подъема иглы

ный наконечник, и устанавливают индикатор на нуль. Затем устанавливают ножку на торец иглы. Разность показаний индикатора будет соответствовать максимальному подъему иглы. Допустимый подъем иглы для новых распылителей составляет 0,48—0,53 мм, для работавших, 0,48—0,60 мм. Если подъем иглы превышает допустимый не более чем на 0,05 мм, его можно уменьшить притиркой торца распылителя. В распылителях с подъемом иглы более 0,65 мм ее заменяют, как указано ниже, либо пару бракуют.

**Исправление дефектов.** Шлифовку рабочего конуса иглы производят при наличии выработки, которую нельзя вывести притиркой. Ее выполняют на шлифовальном станке «Ривент», модель 104 или на другом аналогичном станке. Вставляют иглу в зажимной маховик приспособления ЛМ 9639-239.

Надевают приводной ремень на маховик и устанавливают его на станок. При этом хвостовик иглы должен упираться в плоскость приспособления. Заправляют шлифовальный круг ПП 110×10×20 Э6220С1-С2В алмазом и шлифуют рабочий конус иглы под углом  $61^{\circ}20' \pm 10'$ . После этого промывают иглу в бензине, смазывают тонким слоем масла, вставляют в распылитель до упора в рабочий конус. Замеряют подъем иглы, который для новой должен быть 0,48—0,53 мм и для работавшей не более 0,60 мм.

После шлифовки конуса иглу и распылитель доводят по диаметру 6 мм в трехкулачковом патроне или цанге доводочной бабки при

числе оборотов шпинделя 200—250 в минуту. Для доводки применяют пасту из окиси алюминия (паровочная). Порядок доводки следующий. Зажимают в патроне или цанге доводочной бабки за хвостовик иглу так, чтобы между корпусом распылителя, надетым на нее, и кулачками патрона или цангой оставался зазор. Снимают корпус распылителя с иглы и протирают их цилиндрические поверхности диаметром 6 мм гигроскопической ватой. Закрепляют корпус распылителя в державке. Наносят на поверхность иглы деревянной лопаткой равномерный слой пасты из окиси алюминия. Пасту следует наносить осторожно, чтобы она не попала на рабочий конус иглы. Надевают на иглу корпус распылителя, включают электродвигатель и, перемещая рукой корпус распылителя вдоль иглы, производят доводку пары. Доводка должна быть непродолжительной во избежание ослабления посадки иглы в корпусе распылителя. Снимать корпус распылителя с иглы и надевать его следует только при невращающемся патроне доводочной бабки.

Если отсутствуют приспособление и доводочная бабка, доводку пары можно выполнять вручную, при этом продолжительность ее значительно увеличивается. После доводки вынимают иглу из корпуса распылителя и тщательно промывают их в керосине. Протирают доведенные поверхности гигроскопической ватой. Помещают промытые детали пары в ванну с дизельным топливом, прополаскивают, не вынимая из ванны вводят иглу в корпус распылителя и проверяют ее перемещение.

Местные сопротивления, препятствующие свободному перемещению иглы, не допускаются. Затем пару вынимают из ванны и проверяют посадку иглы в корпусе распылителя. Игла должна перемещаться в нем плавно, без прихватывания. Игла, выдвинутая из распылителя на  $\frac{1}{3}$  своей длины при угле наклона к горизонтали  $45^\circ$ , должна опускаться на его седло под действием собственного веса. Доведенные поверхности иглы и корпуса распылителя должны иметь ровный отблеск, без разрывов притирки. Чистота их должна соответствовать 12-му классу. На них допускается наличие едва различимых на глаз беспорядочно расположенных мельчайших штрихов, не снижающих чистоту поверхности ниже 11-го класса, и отдельных штрихов, не снижающих чистоту поверхности ниже 10-го класса. Риски не допускаются. При удовлетворительной посадке иглы в корпус распылителя доводка пары по диаметру 6 мм считается законченной. Распылитель направляют на проверку герметичности (опрессовку). При неудовлетворительной посадке иглы доводку пары следует повторить.

Притирку распылителя по рабочему конусу выполняют в трехкулачковом патроне или цанге доводочной бабки при числе оборотов шпинделя 200—250 в минуту. Для притирки используют пасту карборунд (зерно 500). Порядок притирки следующий. Вынимают иглу из распылителя и зажимают ее за хвостовик в патроне или цанге доводочной бабки. Тщательно протирают иглу гигроскопической ватой, наносят на ее поверхность равномерный слой авиационного масла, а на рабочий конус — слой пасты. Осторожно надевают на иглу корпус распылителя, следя за тем, чтобы паста не попала на поверхность диаметром 6 мм корпуса распылителя. Включают электродвигатель и притирают пару по рабочему конусу.

Необходимо своевременно удалять с иглы перетертую пасту. Как только у основания рабочего конуса иглы появится замкнутый блестящий пояс, притирку можно считать законченной. Ширина притертого пояса для новых распылителей должна быть не более 0,4 мм, для работавших она допускается 0,8 мм. По окончании притирки пару выни-

мают из патрона доводочной бабки, затем вынимают иглу из корпуса распылителя, промывают их по диаметру 6 мм и направляют на проверку герметичности (опрессовку) и подъема иглы. При неудовлетворительном результате притирки пары по рабочему конусу (подтекание распылителя при опрессовке пары или увеличение ширины притертого пояса) необходимо произвести доводку рабочего конуса распылителя пастой карборунд (зерно 500) с помощью чугунного притира ЛМ 9338-017, затем притереть распылитель по рабочему конусу совместно с иглой, как указано выше. Притир предварительно должен быть заправлен под углом  $60^\circ \pm 10'$  бархатной пилой № 6 посредством приспособления (косяка) ЛМ 9490-015.

