

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

Кафедра «Локомотивы»

А. П. ДЕДИНКИН

ЛОКОМОТИВНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Учебно-методическое пособие

Гомель 2017

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Локомотивы»

А. П. ДЕДИНКИН

ЛОКОМОТИВНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

*Одобрено методической комиссией заочного факультета
в качестве учебно-методического пособия
для студентов специальности 1-37 02 01-01
“Тяговый состав железнодорожного транспорта (тепловозы)”*

Гомель 2017

УДК 629.471 (075.8)
ББК 39.23
Д26

Рецензент – зав. кафедрой «Графика» Учреждения образования
“Белорусский государственный университет транспорта”
канд. техн. наук, доцент *В. А. Лодня*

Дединкин, А. П.

Д26 Локомотивные энергетические установки : учеб.-метод.
пособие / А. П. Дединкин ; М-во трансп. и коммуникаций Респ.
Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2017. –
129 с.

ISBN 978-985-554-620-8

Рассмотрена конструкция и принцип работы основных узлов и механизмов
тепловозных двигателей внутреннего сгорания.

Предназначено для студентов заочного факультета специальности 1-37 02 01-01
«Тяговый состав железнодорожного транспорта (тепловозы)».

УДК 629.471 (075.8)
ББК 39.23

ISBN 978-985-554-620-8

© Дединкин А. П., 2017,
© Оформление. БелГУТ, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----|
| Введение..... | 4 |
| 1 Компоновка тепловозных дизелей..... | 5 |
| 2 Остовы тепловозных дизелей..... | 20 |
| 3 Кривошипно-шатунный механизм..... | 53 |
| 4 Топливная аппаратура высокого давления..... | 76 |
| 5 Регуляторы частоты вращения и мощности дизелей..... | 90 |
| 6 Система воздухообеспечения..... | 102 |
| 7 Аппаратура защиты тепловозных дизелей..... | 117 |
| Список литературы..... | 126 |
| Приложение А. Рабочая программа по дисциплине «Локомотивные энергетические установки»..... | 127 |

ВВЕДЕНИЕ

Развитие железнодорожного транспорта тесно связано с оснащением его новой техникой, а также поддержанием имеющейся в надлежащем техническом состоянии. В настоящее время парк тягового подвижного состава Белорусской железной дороги как пополняется локомотивами новых серий, так и использует существующие, в значительной степени выработавшие свой моторесурс. Применяемая система планово-предупредительного ремонта призвана предотвратить отказы в процессе эксплуатации и тем самым уменьшить финансовые расходы на содержание используемого подвижного состава. По этой причине важным является обеспечение качественного ремонта и обслуживания локомотивов в существующих условиях, что в значительной мере определяется уровнем квалификации обслуживающего и ремонтного персонала локомотивных депо.

Эксплуатация локомотивов с дизельными двигателями внутреннего сгорания с наибольшей эффективностью предполагает знание их конструкции, работы обслуживающих систем, тепловых и механических процессов, совершающихся в основных элементах двигателя. Эти знания позволяют квалифицированно производить регулировку и настройку машин, анализировать причины повреждений и характер износов, добиваться наибольшей экономичности в их работе, устанавливать влияние эксплуатационных факторов на расход топлива.

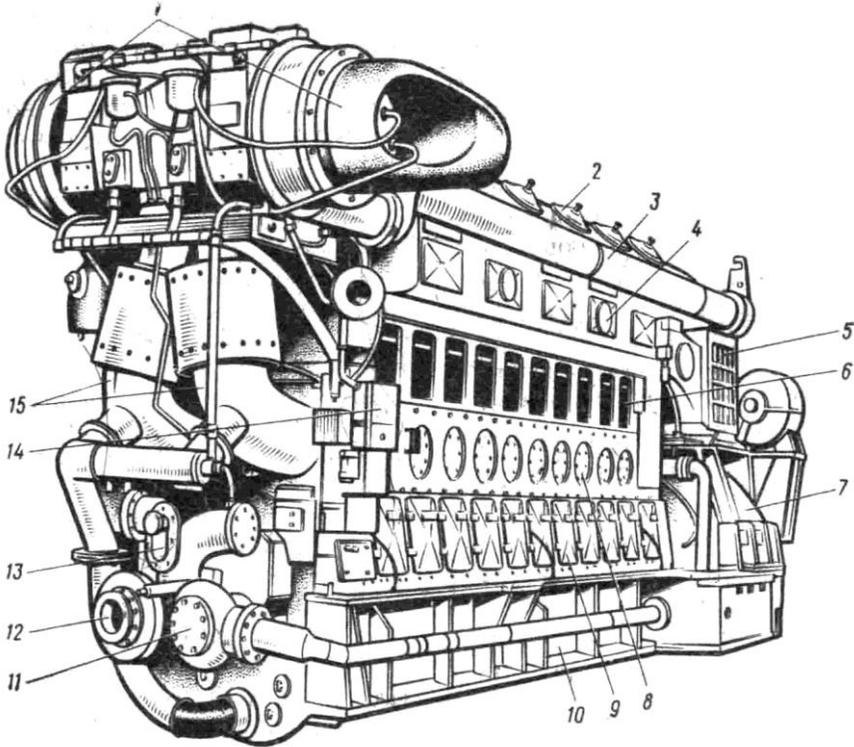
В связи с этим при подготовке инженеров по специальности «Тяговый состав железнодорожного транспорта» предъявляются все возрастающие требования. Важно, чтобы будущие специалисты имели перспективы развития отрасли и ее экономики, умели квалифицированно решать задачи научной организации труда, вопросы рациональной эксплуатации локомотивов.

Пособие содержит сведения о конструкции тепловозных двигателей внутреннего сгорания, применяемых на Белорусской железной дороге. Оно поможет студентам на лекционных, практических и лабораторных занятиях, а также при выполнении ими курсового проекта и успешной сдаче экзамена

ПО ДИСЦИПЛИНЕ.

1 КОМПОНОВКА ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Дизель **10Д100** (10ДН20,7/2×25,4) – двухтактный, рядный, вертикальный, с двумя коленчатыми валами, встречно-движущимися поршнями, прямоточно-щелевой продувкой и непосредственным впрыском топлива. Относится к классу дизелей средней быстроходности. Создан на Харьковском заводе транспортного машиностроения имени Малышева. Устанавливался на тепловозах серии ТЭ10 (рисунок 1.1).



1 – турбокомпрессоры; 2, 4, 8, 9 – люки; 3 – воздухопровод; 5 – воздухоохладитель; 6 – отсек топливной аппаратуры; 7 – генератор; 10 – поддизельная рама; 11, 12 – водяные насосы; 13 – масляный насос; 14 – регулятор частоты вращения и мощности; 15 – выпускные патрубки

Рисунок 1.1 – Дизель-генераторная установка 10Д100

Газотурбинный наддув в дизелях 10Д100 – комбинированный (двухступенчатый). Для продувки и зарядки цилиндров воздухом в задней части на кронштейнах смонтированы два работающих параллельно

турбокомпрессора типа ТК-34Н-04С. Отработавшие выхлопные газы по выпускным коллекторам, расположенным с правой и левой стороны дизеля, а затем по двум выпускным патрубкам и компенсаторам поступают на лопатки газовых турбин, приводя во вращение роторы турбокомпрессоров. При этом центробежные нагнетатели сжимают поступающий к ним через очистители воздух до 0,17 МПа (первая ступень сжатия) и по двум воздухопроводам подают его в нагнетатель с механическим приводом (вторая ступень сжатия), где он сжимается до 0,22 МПа. Рабочее колесо нагнетателя второй ступени приводится в движение от верхнего коленчатого вала через торсионную передачу и повышающий редуктор. Нагнетатель с редуктором смонтированы на правой верхней части блока дизеля. Чтобы снизить тепловую напряженность цилиндра-поршневой группы и увеличить воздушный заряд, воздух после нагнетателя второй ступени проходит через два воздухоохладителя трубчатого типа, где охлаждается до 65 °С и поступает в воздушный коллектор, а из него – в цилиндры.

Увеличение мощности дизеля 10Д100 по сравнению с его предшественником 2Д100 с 1470 до 2210 кВт достигнуто путем повышения давления наддувочного воздуха с 0,13 до 0,22 МПа, а также его охлаждения и подачи большего количества (примерно на 40 %) топлива в цилиндры. Несмотря на различные уровни форсирования, 85 % серийных деталей и узлов обоих двигателей являются унифицированными.

Нижний коленчатый вал дизеля опережает верхний на 12°, вследствие чего он передает примерно 70 % всей мощности. От верхнего вала приводятся в движение центробежный нагнетатель и кулачковые валы правого и левого рядов топливных насосов, а остальная мощность передается на нижний вал. Коленчатые валы через конические шестерни соединены между собой торсионной вертикальной передачей (рисунок 1.2). Такая связь обеспечивает синхронную работу поршней и всех агрегатов, приводимых от коленчатых валов.