Доводку торца распылителя производят на чугунной плите или на доводочном станке. Порядок доводки следующий. Наносят на поверхность плиты или диска станка тонкий слой 7—10-микронной пасты ГОИ или пасты из окиси хрома. Вынимают из корпуса распылителя иглу и доводят торец корпуса, равномерно прижимая его к плите. Поверхность торца при этом должна быть блестящей и обработана до 11-го класса чистоты. Прямолинейность торца проверяют лезкальной линейкой (просвет не допускается) или плоско-параллельной стеклянной пластиной (допускается не более трех интерференционных полос). Биеение доведенного торца относительно поверхности диаметром 6 мм должно быть не более 0,02 мм. После доводки корпус распылителя и иглу промывают, проверяют посадку последней по диаметру 6 мм, а затем ее подъем.

Доводку торца корпуса форсунки выполняют с целью устранения его повреждений, нарушающих герметичность стыка с распылителем. Доводку осуществляют на чугунной плите пастой из окиси хрома или окиси алюминия. Пасту наносят на плиту тонким слоем. Перекос торца корпуса форсунки относительно оси резьбы должен быть не более 0,025 мм на крайних точках, поэтому необходимо равномерно прижимать корпус к плите. Доведенная поверхность торца должна быть блестящей. На ней допускается отпечаток от иглы распылителя. Поверхность обрабатывают по 11-му классу чистоты. Прямолинейность торца проверяют так же, как на корпусе распылителя.

Замену иглы распылителя производят при недостаточной плотности пары вследствие увеличения диаметрального зазора между корпусом распылителя и иглой. Указанную операцию можно выполнить, если имеется достаточное количество новых игл и станок для шлифования рабочего конуса иглы. Иглу распылителя заменяют в следующем порядке. Промывают корпус распылителя и несколько новых игл в ванне с бензином. Подбирают иглу, которая бы плотно от руки вошла на  $\frac{1}{3}$  длины в корпус распылителя. Вынимают иглу из корпуса, смазывают ее авиационным маслом и вновь вставляют в распылитель.

Игла должна полностью войти в его корпус, до упора. Проверяют подъем иглы, как указано выше. При ее подъеме более 0,45 мм нужно подобрать новую иглу, при подъеме не более чем 0,45 мм необходимо отшлифовать рабочий конус иглы, как указано выше. После этого довести пару по диаметру 6 мм, промыть и проверить посадку иглы в корпус распылителя, притереть его по рабочему конусу. Затем снова промыть распылитель, проверить герметичность путем опрессовки, подъем иглы и плавность посадки ее в корпус. При опрессовке распылителя время ладения давления с 350 до 300 кг/см<sup>2</sup> должно быть в пределах 8—14 сек, подъем иглы 0,48—0,53 мм.

**Сборка форсунки.** Перед сборкой все детали форсунки должны быть тщательно промыты в бензине и осмотрены. Распылители промывают в отдельной ванне дизельным топливом. Форсунку собира-



ют в следующем порядке. Устанавливают ее корпус в приспособление для сборки или зажимают в тисках. Ставят на доведенный торец ее корпуса 7 распылитель 10 вместе с иглой 11 (см. рис. 35), наворачивают на корпус муфту 9. Устанавливают форсунку в приспособление для центровки распылителя (рис. 38) и закрепляют ее зажимным винтом.

Затягивают ключом муфту 9 (см. рис. 35) до отказа. Устанавливают корпус форсунки в приспособление для сборки ее распылителем вниз. Опускают в корпус стержень толкателя 8. Устанавливают на стержень пружину 5. Укладывают на ее верхний торец одну (допускается две) регулировочную шайбу 3. Надевают на гайку-колпачок 4 медную прокладку 6, наворачивают ее на корпус и затягивают ключом.

Если прокладка 2 была вынута из корпуса форсунки, необходимо установить новую, затем ввернуть штуцер 1 и затянуть его ключом. На штуцер наворачивают защитный колпачок. Посредством индикатора и приспособления (рис. 39) или призмы проверяют биение поверхности распылителя 10 (см. рис. 35) и муфты 9 относительно цилиндрической поверхности диаметра В корпуса 7. Биение распылителя допускается не более 0,2 мм, а муфты не более 0,25 мм. Собранный комплект форсунки укладывают в тару и направляют на проверку качества распыливания топлива и регулировку давления начала впрыска.

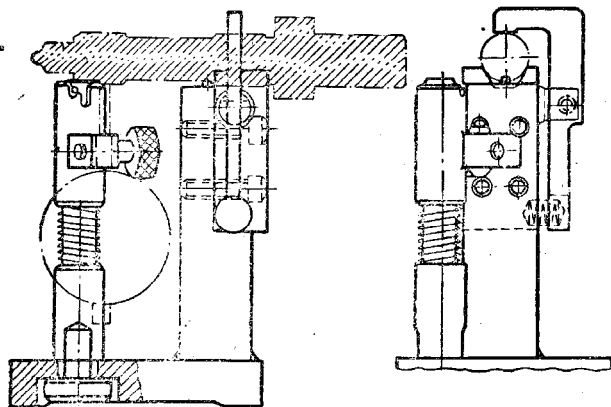


Рис. 39. Приспособление ЛМ 9579-436 для проверки биения распылителя и муфты на собранной форсунке

ния впрыска топлива форсункой, топливный фильтр 4, топливоподкачивающий насос 5, бак для топлива 7, топливный насос высокого давления 8 и электродвигатель 9.

В мастерских порта для этого можно использовать специальное приспособление, поставляемое вместе с дизелем. Для проверки и ре-

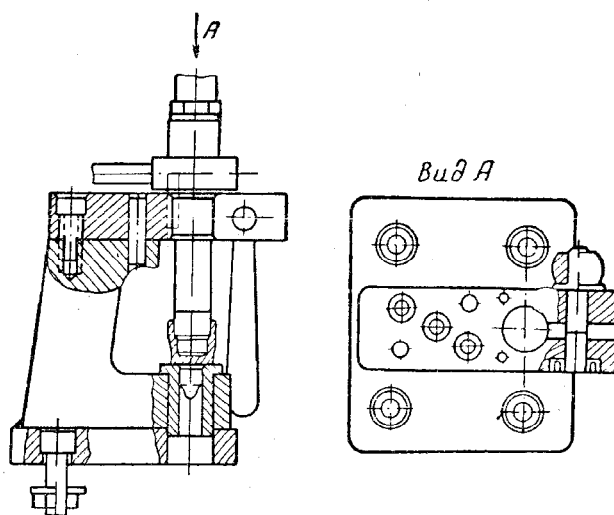


Рис. 38. Приспособление ЛМ 9690-171 для центровки распылителя

**Проверка качества распыливания топлива и регулировка давления начала впрыска.** Эту проверку и регулировку форсунок производят на специальной установке — аккумуляторной установке (рис. 40). Она имеет зажим для крепления форсунки 1, кран 2 для слива топлива и уменьшения давления последнего в аккумуляторе 6, манометр 3 для замера давле-

гулировки форсунок применяют дизельное топливо ДС или ДЛ. Форсунку проверяют в такой последовательности. Устанавливают ее в зажим станда и закрепляют. Присоединяют к штуцеру трубку подвода топлива. Производят несколько впрысков топлива при быстром

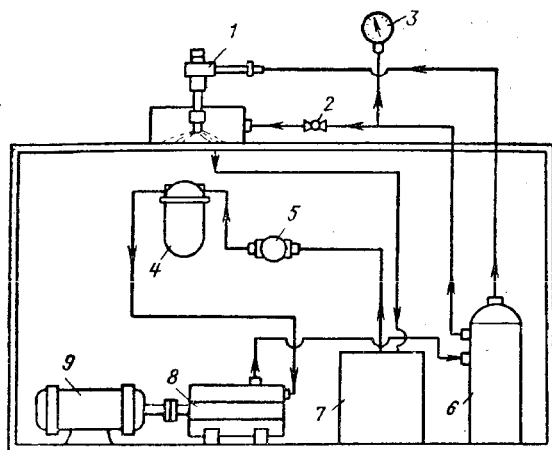


Рис. 40. Схема станда ЛМ 9690-205 для проверки и регулировки форсунок

и медленном нарастании его давления в системе установки. Качество распыливания должно соответствовать следующим требованиям: давление начала впрыска должно быть  $200 \pm 3 \text{ кг/см}^2$ , начало и конец впрыска должны быть четкими и сопровождаться резким звуком, распыленное топливо должно находиться в туманообразном состоянии и равномерно распределяться по поперечному сечению струи без заметных на глаз сплошных (нетуманообразных) струй и местных сгущений, двойные и тройные впрыски топлива форсунки при доведении

давления до  $200 \pm 3 \text{ кг/см}^2$  не допускаются, понижение давления при впрыске должно быть в пределах  $150\text{—}180 \text{ кг/см}^2$ , разница в падении давления между двумя впрысками не более  $10 \text{ кг/см}^2$ , при равномерном повышении давления в аккумуляторе (в течение  $5\text{—}7 \text{ сек}$  повышение давления на  $10 \text{ кг/см}^2$  до  $190 \text{ кг/см}^2$ ) распылитель не должен иметь подтекания, при дальнейшем повышении давления до момента впрыска допускается появление на распылителе капли топлива без отрыва ее.

Форсунки, отвечающие указанным требованиям, направляют на обкатку. У форсунок с хорошим качеством распыливания топлива, но имеющих давление начала впрыска более или менее  $200 \pm 3 \text{ кг/см}^2$ , необходимо отрегулировать давление начала впрыска. Регулировку осуществляют подбором регулировочных шайб 3 (см. рис. 35) с последующей проверкой качества распыливания топлива и давления начала впрыска. Уменьшение или увеличение толщины шайбы на  $0,1 \text{ мм}$  вызывает соответственно уменьшение или увеличение давления начала впрыска примерно на  $4 \text{ кг/см}^2$ . При отсутствии регулировочной шайбы нужной толщины разрешается использовать две шайбы.

Форсунки, не выдержавшие проверку (подтекание распылителя, периодическое или полное зависание иглы, закупорка распыливающих отверстий), нужно разобрать и промыть. Если неисправность при этом не будет устранена, форсунку разбирают, а неудовлетворительно работающий распылитель заменяют новым.

## § 19. РЕМОНТ ТОПЛИВНОГО НАСОСА С РЕГУЛЯТОРОМ

Капитальный ремонт топливного насоса и регулятора следует производить на заводе, где имеются специальное оборудование, технические условия для восстановления деталей и технологический процесс для ремонта. В условиях мастерских может быть выполнен ремонт с частичной разборкой регулятора или насоса для замены вышедших из строя деталей новыми с последующей сборкой и регулировкой насоса. Ниже приводится порядок работ по замене нагнетательного клапана, плунжерной пары, пружины плунжера, деталей регулятора, по проверке и регулировке насоса.

**Проверка или замена нагнетательного клапана насоса.** Зависание нагнетательного клапана 7 (см. рис. 31), попадание посторонних частиц под него или поломка пружины 8 могут вызвать повышенную вибрацию дизеля, он не будет развивать максимальных оборотов, появится черный дым на выпуске. Неисправность нагнетательного клапана определяют следующим способом. После остановки дизеля отвертывают накидные гайки 30 на всех штуцерах 10 трубок высокого давления 31. Если клапан неисправен, из штуцера будет вытекать топливо. Для устранения дефектов снимают два замка 41 контровки штуцера 10. Посредством специального шлицевого ключа вывертывают штуцер 10, вынимают из головки 3 насоса упор 9 нагнетательного клапана и пружину 8. Съёмником ЛМ 9690-140 выпрессовывают из отверстия головки 3 седло 6 с клапаном 7. После этого заменяют уплотнительное кольцо 11, которое обжимают только один раз.