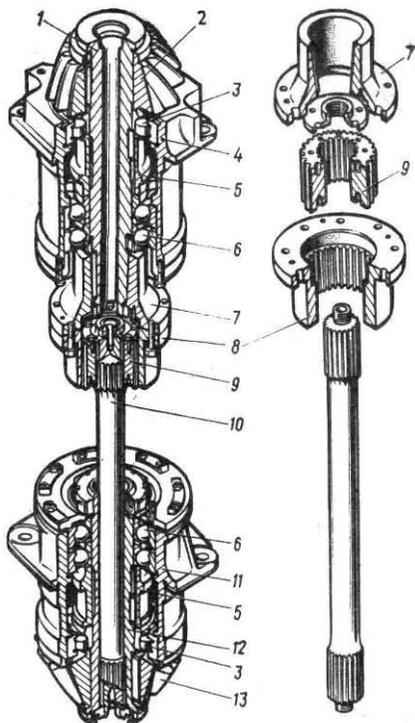
Для устранения резонансных крутильных колебаний на нижний коленчатый вал со стороны механизма управления напрессована ступица, на которой смонтирован маятниковый антивибратор. На удлиненный конец ступицы насажена эластичная шестерня, которая приводит в действие водяные насосы центробежного типа, расположенные на торцевой стенке блока дизеля (справа – для системы охлаждения воды дизеля, слева – для системы охлаждения масла и наддувочного воздуха). Система охлаждения дизеля – водяная принудительная, двухконтурная, закрытого типа. С шестерней эластичного привода также находятся в зацеплении шестерни привода масляного насоса, регулятора частоты вращения и тахометра.

Топливная система двигателя состоит из подкачивающего насоса шестеренчатого типа, 20 индивидуальных топливных насосов высокого давления, 20 форсунок закрытого типа и топливных фильтров. Насосы и

форсунки устанавливаются на цилиндры попарно с правой и левой стороны.

Система смазки двигателя – циркуляционная, комбинированная. Масло подается под давлением от 0,18 до 0,35 МПа. От нагнетательного патрубка

масляного насоса часть масла через проволочно-щелевые фильтры отводится для смазывания деталей турбокомпрессора. С правой стороны около отсека управления дополнительно установлен масляный центробежный фильтр. Масло к нему подается под давлением от 0,8 до 1,05 МПа отдельным насосом, установленным на заднем распределительном редукторе. С левой стороны, около тягового генератора, в верхнем масляном коллекторе смонтированы два датчика электроманометров и два реле давления масла. Одно из них снимает нагрузку с генератора при падении давления масла в верхнем коллекторе дизеля ниже 0,1 МПа, другое – останавливает дизель при снижении давления масла до 0,05 МПа. Объединенный регулятор, тахометр и кнопка периодического включения дизеля установлены с левой стороны.



- 1, 12 – нижний и верхний вертикальные валы; 2, 13 – конические шестерни;
3 – подшипники роликовые; 4, 11 – корпуса;
5 – распорные втулки; 6 – подшипники шариковые; 7, 8 – полумуфты; 9 – шлицевая втулка; 10 – торсионный вал

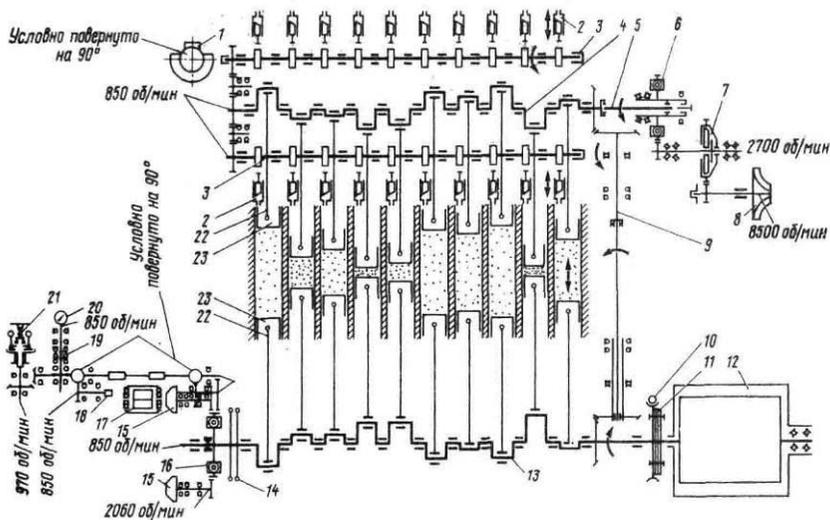
Рисунок 1.2 – Вертикальная передача дизеля 10Д100

С противоположной стороны от нижнего коленчатого вала через муфту крутящий момент передается якорю тягового генератора. Ведущий диск муфты имеет зубья для сцепления с червяком валоповоротного механизма, используемого при ремонте дизеля. Кинематическая схема двигателя

приведена на рисунке 1.3.

Дизели ПД1М (6ЧН31,8/33) – это последняя модификация дизелей типа Д50, которые проектировались и строились на Харьковском тепловозостроительном заводе, а затем на Пензенском дизельном заводе. Двигатели этого ряда – шестицилиндровые, четырехтактные, однорядные,

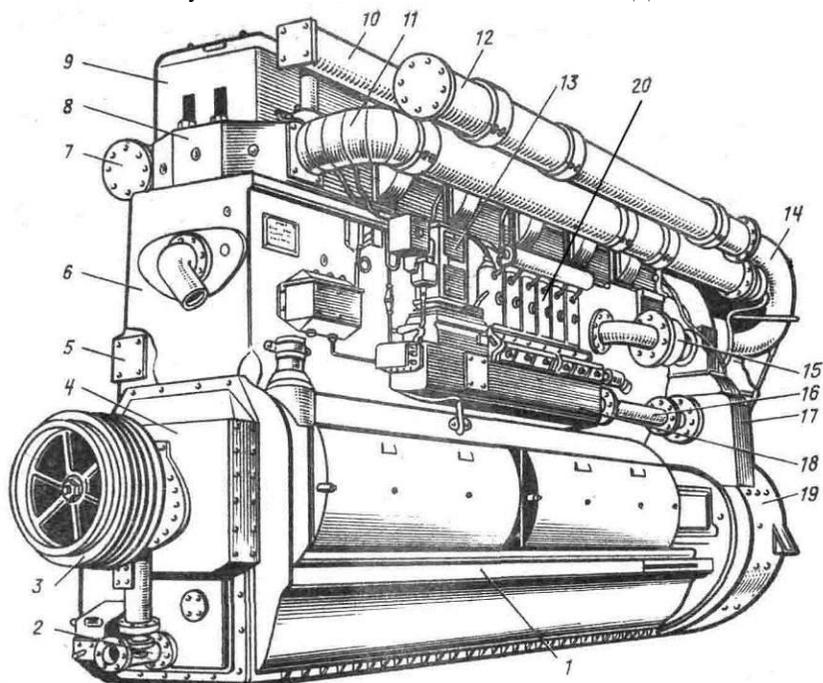
вертикальные, с непосредственным впрыском топлива и наддувом, мощностью от 736 до 880 кВт. Много раз подвергались модернизации, широкое применение нашли на маневровых тепловозах. Дизель ПД1М (рисунок 1.4) по некоторым показателям превосходит дизель 2Д50М мощностью 736 кВт, устанавливавшийся на тепловозах ТЭМ1. На ПД1М установлены охладитель наддувочного воздуха, фильтр центробежной очистки масла, насос для подачи его в фильтр, изменены некоторые параметры турбокомпрессора и электропневматического серводвигателя. Повышение мощности до 880 кВт и снижение расхода топлива до 225 г/(кВт·ч) достигнуто за счет установки турбокомпрессора ТК-30 с уменьшенной площадью проходного сечения соплового аппарата, что позволило увеличить подачу воздуха в дизель с 1,7 до 2,0 кг/с, повысить давление наддувочного воздуха с 0,135 до 0,155 МПа, повысить КПД воздушного нагнетателя с 0,5 до 0,56. Также применено охлаждение наддувочного воздуха, повышена частота вращения коленчатого вала с 740 до 750 об/мин, а средняя скорость поршня – с 8,14 до 8,25 м/с; повышено среднее эффективное давление с 0,773 до 0,915 МПа.



- 1 – предельный регулятор частоты вращения дизеля; 2 – топливные насосы правой и левой стороны; 3 – кулачковые валы топливных насосов; 4 – верхний коленчатый вал; 5 – вал торсионный; 6 – шестерня с пружинной муфтой; 7 – шестерня с центробежной муфтой; 8 – рабочее колесо воздушного нагнетателя второй ступени; 9 – вертикальная передача; 10 – механизм валоповоротный; 11 – муфта привода генератора; 12 – тяговый генератор; 13 – нижний коленчатый вал; 14 – antivибратор; 15 – насосы водяные; 16 – эластичная шестерня; 17 – насос масляный; 18 – привод тахометра; 19 – муфта разобщительная; 20 – тахометр; 21 –