Клапан с седлом промывают в бензине, а затем в керосине и проверяют его посадку. Приподнятый в седле почти на всю свою длину клапан должен садиться на его конус в любом положении без прихватывания. Риски и царапины на доведенном торце седла клапана не допускаются, при наличии повреждений торец доводят притиркой на чугунной плите или станке. Для доводки применяют 7—10-микронную пасту ГОИ. Ее наносят на плиту или диск доводочного станка тонким слоем.

При доводке деталь равномерно прижимают рукой к плите или к диску станка, после ее тщательно промывают в бензине. Прямолинейность доведенных торцов проверяют лекальной линейкой или плоскопараллельной стеклянной пластиной. При проверке прямолинейности торцов лекальной линейкой не должно быть просвета, а при проверке стеклянной пластиной допускается не более трех интерференционных полос. Перед проверкой поверхность протирают спиртом. Чистота обработки притертых торцовых поверхностей втулки 4 плунжера и седла 6 клапана должна быть не ниже 11-го класса.

Проверку герметичности нагнетательного клапана и притирку его по конусу производят в следующем порядке. Герметичность клапана проверяют на установке ЛМ 9690-198 (рис. 41). Нагнетательный клапан 2 с седлом промывают в керосине и устанавливают на пружину 3. Открывают кран 5 и заполняют ресивер 4 сжатым воздухом, который подводят к клапану под давлением 3—4 кг/см<sup>2</sup>. Герметичность клапана считается удовлетворительной, если в стеклянном сосуде 1 не появляются пузырьки воздуха. При наличии их необходимо притереть клапан по конусу к седлу. Для этого клапан зажимают в цапфе доводочной бабки. Сначала клапан притирают пастой из окиси хрома до появления на его конусной поверхности матового замкнутого пояса, а затем пастой из окиси алюминия.

При этом следят за тем, чтобы паста не попала на поверхность разгрузочного пояса клапана. После притирки последний вместе с сед-

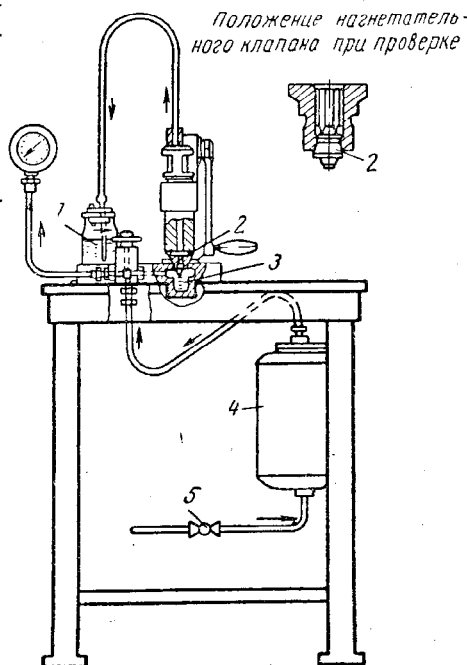


Рис. 41. Схема установки ЛМ 9690-198 для проверки герметичности нагнетательных клапанов топливного насоса

лом промывают в керосине. Качество притирки определяют повторной проверкой герметичности клапана, как указано выше.

Если нельзя поверить и исправить нагнетательный клапан, его заменяют новым. После исправления или замены клапана сборку насоса производят в таком порядке. Промывают седло и клапан в керосине. Надевают на седло 6 (см. рис. 31) новое уплотнительное кольцо 11 и вставляют в седло клапан. Проверяют чистоту верхнего торца втулки 4 плунжера, вставляют седло с нагнетательным клапаном и уплотнительным кольцом в отверстие головки 3 до упора в торец втулки плунжера. В пружину 8 устанавливают упор 9 и надевают ее на выступающую часть клапана 7. Промывают в бензине штуцер 10, смазывают нижнюю резьбу его касторовым маслом и ввертывают в головку 3. Затяжку штуцера 10 производят тарированным ключом 1М 55-90сб-1 равномерным вращением с возрастающим усилием на его рычаге до тех пор, пока крутящий момент не будет равен  $1400\text{--}1550\text{ кг/см}$ , что соответствует давлению  $20\text{--}22\text{ кг/см}^2$  на манометре тарированного ключа. Затяжка штуцера 10 в несколько приемов с остановкой ключа не разрешается.

Если в головке устанавливают все двенадцать клапанов, то штуцеры следует затягивать в последовательности 1—12—2—11—3—10—4—9—5—8—6—7 и нарушать ее нельзя, так как это может привести к деформации головки 3 и зависанию плунжеров 5 во втулках 4. Затем устанавливают замки 41, наворачивают предохранительный колпачок.

Следует отметить, что правильно затяжку штуцера 10 можно выполнить только на снятой с насоса головке 3. При этом после затяжки штуцера проверяют легкость перемещения плунжера 5 во втулке 4, что обеспечивает надежную работу плунжерной пары насоса. Неправильная установка седла нагнетательного клапана или неправильная затяжка штуцера могут вызвать деформацию втулки плунжера и зависание его. Если при работе дизеля по резьбовому соединению штуцера 10 с головкой 3 появится течь топлива, устранять ее не следует, так как требуется дозатяжка штуцера, а она может вызвать деформацию втулки 4 и зависание плунжера.

**Замена втулки с плунжером или пружины.** Прекращение работы плунжерной пары или поломка пружины плунжера во время эксплуатации дизеля приводят к следующим неисправностям: дизель не развивает максимальных оборотов, черный дым на выпуске, дизель трясет и перегревается. После остановки дизеля следует снять трубки высокого давления, поворотом ручки 26 (см. рис. 34) аварийного пуска установить рейку 42 (см. рис. 31) топливного насоса на максимальную подачу и повернуть коленчатый вал на два оборота. Если какой-либо секцией насоса топливо не подается, значит неисправна плунжерная пара или поломана пружина 16 плунжера.

Для замены плунжерной пары или пружины плунжера частично разбирают насос (до снятия головки 3) в таком порядке. Отсоединяют от насоса регулятор. Снимают рычаг 3 (см. рис. 34) с вилкой 2. Отвертывают две гайки и снимают корпус 34 упора пуска, вынимают из паза кронштейна 39 поршень 33 с упором 36 и пружиной 35. После этого снимают корпус 49 катаракта, отсоединяют поршень 44 катаракта от коромысла 41. Разбирают поршень катаракта, для чего снимают стопорное кольцо 42, вывертывают гайку 43 и вынимают шток 45 катаракта с двумя пружинами.

Для снятия колпака 9 регулятора с запрессованным стаканом 10 необходимо расконтрить и отвернуть гайку 5 сальника и шесть гаек крепления колпака. При этом следует колпак прижимать рукой к корпусу 16 поршня. Затем снимают колпак со шпилек корпуса и с плунжера 1, пять силовых пружин 11 с направляющих стержней, а с

кронштейна 39 ось 40 и коромысло 41. Вынимают направляющие 12 пружины и отсоединяют стержень 6 с плунжером 1 от золотника 15.

Если потребуется разборка плунжера регулятора, нужно вынуть из плунжера сухарики 30 с пазами и снять резиновое кольцо, после чего вынуть из плунжера стержень 6. Для снятия корпуса 17 регулятора отсоединяют рычаг 32 от рейки топливного насоса, снимают его вместе с вилкой 29, сухариками 30 и резиновыми уплотнительными кольцами 28. Вывертывают штуцер 13 и снимают трубку подвода масла к регулятору и масляный фильтр регулятора, а затем корпус 16 поршня и отсоединяют от него вилку 29. Отвертывают гайки крепления корпуса 17 регулятора к торцевой крышке 26 (см. рис. 31) насоса и снимают корпус.

При разборке шестерни-води́ла 22 (см. рис. 34) отвертывают болты крепления планок и снимают их, а затем выбивают оси грузиков 20, снимают грузики и золотник 15 с опорным кольцом 19, которое должно остаться на нем. Снимают замковое кольцо с гайки 18, после чего выбивают штифт, фиксирующий ее, и отвертывают гайки (с левой резьбой). При снятии шестерни-води́ла надо поддерживать ее рукой во избежание потери игл (тридцать четыре штуки) и шайбы 24. Ось 21 не выпрессовывают. На этом разборку регулятора заканчивают. Все детали промывают в бензине. Поршень с золотником промывают в бензине отдельно, а затем помещают в ванну с дизельным топливом и, не вынимая из нее, проверяют перемещение золотника в поршне. Оно должно быть легким, плавным, без прихватывания.

После того как будет снят регулятор, приступают к частичной разборке топливного насоса (см. рис. 31). Снимают правую 36 и левую 43 боковые крышки, затем выбивают конический штифт 20 и отвертывают гайку 19. Проверяют наличие меток на торце хвостовика 21 и торце втулки шестерни, указывающих, в каком положении шестерня 18 должна быть установлена на шлицы хвостовика. При отсутствии меток нашивают их шабером или кернером. Снимают упругую шестерню 18 со шлиц, а затем переднюю 33 и заднюю 26 крышки. Отвернув равномерно (на одну грань за каждый прием) гайки крепления головки 3, снимают с силовых шпилек 34 картера 1 головку насоса в сборе с плунжерными парами. Стойки 2 не снимают.

Внимательно осматривают секцию топливного насоса, которая не подает топливо, и определяют причину неисправности. Ею может быть поломка пружины или зависание плунжера во втулке. При поломке пружины 16 следует снять нижнюю тарелку 17 и заменить пружину новой. Если неисправна плунжерная пара (плунжер 5 и его втулка 4), ее заменяют комплектно. Для этого снимают нижнюю тарелку 17, пружину 16, верхнюю тарелку 14, поворотную муфту 15 с коробкой 13 зубчатого венца, а затем отвертывают штуцер 10, вынимают седло 6 с клапаном 7 и снимают дефектную плунжерную пару, предварительно отвернув стопорный винт 12.

Замену плунжерной пары новой выполняют в следующем порядке. Устанавливают головку 3 насоса на приспособление ЛМ 9690-158 и закрепляют ее. Прецизионную пару (плунжер с втулкой) промывают в чистом авиационном бензине, а затем в дизельном топливе. Проверяют плавность хода плунжера во втулке. Он должен перемещаться в последней под действием собственного веса. Устанавливают пару в соответствующую секцию головки насоса так, чтобы паз под винт 12 во втулке 4 был обращен в сторону отверстия под винт в головке насоса. Надевают на винт 12 новую фибровую прокладку и ввертывают его в головку насоса.