объединённый регулятор частоты вращения и мощности; 22 – шатуны; 23 – поршни

Рисунок 1.3 – Кинематическая схема дизеля 10Д100



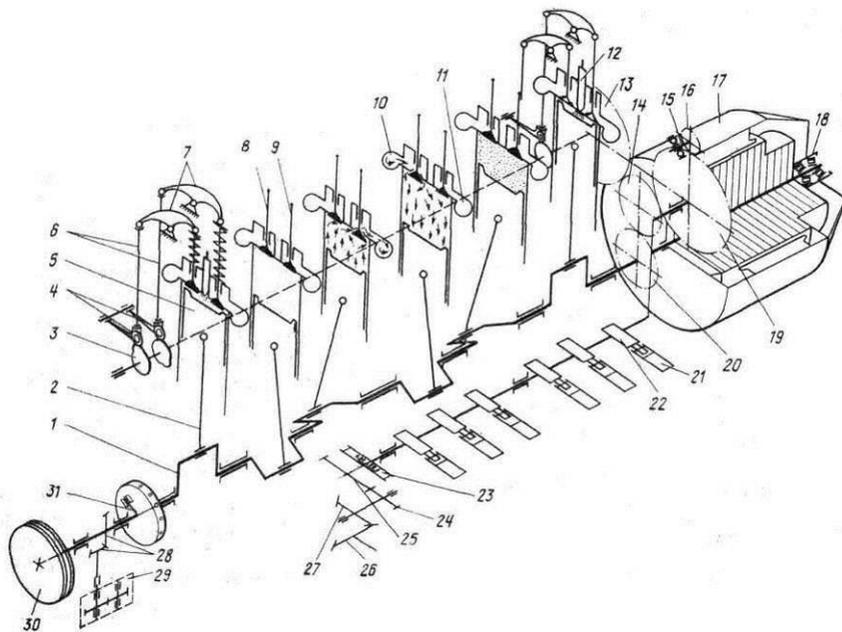
1 – рама дизеля; 2 – масляный насос; 3 – приводной шкив коленчатого вала; 4 – закрытие валоповоротного диска; 5 – люк для выемки газораспределительного вала; 6 – блок цилиндров; 7 – ресивер наддувочного воздуха; 8 – крышка цилиндра; 9 – корпус клапанного механизма; 10 – коллектор водяной; 11, 12 – газовыпускные коллекторы; 13 – регулятор частоты вращения коленчатого вала дизеля; 14 – турбокомпрессор; 15 – водяной насос; 16 – приводной вал кулачкового вала топливных насосов; 17 – редуктор привода распределительных валов; 18 – топливоподкачивающий насос; 19 – генератор, 20 – топливный насос высокого давления

Рисунок 1.4 – Дизель-генераторная установка ПДГ-1М с дизелем типа ПД1М

Связующим звеном всех сборочных единиц и деталей дизеля является жесткая чугунная литая рама коробчатого типа. На нее установлен цельнолитой чугунный блок цилиндров с крышками, в каждой из которых размещены: форсунка, два впускных и два выпускных клапана, индикаторный кран. На крышке цилиндра смонтирован корпус привода впускных и выпускных клапанов.

С правой стороны смонтирован распределительный кулачковый вал. Вал топливных насосов, распределительный вал, а также водяной и

топливоподкачивающий насосы приводятся в действие от коленчатого вала дизеля при помощи шестеренного привода, размещенного на торце задней части блока. На корпусе привода установлен предохранительный клапан и маслоуловитель системы вентиляции картера. Картер дизеля через корпус приводных шестерен, фильтр и трубу соединен с всасывающей камерой турбокомпрессора. При его работе происходит отсасывание газов и паров масла из картера. С левой стороны дизеля располагаются два выпускных коллектора. Кинематическая схема дизель-генераторной установки ПДГ-1М приведена на рисунке 1.5.



1 – коленчатый вал; 2 – шатун; 3 – распределительный вал с кулачками; 4 – рычаги толкателей; 5 – поршень; 6 – штанги толкателей; 7 – рычаги клапанов; 8, 9 – впускной и выпускной клапаны; 10, 11 – впускной и выпускной коллекторы; 12 – форсунка; 13, 14, 16, 19, 20 – шестерни; 15 – вал водяного насоса; 17 – генератор тяговый; 18 – опорно-упорный подшипник; 21 – топливный насос; 22 – кулачковый вал топливных насосов (на рисунке условно повернут на 90° и изображён ниже коленчатого вала); 23 – выключатель предельной частоты вращения; 24–27 – шестерни привода регулятора частоты вращения; 28, 29 – шестерни привода масляного насоса; 30 – шкив; 31 – поводок

Рисунок 1.5 – Кинематическая схема дизель-генератора ПДГ-1М

В верхний коллектор поступают отработавшие газы из второго, третьего и шестого цилиндров, в нижний – из первого, четвертого и пятого. Независимо друг от друга коллекторы подводят отработавшие газы к

турбине турбокомпрессора, установленного на станине тягового генератора. Воздух, нагнетаемый турбокомпрессором перед поступлением во впускной коллектор, охлаждается в водяном охладителе. С левой и правой стороны картера дизеля расположены люки, закрытые крышками и предназначенные для осмотра состояния цилиндра-поршневой группы. Осмотр и ремонт привода клапанов производят через люки, расположенные с правой стороны. Коленчатый вал при помощи болтов жестко соединен с валом якоря тягового генератора, а станина генератора – с рамой дизеля.

Топливный насос высокого давления – блочного типа, приводится в действие при помощи кулачкового вала, на другом конце которого смонтирован регулятор частоты вращения. При необходимости отдельные цилиндры выключают ручными выключателями секций топливного насоса, а все секции топливного насоса – рукояткой экстренной остановки дизеля.

На передней части рамы дизеля смонтированы масляный насос, его привод и корпус привода, в котором с правой стороны установлен фильтр грубой очистки масла. Около фильтров находится реле давления масла, срабатывающее при падении давления в системе до 0,15 МПа и отключающее при этом подачу топлива.

Дизель **K6S310DR** (6ЧН31/36) – четырехтактный, рядный, вертикальный с одной ступенью наддува и охлаждением наддувочного воздуха. Относится к классу дизелей средней быстроходности. Производился на заводе СКД Praga (Чехия) и устанавливался на маневровых тепловозах серии ЧМЭЗ. Общий вид дизеля представлен на рисунке 1.6.

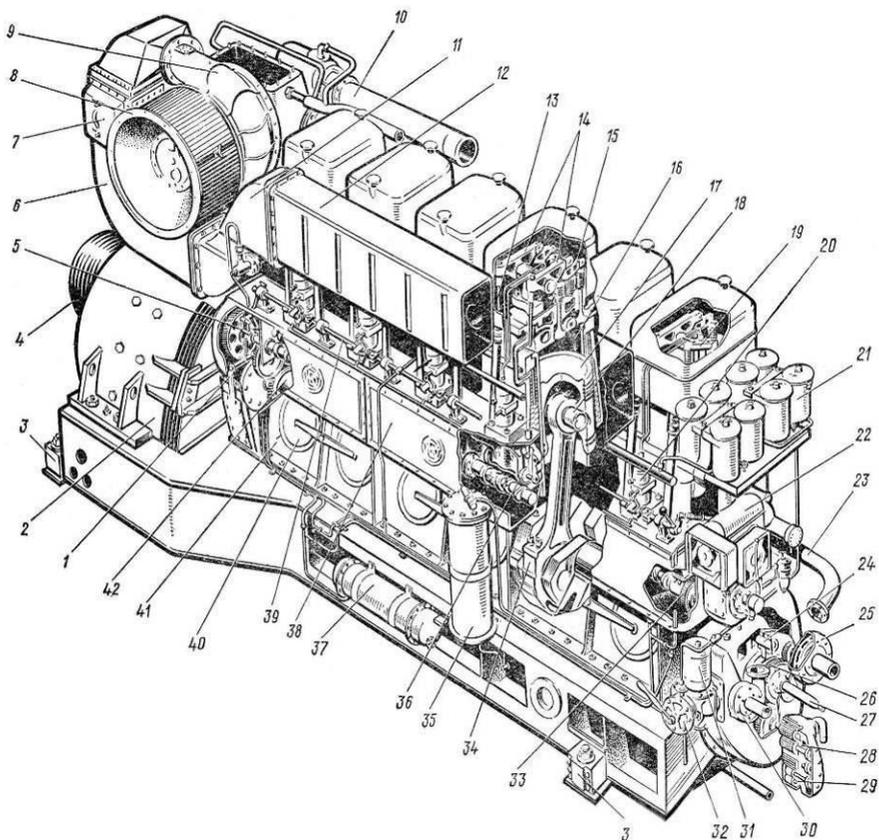
Верхняя часть и поддон картера дизеля сварены из стальных листов и отливок. Дизель устанавливается на раму тепловоза на четырех резиновых подкладках и для предохранения от смещения прикреплен к раме тепловоза при помощи четырех втулочных подвесок.

Кулачковый вал приводится в действие от коленчатого вала при помощи зубчатой передачи, расположенной со стороны генератора. Управляет впускными и выпускными клапанами, а также индивидуальными топливными насосами. На конце кулачкового вала насажено зубчатое колесо и упругая муфта привода объединенного регулятора.

Систему охлаждения дизеля обслуживают два водяных насоса центробежного типа, установленных на передней стороне дизеля. Вода подается по двум замкнутым контурам: основному контуру охлаждения дизеля и дополнительному контуру охлаждения наддувочного воздуха и масла. Водомасляный теплообменник установлен в магистрали, подводящей воду к насосу после холодильника.

Все трущиеся поверхности дизеля смазываются и охлаждаются маслом, нагнетаемым насосом шестерчатого типа. Водяные, масляный и топливopодкачивающий насосы приводятся через редуктор от шестерни, установленной на малом фланце переднего конца коленчатого вала дизеля.

Перед запуском топливную систему дизеля заполняют ручным насосом. В зимнее время используется топливоподогреватель, через который проходит вода, охлаждающая дизель.



- 1 – рукоятка аварийной остановки дизеля; 2 – тяговый генератор; 3 – поддизельная рама; 4 – шкив; 5 – механизм предельного выключателя; 6 – патрубок наддувочного воздуха; 7 – охладитель наддувочного воздуха; 8 – фильтр очистки воздуха; 9 – турбокомпрессор; 10 – выпускные коллекторы; 11 – патрубок воздушного ресивера; 12 – воздушный ресивер; 13 – штанга толкателя; 14 – двуплечий рычаг; 15 – траверса клапана; 16 – цилиндровая гильза; 17 – поршень; 18 – палец поршня; 19 – форсунка; 20 – топливный насос высокого давления; 21 – фильтр тонкой очистки топлива; 22 – объединённый регулятор; 23 – нижний водяной коллектор; 24 – антивибратор; 25 – основной водяной насос контура охлаждения дизеля; 26 – ведущая шестерня привода насоса; 27 – вал отбора мощности; 28 – масляный насос; 29 – топливоподкачивающий насос; 30 – вспомогательный насос контура охлаждения наддувочного воздуха и масла; 31 – центробежный фильтр; 32 – ручной топливоподкачивающий насос; 33 – шестерня привода регулятора; 34 – шатун; 35 – фильтр тонкой очистки масла;

36 – ролик толкателя; 37 – топливоподогреватель; 38 – крышка отсека распределительного вала;
39 – вал управления топливными насосами высокого давления; 40 – крышка люка блока;
41 – блок цилиндров дизеля; 42 – разъемная шестерня коленчатого вала

Рисунок 1.6 – Дизель-генераторная установка DB802 с двигателем K6S310DR

Двухтактные с прямоточной клапанно-щелевой продувкой, V-образные, с непосредственным впрыском топлива, дизели **11Д45** и **14Д40** имеют комбинированный наддув. В дизеле 11Д45 (16ДН23/30, мощность 2200 кВт, применяется на тепловозе ТЭП60) сжатие воздуха в I ступени осуществляется двумя параллельно работающими турбокомпрессорами со степенью повышения давления $n_k = 1,9$, во II ступени – приводным центробежным компрессором с $n_k = 1,13$. Промежуточное охлаждение надувочного воздуха производится в водовоздушном охладителе пластинчатого типа с поперечным током воды и воздуха.

Дизель 14Д40 (12ДН23/30, мощность 1470 кВт, применяется на тепловозах М62, 2М62) имеет несколько меньшее форсирование ($p_c = 0,79$ МПа против 0,89 МПа для 11Д45). Турбокомпрессоры его I ступени наддува унифицированы с турбокомпрессорами дизеля 11Д45. Отличаются они лишь высотой лопаток турбины и диффузора компрессора. В качестве II ступени наддува, необходимой для обеспечения надежного пуска и устойчивой работы на малых нагрузках, используется приводной объемный компрессор (аналогичный компрессору дизеля 2Д100).

Продувка и зарядка цилиндров дизеля воздухом происходит через продувочные окна во втулке, а выпуск отработавших газов – через клапаны, расположенные в крышке цилиндра (рисунок 1.7).

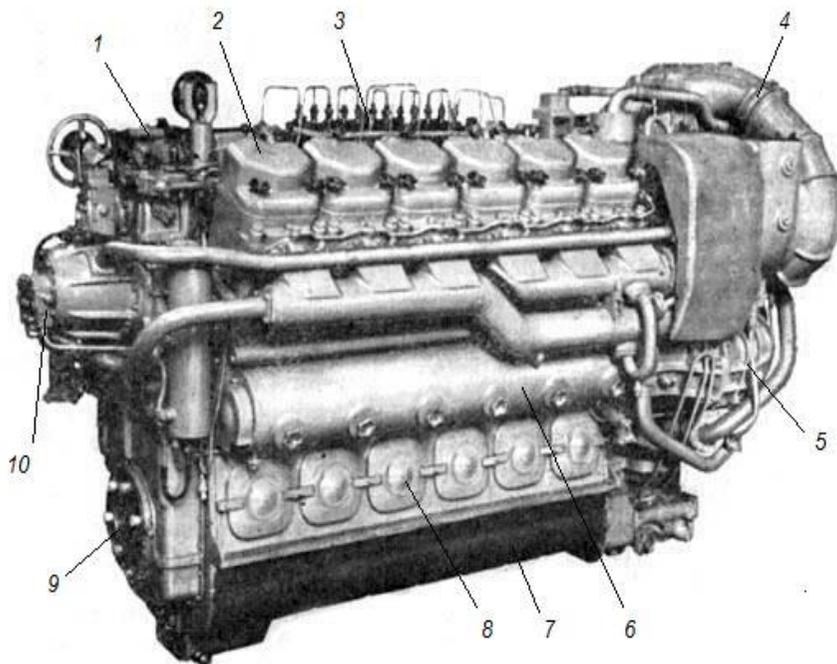
На переднем торце блока дизеля смонтирован зубчатый редуктор, который служит приводом нагнетателя, а также водяных и масляного насосов, прикрепленных к корпусу редуктора. На корпусе имеются также опорные лапы для установки турбокомпрессоров. Вал редуктора приводится непосредственно от коленчатого вала дизеля.

Распределительный кулачковый вал, управляющий работой клапанов, расположен в развале блока цилиндров и приводится от коленчатого вала дизеля через шестеренчатый привод, который является одновременно приводом топливного насоса, расположенного в развале блока, и объединенного регулятора.

Топливная система высокого давления состоит из блочного насоса и форсунок закрытого типа, соединенных трубками с нагнетательными штуцерами насоса.

Система охлаждения – водяная, принудительная, открытого типа. Имеет два независимых контура охлаждения: первый – для охлаждения воды дизеля, второй – для охлаждения надувочного воздуха и масла. Циркуляция воды обеспечивается двумя центробежными насосами, располагающимися на торце дизеля. С левой и правой сторон блока над воздушными

ресиверами вдоль всего дизеля проходят водяные коллекторы, из которых вода поступает в полость охлаждения втулок. В коллекторы вода нагнетается правым водяным насосом, левый обеспечивает охлаждение масла и воздуха дизеля. После охлаждения втулок и крышек цилиндров вода поступает в коробки, приваренные к патрубкам выпускных коллекторов.



- 1 – объединенный регулятор дизеля; 2 – крышка цилиндра; 3 – топливный насос;
4 – турбокомпрессор; 5 – приводной объемный нагнетатель; 6 – выпускной коллектор;
7 – поддон; 8 – крышка; 9 – привод тягового генератора; 10 – водяной насос

Рисунок 1.7 – Дизель 14Д40

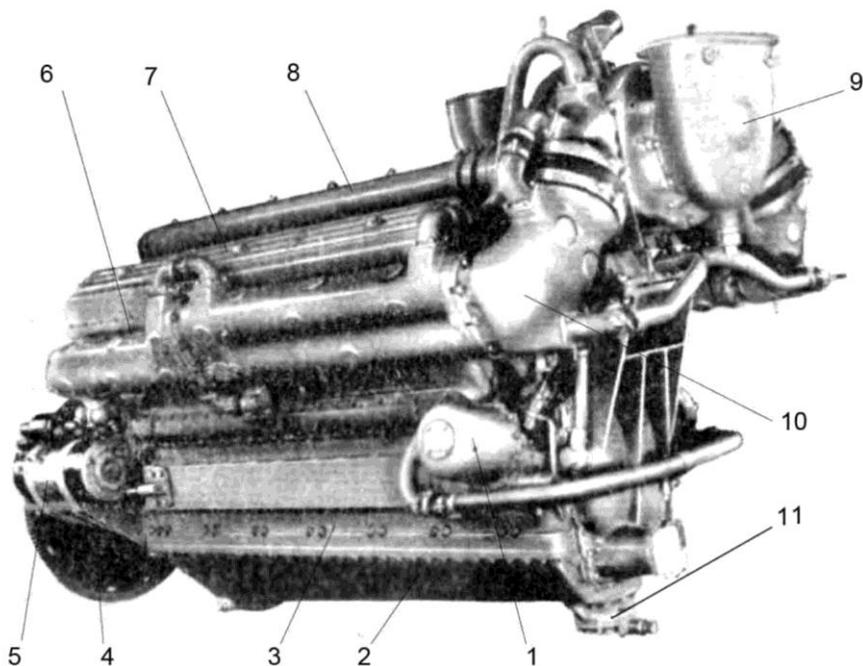
Система смазки дизеля – циркуляционная, принудительного типа. Масло подается насосом шестеренчатого типа. С правой стороны блока цилиндров дизеля установлен фильтр тонкой очистки топлива и заливная горловина для масла. В том же месте с левой стороны установлен центробежный фильтр масла, а около первого цилиндра – фильтр грубой очистки масла.

Для обеспечения разрежения в картере и связанных с ним полостях дизель снабжен системой вентиляции, соединяющей картер через маслоотделитель с всасывающими патрубками турбокомпрессоров.

Дизель **М756** (12ЧН18/20) – четырехтактный, V-образный быстроходный

с непосредственным впрыском топлива и газотурбинным наддувом, мощностью 736 кВт. Устанавливается на дизель-поездах серии ДР-1. Производится Санкт-Петербургским объединением “Звезда” (рисунок 1.8).

Давление наддува на режиме номинальной мощности у дизеля М756 не менее 0,16–0,17 МПа. Применение газотурбинного наддува вместо приводного компрессора дизеля-предшественника М753 позволило довести мощность до 736 кВт и одновременно снизить удельный расход топлива с 232 до 205 г/(кВт·ч).



1 – маслопрокачивающий насос с центрифугой; 2 – нижний картер; 3 – верхний картер; 4 – фланец отбора мощности; 5 – стартер; 6 – моноблок; 7 – крышка моноблока; 8 – воздушный ресивер; 9 – турбокомпрессор; 10 – выхлопной коллектор; 11 – маслооткачивающий насос

Рисунок 1.8 – Дизель М756

Верхний и нижний картеры дизеля отлиты из алюминиевого сплава. Верхний картер воспринимает все усилия, возникающие при работе дизеля, а нижний служит маслосборником. Плоскость разъема картеров расположена ниже оси коленчатого вала. Крышками коренных подшипников коленчатого вала являются подвески, крепящиеся в пазах верхнего картера силовыми шпильками. Для повышения жесткости узлов

коренных опор коленчатого вала боковые опоры верхнего картера вместе с подвесками стянуты двумя поперечными шпильками. Соединяются оба картера с помощью шпильных болтов.