При этом надо следить за тем, чтобы цилиндрический конец винта свободно вошел в паз втулки. Винт затягивают, проверяют осевое пере-

мещение втулки в головке 3 и ход плунжера во втулке. Втулка должна свободно перемещаться в головке насоса в пределах длины установочного паза под винт 12, а поднятый в верхнее положение плунжер должен опускаться во втулке под действием собственного веса. Парно контрят винты вязальной проволокой 0,8 мм и собирают нагнетательную секцию насоса, как указано выше. После затяжки штуцера 10 проверяют ход плунжера. Он должен свободно перемещаться во втулке под действием собственного веса и при повороте его на 360°. Даже при незначительном прихватывании плунжера во втулке следует заменить уплотнительное кольцо на седле. На собранном насосе нельзя затягивать винт 12, так как это может привести к деформации втулки и заклиниванию плунжера. После замены плунжерной пары собирают насос с регулятором. Сборку производят в порядке, обратном разборке. Собранный с регулятором насос нужно отрегулировать.

Замену плунжерной пары и пружины плунжера можно произвести, не снимая насоса с дизеля и не разбирая его. Но такая замена не гарантирует надежной его работы. Она может быть произведена в аварийных случаях (ремонт вдали от базы и др.). Порядок такой замены следующий. Снимают две боковые крышки 36 и 43. Отворачивают штуцер 10 и демонтируют седло 6 вместе с нагнетательным клапаном 7. Затем отворачивают винт 12 и с помощью крючка из проволоки через пространство между витками пружины 16 выталкивают вверх втулку 4 плунжера. Поворачивают кулачковый вал 35 насоса так, чтобы толкатель 22 находился в крайнем нижнем положении. После этого перемещают вниз поворотную муфту 15. Зубчатый венец 37 должен выйти из зацепления с зубчатым сектором 39. Перемещают за нижнюю тарелку 17 в любую сторону пакет, состоящий из этой тарелки, пружины 16, плунжера 5, поворотной муфты 15 с укрепленным на ней зубчатым венцом 37, верхней тарелки 14, и вынимают его.

После демонтажа указанных деталей заменяют дефектную плунжерную пару или сломанную пружину плунжера. Устанавливают детали на место в обратном порядке. При возвращении судна на базу с дизеля необходимо снять насос и отрегулировать его, как указано ниже.

**Регулировка топливного насоса.** Дизель работает надежно при одинаковой нагрузке двенадцати цилиндров, что обеспечивается насосом высокого давления, если все его двенадцать плунжеров будут подавать топливо в цилиндры в один и тот же момент и одинаковое количество. Поэтому регулируют момент начала подачи топлива насосом, проверяют герметичность нагнетательных клапанов и регулируют насос на количество подаваемого им топлива. Такие проверки и регулировки следует производить через 1000 ч работы дизеля и после полной или частичной разборки насоса.

Момент начала подачи топлива плунжерами топливного насоса регулируют статическим методом на специальном стенде ЛМ 9955-537 (рис. 42). Для этого устанавливают насос 1 на кронштейны стенда и соединяют его с маховиком 2 рессорой. Благодаря радиальному зазору в шлицевых соединениях стенда и регулируемого насоса рессора должна поворачиваться не более чем на 1°. В противном случае невозможно добиться требуемой точности регулировки. Подсоединяют шланг подвода топлива. После открытия кранов 4 оно из расходного бака 5 через фильтры 3 поступает в насос. Снимают с последнего правую боковую крышку. Устанавливают рейку насоса на упор максимальной подачи топлива. Открывают краны 4 на магистрали подвода топлива и заполняют им насос. На пол оборота отвертывают гайку 29 (см. рис. 31) на штуцере 28 отвода топлива из сборника 27 и удаляют воздух из полости 32 корпуса насоса. Для этого вращают

штурвал 10 (см. рис. 42) стенда до тех пор, пока топливо не начнет вытекать из штуцера 28 (рис. 31) сплошной струей без пузырьков воздуха. Гайку 29 не затягивают. Устанавливают на штуцеры 10 нагнетательных секций насоса двенадцать менисков 7 (см. рис. 42).

При вращении штурвала 10 стенда и поворачивании кулачкового вала насоса против часовой стрелки заполняют топливом все мениски. Затем легкими ударами пальца по трубке мениска (установленной на 2-й секции насоса со стороны его привода) удаляют из нее часть топлива с тем, чтобы уровень его находился ниже верхней кромки трубки.

Поворачивая кулачковый вал насоса против часовой стрелки, замечают по количеству делений в градусах на шкале маховика 2 стенда момент начала подъема топлива в трубке мениска. Отмеченное на шкале количество градусов будет соответствовать началу подачи топлива 2-м плунжером. Принимая этот момент начала подачи топлива за начало отсчета градусов поворота кулачкового вала, определяют по шкале на маховике стенда начало подачи топлива остальными плунжерами.

Момент начала подъема топлива в мениске определяется визуально или с помощью световой сигнализации 6. Сливаемое из насоса топливо стекает в бачок 8, откуда ручным насосом 9 перекачивается в бачок 5.

Очередность подачи топлива и углы поворота кулачкового вала, соответствующие моменту начала подачи топлива плунжерами насоса, должны соответствовать величинам, приведенным в табл. 4.

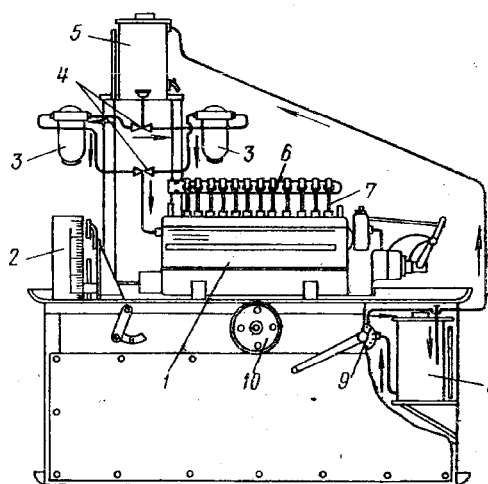


Рис. 42. Схема стенда ЛМ 9955-537 для регулировки момента начала подачи топлива плунжерами насоса