Для крепления дизеля к фундаменту верхний картер имеет лапы коробчатого сечения. Опорные плоскости этих лап расположены на одном уровне с осью коленчатого вала. На переднем торце картера крепится кронштейн турбокомпрессора, на заднем – фланец носка отбора мощности. К фланцу вала отбора мощности крепится шестерня стартерного привода с отверстием под ключ ручного поворота коленчатого вала.

На верхних плоскостях картера установлены два моноблока, стянутых силовыми шпильками. Шесть цилиндрических гильз запрессованы в моноблоке до упора в днище камеры сгорания.

Сверху на каждой головке моноблока установлено по два распределительных вала на дюралюминиевых подшипниках. Один вал предназначен для клапанов впуска, другой – для клапанов выпуска. Кулачки распределительных валов действуют непосредственно на тарелки клапанов. Внутренняя полость валов используется как масляная магистраль.

В развале моноблоков крепятся стальные впускные коллекторы, соединяющиеся с выходными патрубками турбокомпрессора. Выпускные коллекторы устанавливаются на внешней стороне моноблоков.

Вспомогательные агрегаты в основном сосредоточены в передней части дизеля и приводятся в действие от коленчатого вала. Маслопрокачивающий насос шестеренчатого типа с центрифугой размещен на наклонной плоскости верхнего картера под углом 75° к вертикальной оси. С другой стороны картера (симметрично) расположен водяной насос центробежного типа. Шестеренчатый маслооткачивающий насос крепится к нижнему картеру. Привод этих насосов выполнен при помощи пары конических шестерен и рессорного шлицевого валика.

Дизель запускается двумя электростартерами, расположенными с обеих сторон у картера вала отбора мощности.

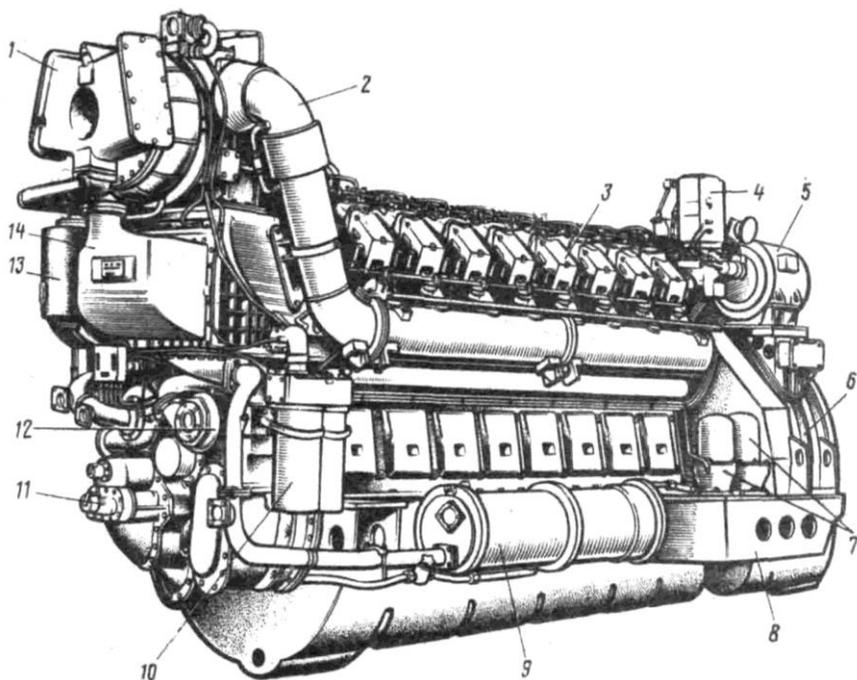
Топливный насос – блочный двенадцатиплунжерный с закрепленным на нем всережимным регулятором непрямого действия, приводится в действие от коленчатого вала двумя парами конических шестерен. Расположен в развале между моноблоками в задней части двигателя.

Система смазки – циркуляционная, под давлением. Из масляного бака через фильтр на входной магистрали масло поступает в насос, откуда направляется в центрифугу, а затем к трущимся деталям. Основная часть по главной магистрали подводится к подвескам верхнего картера и далее по сверлениям в них поступает к вкладышам коренных и шатунных шеек коленчатого вала, а также к втулкам нижних головок прицепных шатунов. Верхние головки шатунов, поршни, поршневые пальцы и цилиндры смазываются маслом, разбрызгиваемым в полости верхнего картера

движущимся кривошипно-шатунным механизмом. Остальная часть масла по сверлениям в верхнем картере поступает в промежуточную стенку и во внешнюю масляную магистраль дизеля. По каналам промежуточной стенки масло подводится к приводу топливного насоса. Отработавшее масло собирается в отстойнике нижнего картера, откуда маслооткачивающим насосом через фильтр на выходной магистрали направляется в воздухомасляный холодильник и далее в бак.

Циркуляция воды в системе охлаждения обеспечивается насосом центробежного типа. Выходящая вода из улитки насоса поступает в коллекторы каждого моноблока и направляется по спиральным полостям гильзы в головки моноблоков и далее в выпускную систему и турбокомпрессор. Из турбокомпрессора вода поступает в секции холодильника.

Мощной ряд унифицированных дизелей типа Д49, созданных ОАО “Коломенский завод”, имеет многоцелевое назначение и разработан для улучшения структуры и организации дизельного производства для тепловозной отрасли. Двигатели Д49 являются четырехтактными V-образными дизелями с непосредственным впрыском топлива и наддувом (рисунок 1.9).



1 – турбокомпрессор; 2 – выпускной коллектор; 3 – крышка клапанного механизма; 4 – регулятор частоты вращения; 5 – возбудитель; 6 – тяговый генератор; 7 – центробежный очиститель масла; 8 – поддизельная рама; 9 – теплообменник; 10 – фильтры грубой очистки масла; 11 – масляный насос; 12 – водяные насосы; 13 – маслоотделительный бачок; 14 – охладитель воздуха

Рисунок 1.9 с Дизель-генераторная установка 2А-9ДГ с дизелем Д49

Вариация мощности различных моделей дизелей Д49 обеспечивается изменением числа кривошипов коленчатого вала от 4 до 10, числа цилиндров и компоновочных схем, а также степени газотурбинного наддува (со свободными турбокомпрессорами с последующим охлаждением или без охлаждения наддувочного воздуха). Возможно изменение номинальной частоты вращения коленчатого вала от 750 до 1100 об/мин. Модификации дизелей в диапазоне мощности от 590 до 4400 кВт с 8, 12, 16 и 20 цилиндрами устанавливаются на различных тепловозах (ТЭП70, 2ТЭ116, ТЭМ7). При этом конструктивное выполнение ряда деталей может отличаться.

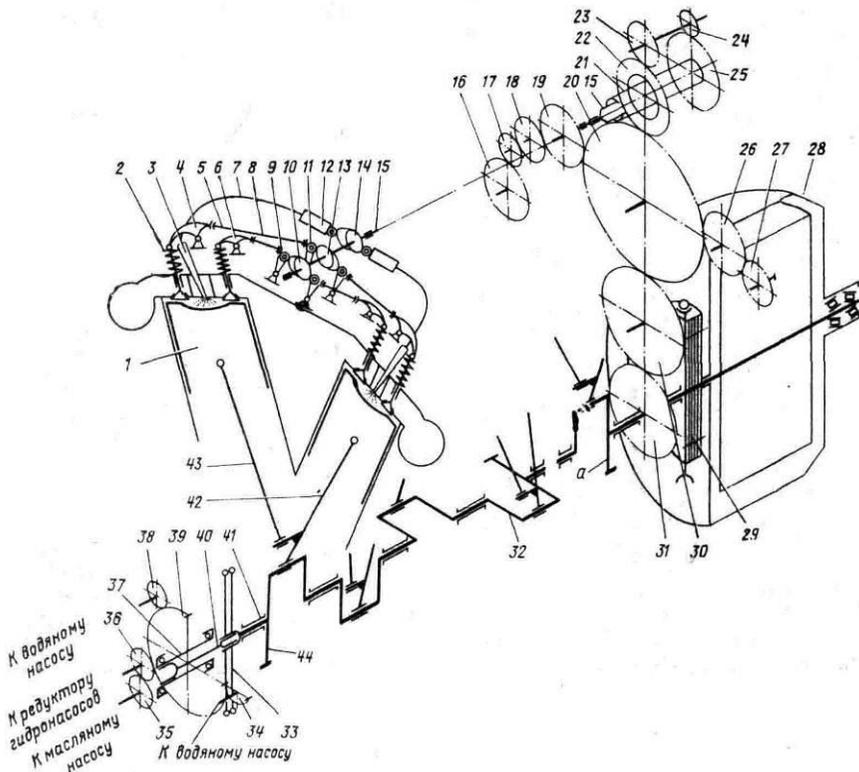
На сварной поддизельной раме болтами укреплен сварно-литой блок, разделенный перегородками на отсеки. В каждом отсеке выполнены расточки, в которые вставлены рабочие втулки цилиндров с надетыми на

них рубашками охлаждения. Угол между осями цилиндров правого и левого рядов для всех модификаций составляет 42°. К поперечным перегородкам блока приварены литые элементы, служащие постелями для верхних вкладышей коренных подшипников коленчатого вала. Сопрягаемые постели имеют зубцы по месту стыка. Коленчатый вал, укладываемый на подвесные коренные подшипники, цельнолитой из высокопрочного чугуна.

На верхней части блока, в пространстве между правым и левым рядами цилиндров, установлен лоток кулачкового распределительного вала, где смонтированы топливные насосы высокого давления по одному на каждый цилиндр. Распределительный вал приводится во вращение от заднего конца коленчатого вала (со стороны тягового генератора) через систему шестерен. Через эту же систему шестерен осуществляется привод объединенного регулятора, механического тахометра, предельного выключателя, возбудителя и стартера-генератора. Распределительный вал приводит в движение клапаны при помощи гидротолкателей. Одновременно он приводит в действие топливные насосы высокого давления. Механизм управления насосами расположен в верхней части лотка. Он имеет устройство, которое при работе дизеля на холостом ходу автоматически отключает подачу топлива в восемь цилиндров, по четыре в каждом ряду.

Коленчатый вал дизеля своим задним фланцем отбора мощности через пластинчатую муфту соединен с валом якоря генератора. На переднем конце вала установлен комбинированный антивибратор. С переднего торца производится отбор мощности на привод вспомогательных агрегатов: водяных и масляных насосов, топливоподкачивающего насоса, насосов гидропривода вентиляторов охлаждающего устройства (рисунок 1.10).

В развале блока находится коллектор наддувочного воздуха. Газовыпускные трубы от крышек цилиндра и выпускные коллекторы, охлаждаемые водой, расположены по обеим сторонам блока дизеля. Отработавшие газы из цилиндров поступают в коллекторы и подводятся в полость газовой турбины турбокомпрессора типа ТК-38, установленного на кронштейне у переднего



1 – поршень; 2, 5 – выпускной и впускной клапаны; 3 – форсунка; 4, 6 – рычаги выпускного и впускного клапанов; 7, 8 – штанги толкателей клапанов; 9, 11 – рычаги толкателей; 12 – топливный насос высокого давления; 10, 13, 14 – кулачковые шайбы распределительного вала; 15 – распределительный вал; 16–27, 30, 31, 34–36, 38, 39 – шестерни; 21 – шлицевой вал-втулка; 28 – генератор тяговый; 29 – дизель-генераторная муфта; 32 – коленчатый вал; 33 – antivибратор; 37 – ступица; 40 – шлицевой валик; 41 – коренной подшипник; 42 – главный шатун; 43 – прицепной шатун; 44 – противовес

Рисунок 1.10 – Кинематическая схема дизель-генератора 2А-9ДГ

торца дизеля. Воздух, нагнетаемый турбокомпрессором, поступает в охладитель и далее по воздушному коллектору в цилиндры. На переднем торце дизеля расположена система вентиляции картера, состоящая из маслоотделительной бачка, закрепленного на кронштейне турбокомпрессора, управляемой заслонки, регулирующей разрежение в картере, и жидкостного дифференциального электроманометра. На корпусе привода распределительного вала закреплен валоповоротный механизм. С левой стороны дизеля расположены фильтры масла грубой очистки,

центробежные фильтры, теплообменник масла, объединённый регулятор с встроенной в него защитой от падения давления масла в масляной системе, пусковой сервомотор, привод механического тахометра и тахометр; с правой стороны дизеля – фильтр тонкой очистки топлива, предельный выключатель. Система смазки состоит из масляных насосов, фильтров грубой и тонкой очистки, центробежного фильтра, водомасляного теплообменника и маслозаборника. Все элементы системы, за исключением маслопрокачивающего насоса, размещены непосредственно на дизеле.

Система охлаждения – водяная, двухконтурная. В первом контуре охлаждается вода дизеля, во втором – вода, охлаждающая масло и наддувочный воздух. Циркуляция воды между дизелем и охлаждающими устройствами обеспечивается двумя водяными насосами центробежного типа.

2 ОСТОВЫ ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Остов – основа конструкции дизеля, состоящая из неподвижных элементов, жестко связанных между собой в единую систему, нагруженную силами давления газов и силами инерции движущихся частей. Архитектура остова зависит от типа двигателя, его быстроходности, расположения вспомогательных устройств и механизмов. Конструкция остова обеспечивает жесткость, удобство разборки, сборки и осмотра деталей кривошипно-шатунного механизма, а также весовые и габаритные требования к дизелю. К деталям остова относятся: блок, блок-картер, рама, подшипники, втулки и крышки цилиндров.

Различают два типа остовов тепловозных дизелей:

- состоящих из двух основных деталей (фундаментной рамы и блока);
- состоящих из одной основной детали (блок-картера).

Элементы остова в зависимости от конструкции изготавливаются литыми из чугуна или алюминия, или сварными из стали.

Детали остова первого типа отливают обычно из чугуна (ПД1М – монолитные чугунные рама и блок) либо выполняют стальными сварно-литыми (К6S310DR – стальные сварной блок, сварно-литая рама).

Дизели типа 10Д100, 14Д40, 11Д45 и Д49 имеют единый блок-картер. Детали их остовов изготавливают из стали сварными (10Д100, 14Д40, 11Д45) или сварно-литыми (Д49). В таких конструкциях крышка коренного подшипника коленчатого вала установлена снизу. Рама и поддон образуют единый узел – поддизельную раму, придающую блоку дополнительную жёсткость. В дизелях типа М756 основой остова является картер, к которому снизу крепится нижняя половина коренного подшипника и поддон.

Применение сварного способа изготовления остова из стальных листов

позволяет на 30 % снизить его массу по сравнению с литыми остовами. Однако их серийное изготовление с помощью сварки требует применения автоматических или полуавтоматических сварочных аппаратов, что ведет к удорожанию примерно на 20 % по сравнению с литыми остовами.

Сварно-литая конструкция блок-картера дизеля Д49 является более простой, имеет меньшее количество деталей и сварных швов, обладает большей жесткостью, однако удельная масса таких блоков на 15–25 % выше, чем сварных. Применение блоков такого типа является перспективным, так как их проще изготавливать на поточных линиях для мощностного ряда дизелей с различным количеством цилиндров.

Остовом дизеля **10Д100** служит сварной блок-картер. Блок цилиндров дизеля поделен вертикальными стальными листами толщиной 16 мм на двенадцать отсеков: десять – для цилиндров, один – для механизма управления, один – для вертикальной передачи. По горизонтали блок разделен листами толщиной 22–25 мм на пять отсеков (рисунок 2.1).

Отсек верхнего коленчатого вала сверху закрыт крышкой, в которой имеются шесть люков для осмотра вала, а также его подшипников и трубопровода, подводящего масло к подшипникам. На крышке блока с левой и правой стороны смонтированы два маслоотделителя, через которые проходят газы, отводимые из блока для создания разрежения в картере 0,01–0,04 МПа.

К каждой вертикальной перегородке приварены литые опоры подшипников верхнего коленчатого вала. Для крепления крышек подшипников в каждой опоре имеются по два отверстия под шпильки. Также в этом отсеке проходит трубопровод масла для смазывания подшипников и охлаждения поршней.

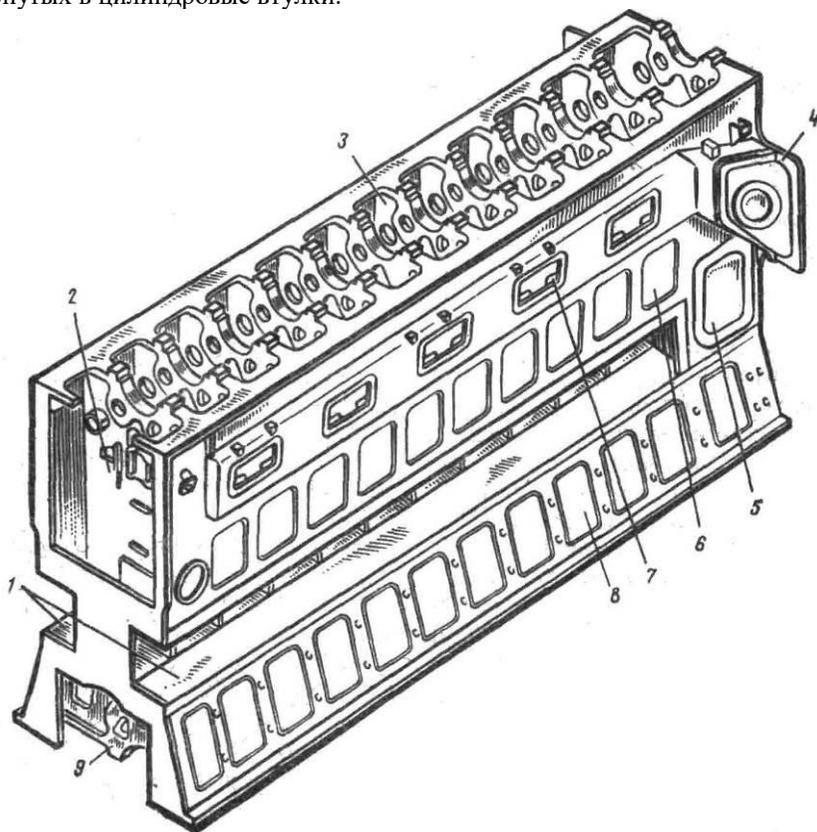
Отсек продувочного воздуха служит резервуаром для воздуха, нагнетаемого в цилиндры дизеля. С левой и правой стороны к блоку приварены впускные коллекторы, имеющие шесть люков, закрытых крышками. На трех крышках с обеих сторон установлены предохранительные клапаны, открывающиеся при повышении давления в коллекторе более 0,25 МПа. Из коллектора воздух через отверстия в боковой стенке блока подается в отсек внутри блока, а из него – к продувочным окнам втулок цилиндров.