Таблица 4

Очередность подачи топлива плунжерами насоса . .	2	11	10	3	6	7	12	1	4	9	8	5
Начало подачи топлива в градусах угла поворота кулачкового вала .	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330

Отклонение момента начала подачи топлива допускается не более чем на  $\pm 0,5^\circ$  для всех плунжеров. Регулировка момента начала подачи топлива плунжером производится болтом 25 (см. рис. 31). При начале подачи топлива 4-м плунжером ранее заданного (при повороте кулачкового вала на  $239^\circ$ , а не на  $240^\circ$ ), как указано в табл. 4, следует отконтрить гайку 24 и немного завернуть болт 25 толкателя 22. Если момент начала подачи топлива наступил позднее (при повороте кулачкового вала на  $241^\circ$ , а не на  $240^\circ$ ), регулировочный болт необходимо несколько вывернуть. При повороте его на одну грань момент начала подачи топлива изменяется примерно на  $50'$ , а зазор между торцом

плунжера и седлом нагнетательного клапана (при положении плунжера в в.м.т.) — на 0,25 мм. После каждой регулировки начала подачи топлива болт 25 толкателя должен быть надёжно законтрен гайкой 24.

Отрегулировав подачу одним плунжером, надо проверить начало подачи топлива всеми плунжерами насоса и зазор между торцом плунжера, находящегося в в. м. т., и седлом нагнетательного клапана. Проверку производят с помощью приспособления ЛМ 9579—245 (рис. 43). Для всех секций насоса зазор должен быть в пределах 1,5—2,1 мм. От величины зазора зависит давление впрыска топлива и качество его распыливания в цилиндре дизеля. Результаты проверки момента начала подачи топлива каждым плунжером заносят в протокол регулировки насоса.

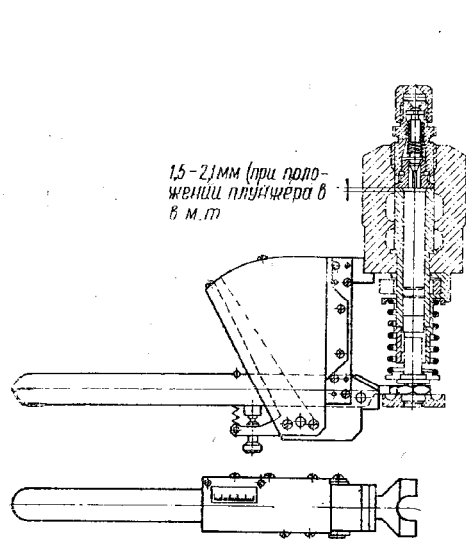


Рис. 43. Приспособление ЛМ 9579-245 для проверки зазора между верхним торцом плунжера и седлом нагнетательного клапана

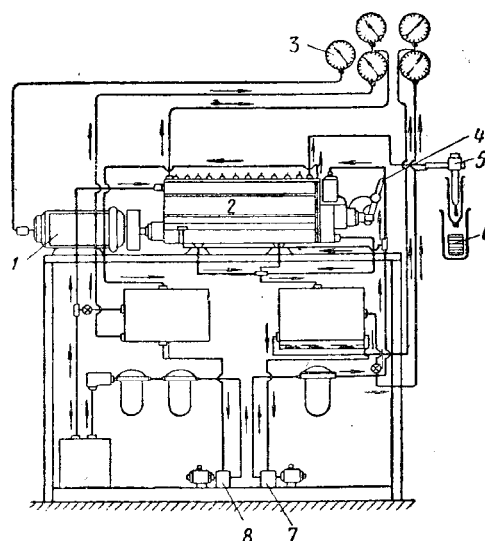


Рис. 44. Схема станда НС.6109 для регулировки и испытания топливных насосов

Проверка герметичности нагнетательных клапанов выполняется на неработающем топливном насосе. Рейка при этом должна быть выключена. Проверку производят на стенде НС.6109 (рис. 44) в следующем порядке. Открывают кран топливной магистрали станда и включают топливоподкачивающий насос 8. Отвертывают от штуцера 28 насоса (см. рис. 31) на полоборота гайку 29 крепления шланга отсечного топлива. Проворачивая кулачковый вал насоса рукой за маховик электродвигателя 1 (см. рис. 44) станда, прокачивают насос топливом до появления из-под гайки штуцера, отводящего отсечное топливо, сплошной его струи без пузырьков воздуха, после чего затягивают гайку 29 (см. рис. 31) до отказа. Обдувают все штуцеры 10 нагнетательных секций насоса сжатым воздухом с целью удаления топлива из верхней конической части отверстий штуцеров и, прикрывая запорный кран на магистрали отвода отсечного топлива, создают давление топлива, поступающего в насос, 1,5 кг/см<sup>2</sup>. Медленно поворачивая кулачковый вал насоса рукой, в течение 2 мин наблюдают за уровнем топлива в отверстиях штуцеров 10. Повышение уровня топлива или вытекание его из штуцера какой-либо секции насоса свидетельствует о негерметичности нагнетательного клапана. В данном случае вывертывают штуцер и снимают клапан, исправляют его или заменяют новым.



При выполнении этой работы на собранном насосе после затяжки штуцера 10 снимают с плунжера нижнюю тарелку 17, проверяют легкость перемещения плунжера. Если его не заедает, устанавливают тарелку на место и вновь проверяют герметичность клапанов. При замене клапана новым следует проверить его подъем, как указано выше.

Регулировка топливного насоса на количество подаваемого топлива производится на стенде НС.6109 (см. рис. 44), имеющем комплект форсунок одной сортировочной группы. Сначала замеряют максимальное количество топлива, прокачиваемого плунжерами насоса 2 при 925 об/мин его кулачкового вала. При этом рычаг 4 управления регулятором устанавливают на упор максимальных оборотов и включают электродвигатель 1, доводя обороты кулачкового вала до 925 в минуту, что контролируется приставным центробежным или инерционным тахометром 3. Замер выполняют следующим образом.