В вертикальных листах с правой и левой сторон блока вварено по одиннадцать опор для подшипников кулачковых валов топливных насосов.

К горизонтальным листам, образующим отсек воздушного коллектора, справа и слева приварены по десять фланцев крепления корпусов толкателей и направляющих втулок для них.

В отсеке топливной аппаратуры расположены топливные насосы с рейками, которые соединены тягами с серводвигателем регулятора, а также форсунки. Насосы прикреплены к нижней части отсека продувочного

воздуха, а форсунки шпильками прикреплены к корпусам адаптеров, ввернутых в цилиндровые втулки.



1 – ниши для выпускных коллекторов; 2 – отсек управления; 3 – отсек верхнего коленчатого вала; 4 – место установки воздухоохладителя; 5 – люк в отсеке вертикальной передачи; 6 – люки в отсеке топливной аппаратуры; 7 – люки в отсеке воздушного коллектора; 8 – люки в отсеке нижнего коленчатого вала; 9 – опоры нижних коренных подшипников

Рисунок 2.1 – Блок-картер дизеля 10Д100

Отсек выпускных коллекторов. Выпускные коллекторы размещены в нишах блока дизеля с левой и правой стороны и снаружи закрыты стальными листами, придающими блоку необходимую жесткость и предохраняющими его от коробления. В листах имеются окна, через которые ставят и снимают крышки люков выпускных коллекторов.

Осмотр поршневых колец нижних поршней, очистку от нагара выпускных коллекторов, окон в выпускных коробках и втулках производят

через круглые люки в выпускных коллекторах. Крышки люков имеют асбестовые прокладки и закрыты откидными площадками на поворотных кронштейнах.

В отсеке нижнего коленчатого вала с левой и правой стороны дизеля имеются десять люков с крышками. На всех крышках с левой стороны установлены предохранительные клапаны, срабатывающие при повышении давления в картере до 0,05 МПа. Через люки осматривают нижний коленчатый вал и его подшипники, трубопровод подвода масла, нижние головки шатунов и, при необходимости, разбирают и собирают коренные и шатунные подшипники, вынимают и ставят нижние и верхние поршни.

Также к каждой вертикальной перегородке приварены литые опоры подшипников нижнего коленчатого вала. Для крепления крышек подшипников в каждой опоре имеются по два болта.

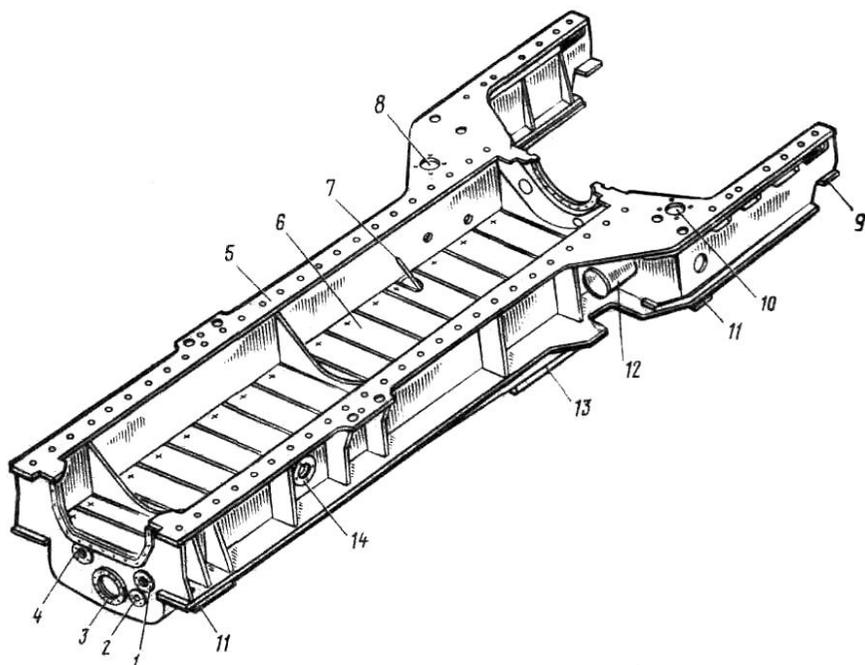
Отсек механизма управления. В передней части отсека на концевую шейку верхнего коленчатого вала насажена ведущая шестерня, которая через промежуточные и приводные шестерни передает вращение двум кулачковым валам топливных насосов. От валов через кулачки и ролики движение передается к толкателям, которые перемещают плунжеры топливных насосов. В обратном направлении плунжеры перемещаются под действием пружин. Через фильтр тонкой очистки, установленный на кронштейне крепления турбовоздуходувки с правой стороны дизеля, топливо поступает в коллектор, а из него – к каждому топливному насосу. На выходе из коллектора установлен клапан, поддерживающий давление в топливоподающей системе 0,15–0,25 МПа. С левой стороны, вдоль блока, ниже продувочного, проходит водяной коллектор, куда со всех охлаждаемых частей дизеля поступает горячая вода, направляющаяся в секции охлаждающего устройства.

В блоке имеются десять отверстий, в которые вставлены втулки цилиндров, прикрепленные к нему четырьмя шпильками каждая. Верхняя часть втулки охлаждается нагнетаемым воздухом. Средняя, наиболее интенсивно нагреваемая часть, охлаждается водой, циркулирующей в полости охлаждения, образованной наружной поверхностью втулки и рубашкой, надетой на нее. Нижняя часть втулки входит внутрь выпускной коробки, также имеющей полость для циркуляции охлаждающей воды. Нагнетаемый воздух подается через впускные окна, расположенные в верхней части цилиндрических втулок. Выпускные коллекторы и коробки охлаждаются водой.

Торсионная *вертикальная передача* располагается в специальном отсеке и служит для связи верхнего и нижнего коленчатых валов (см. рисунок 1.2).

Для увеличения жесткости остова используется поддизельная рама, на которую устанавливается дизель и тяговый генератор. Кроме того, на раме крепят отдельные сборочные единицы вспомогательного оборудования.

Поддизельная рама дизеля 10Д100 сварена из горизонтальных и вертикальных стальных листов, усиленных ребрами жесткости (рисунок 2.2). Снизу приварен поддон, образующий емкость для масла, закрытую сеткой. Сюда же сливается масло после смазывания подшипников и охлаждения поршней дизеля. На верхние листы рамы на болтах крепится блок дизеля и тяговый генератор. Поддизельная рама передней частью опирается на раму тепловоза через мощные цилиндрические пружины, внутри которых пропущены крепежные болты. Со стороны генератора рама прикреплена четырьмя болтами к настильному листу рамы тепловоза. Для предохранения болтов от среза со стороны генератора на нижних горизонтальных листах рамы имеются выступы, которыми она упирается как с торца, так и с боков в упоры, приваренные к настильному листу.



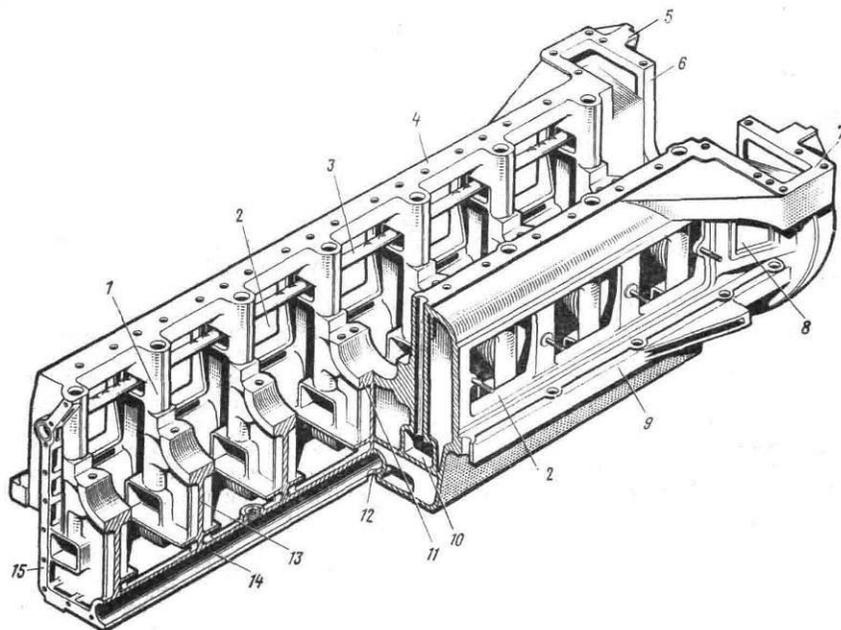
- 1, 3 – отверстия для забора масла насосами; 2, 4 – отверстия для слива масла из фильтра тонкой очистки и вспомогательных агрегатов; 5 – верхний лист для установки блока дизеля; 6 – сетки;
 7 – трубка маслостановой рейки; 8 – горловина заливки масла; 9 – опоры для пружин;
 10, 12 – отверстия и труба подачи воды к воздухоохладителям; 11 – пластики установки рамы;
 13 – поддон (маслосборник) рамы; 14 – место забора масла маслопрокачивающим агрегатом

Рисунок 2.2 – Поддизельная рама дизеля 10Д100

Сбоку в поддон рамы дизеля 10Д100 вварен коллектор, служащий каналом для подвода масла к масляному насосу. Масло из поддона в картер поступает через отверстия, расположенные с обеих сторон коллектора и далее – к масляному насосу. Для придания поддону жесткости внутри него по всей длине вварены поперечные перегородки.