После установления постоянного режима 925 об/мин кулачкового вала перемещают под форсунки 5 полку, на которой находятся двенадцать колб 6, и одновременно включают секундомер. Через 2 мин следует отвести полку с колбами и остановить секундомер. Выключают электродвигатель 1 и топливоподкачивающие насосы 7 и 8.

Взвешивают все колбы с топливом с точностью до 1 г и определяют количество топлива, поданного каждым плунжером. Результаты взвешивания записывают в протокол регулировки. Каждый плунжер при 925 об/мин вала насоса должен подавать  $500 \pm 20$  г за 1,5 мин прокачки. За 1 ч каждый плунжер подает  $240 \pm 2$  кг/ч. Неравномерность подачи топлива плунжерами должна быть не более 5,5%. Количество топлива, поданного плунжерами за 1 ч, подсчитывают по формуле

$$B_{\text{ч}} = \frac{K}{T} 60 \text{ кг/ч},$$

где  $K$  — суммарная подача топлива всеми плунжерами насоса, кг;  
 $T$  — время подачи топлива всеми плунжерами, замеренное на стенде, мин.

Неравномерность подачи топлива в процентах определяют по формуле

$$P = \frac{g_{\text{макс}} - g_{\text{мин}}}{g_{\text{ср}}} 100,$$

где  $g_{\text{макс}}$  и  $g_{\text{мин}}$  — соответственно максимальное и минимальное количество топлива, поданного одним плунжером;  
 $g_{\text{ср}}$  — средняя арифметическая подача топлива всеми плунжерами:

$$g_{\text{ср}} = \frac{g_1 + g_2 + g_3 + \dots + g_{12}}{12},$$

где  $g_1, g_2, g_3, \dots, g_{12}$  — количество топлива, поданного 1, 2, 3, ..., 12 плунжерами.

Если подача топлива насосом за 1 ч превышает  $240 \pm 2$  кг/ч, то производят регулировку, учитывая при этом неравномерность подачи топлива отдельными плунжерами. Для удобства регулировки сначала устанавливают подачу топлива вторым плунжером насоса ( $500 \pm 20$  г), затем регулируют подачу топлива другими плунжерами. Изменение величины подачи топлива отдельными плунжерами насоса устанавливают следующим образом. Отвертывают стяжной винт 40 (см. рис. 31) зубчатого венца 37, установленного на поворотной муфте 15 регулируемого плунжера, и поворачивают втулку 4 вместе с плунжером 5 относительно венца на необходимое число делений, нанесенных на нем.

Изменение величины подачи топлива плунжером во время поворота втулки зубчатого венца на одно деление при 850 об/мин кулачкового вала 35 насоса за 2 мин составляет 35—40 г, а при 220 об/мин за 10 мин — 160—220 г. Для увеличения подачи топлива муфту 15 следует поворачивать по направлению часовой стрелки (если смотреть на насос сверху), для уменьшения — против часовой стрелки. После поворота муфты 15 зубчатый венец 37 нужно закрепить, затянув стяжной винт 40. Выравнивание подачи топлива между плунжерами насоса разрешается производить не только поворотом плунжера, но и перестановкой форсунок с одной секции на другую.

После регулировки подачи топлива вновь замеряют его количество, поданное каждым плунжером при 925 об/мин вала, определяют подачу топлива плунжерами за 1 ч и неравномерность ее. Подача каждым плунжером за 1,5 мин прокачки должна составлять  $500 \pm 20$  г, а неравномерность подачи всеми плунжерами не должна превышать 5,5%. Затем проверяют и регулируют неравномерность подачи топлива плунжерами при 850 об/мин кулачкового вала. При этом часовая подача его всеми плунжерами составит  $184 \pm 2$  кг/ч. Ее устанавливают подбором шупа на упоре подачи топлива насоса. Каждый плунжер при 850 об/мин кулачкового вала должен подавать  $510 \pm 20$  г за 2 мин прокачки. Неравномерность подачи топлива плунжерами насоса на данном режиме не должна превышать 3%.

Для обеспечения минимально устойчивых оборотов дизеля (500 в минуту) проверяют и регулируют неравномерность подачи топлива насосом при 220 об/мин кулачкового вала. Часовая подача топлива насосом должна быть равна  $7 \pm 0,5$  кг/ч, устанавливают ее подбором шупа на упоре 31 (см. рис. 34). Эта величина определяется путем замера количества топлива, поданного всеми плунжерами насоса в течение 10 мин, с последующим ее подсчетом по формулам, указанным выше. Каждый плунжер при 220 об/мин должен подавать не менее 40 г за 10 мин прокачки. Неравномерность подачи топлива плунжерами должна быть не более 60%. Если фактическая неравномерность подачи топлива выше, необходимо отрегулировать ее поворотом втулки 4 (см. рис. 31) относительно зубчатого венца 37. Учитывая, что каждая регулировка может нарушить предыдущую, необходимо проверить регулировку на трех режимах: 925, 850 и 220 об/мин.

После этого следует снять форсунки и проверить их на аккумуляторной установке на давление начала впрыска и качество распыливания топлива, как указано выше.

Регулировка насоса считается законченной только в том случае, когда при 925, 850 и 220 об/мин кулачкового вала насоса неравномерность подачи топлива плунжерами будет соответственно равна 5,5; 3 и 60%.

После выполнения всех регулировок насоса проверяют надежность затяжки стяжных винтов 40 зубчатых венцов и гаек 24 регулировочных болтов толкателей, а также установку пружин 38. Затем укладывают на место прокладку, ставят правую боковую крышку 36 и крепят ее винтами.