Рама и блок дизеля ПД1М являются примером монолитных чугунных деталей остовов первого типа. Рама представляет собой цельную отливку из серого чугуна, служащую основанием для блока дизеля и станины тягового генератора, а также для коленчатого вала и корпуса привода масляного насоса (рисунок 2.3). Блок дизеля и станина генератора прикреплены к раме с помощью швильных шпилек и анкерных болтов. На уширенной части поверхности рамы со стороны генератора шпильками прикреплен корпус привода распределительного и кулачкового валов. С обеих сторон в раме для осмотра шатунно-кривошипного механизма имеются люки, закрываемые алюминиевыми крышками (по одной крышке на три люка).

Рама по длине разделена семью перегородками, служащими основаниями для коренных подшипников коленчатого вала. Опоры четвертого и седьмого подшипников уширены, так как несут значительно большую нагрузку, чем остальные.



1 – колонка для анкерных шпилек; 2 – люки в раме; 3 – труба маслопроводящая; 4 – поверхность крепления станины тягового генератора; 6 – поверхность крепления корпуса

уплотнения коленчатого вала; 7 – поверхность крепления корпуса приводных шестерён; 8 – окно в боковой стенке рамы для засасывания воздуха; 9 – приливы для крепления к настильному листу рамы тепловоза; 10 – окна для гаек анкерных шпилек; 11 – опора коренного подшипника; 12 – отверстие для слива масла из рамы; 13 – поперечные перегородки; 14 – канал для подвода масла к насосу; 15 – поверхность крепления корпуса валоповоротного диска

Рисунок 2.3 – Поддизельная рама дизеля ПД1М

Нижняя часть рамы имеет уклон от краев к середине и служит маслосборником. Сверху маслосборник закрыт шестью металлическими сетками. Масло заливается через горловину, ввернутую сверху в прилив рамы с левой передней стороны. С правой стороны через окна в перегородках проходит маслоподводящая труба, от которой через штуцера и трубки масло под давлением подводится для смазывания коренных подшипников коленчатого вала, подшипников распределительного и кулачкового валов, а также рычагов толкателей. Механически обработанный задний торец блока имеет кольцевую центрирующую проточку для фиксации станины тягового генератора. Рама дизеля крепится на раме тепловоза жестко с помощью шпилек. Для разгрузки шпилек от срезающих усилий к настильному листу рамы приварены упоры, удерживающие ее от продольных и поперечных перемещений в горизонтальной плоскости.

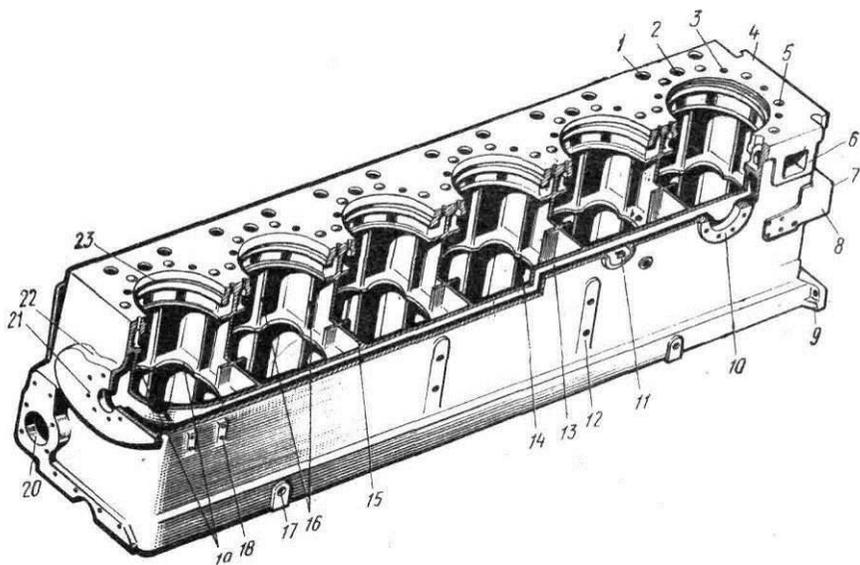
Блок цилиндров дизеля ПД1М (рисунок 2.4) отлит из серого чугуна. По длине разделен пятью перегородками на гнезда для установки цилиндрических втулок. Внизу поперечные перегородки имеют окна для подвода охлаждающей жидкости. На бурты верхнего пояса опираются цилиндрические втулки. Нижний пояс блока служит для направления втулок в блоке и является опорной поверхностью для их резиновых уплотнительных колец. Для увеличения жесткости поперечные перегородки и стенки блока снабжены вертикальными и горизонтальными ребрами. Цилиндрические втулки охлаждаются водой, циркулирующей в полости блока. Уплотнение верхней части водяной полости достигается тщательной подгонкой кольцевой плоскости бурта цилиндрической втулки к бурту верхнего пояса блока, а нижней части – тремя резиновыми кольцами на нижнем поясе втулок.

С правой стороны отсек цилиндров отделен продольной перегородкой. За ней размещается распределительный вал, рычаги толкателей и штанги привода клапанов. Масло к подшипникам распределительного вала поступает из картера по трубкам, а затем по вертикальным и горизонтальным каналам в блоке. В нижней части блока имеется отверстие для слива воды.

Для перепуска воды из водяного пространства втулок в охлаждающие полости крышек вокруг каждого цилиндра в верхней части блока проделано по шесть малых и два больших отверстия. Перепускные отверстия уплотнены термостойкими резиновыми кольцами. На верхней плоскости блока с правой стороны имеются двенадцать отверстий для прохода штанг

привода клапанов. В соединениях между крышкой и блоком также установлены уплотнительные резиновые кольца.

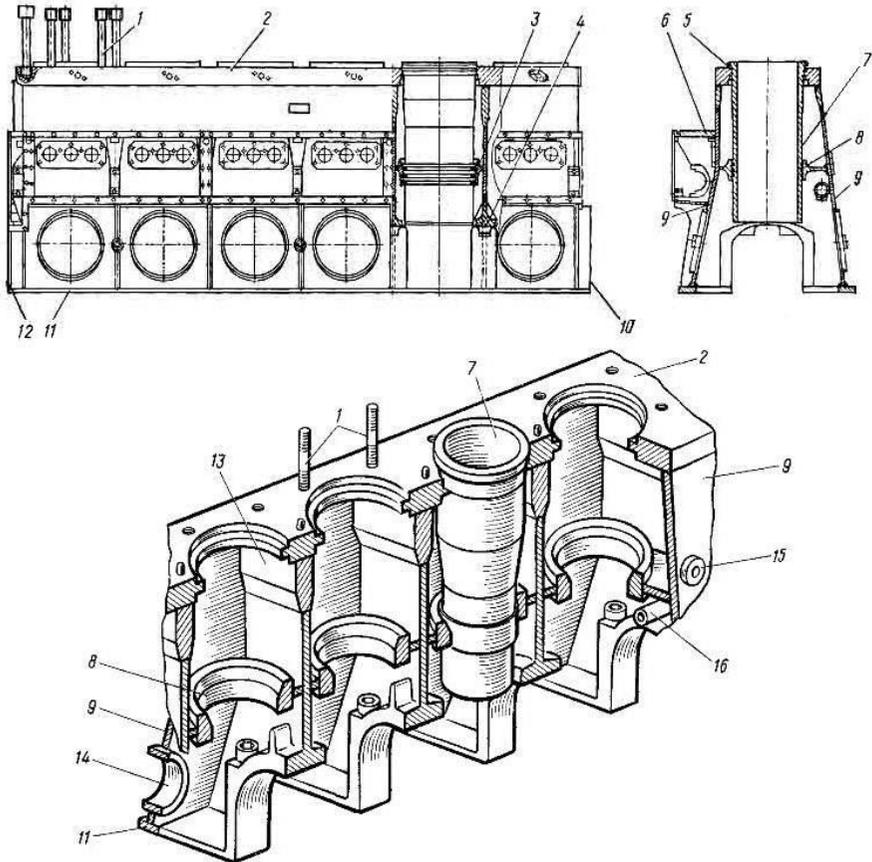
Блок цилиндров дизеля **K6S310DR** сварен из верхней горизонтальной плиты, нижнего обвязочного листа, стальных литых поясов, поперечных вертикальных перегородок, переднего, заднего и наклоненных боковых листов. В гнезда, образованные вертикальными перегородками, установлены втулки цилиндров, образующие совместно со стенками блока полости для охлаждающей жидкости. Между опорным буртом втулки и упорным буртом на верхней горизонтальной плите установлено уплотнительное кольцо из листовой отожженной меди или алюминия. Нижняя часть втулки уплотнена тремя резиновыми кольцами, прилегающими к цилиндрической поверхности литого пояса. Вода поступает в водяную полость блока из напорного коллектора через фланцевые отверстия в наклонном листе и проходит в крышку цилиндров. Внутри вдоль левой боковой стенки над люками закреплен масляный коллектор.



1 – отверстие для прохода штанг толкателей; 2 – большое отверстие для подвода воды; 3 – малое отверстие для подвода воды; 4, 22 – фланцы с буртами для зачаливания; 5 – отверстия для шпилек крепления крышки цилиндров; 6, 7, 10 – фланцы для подсоединения водяного насоса; 8 – угловой штуцер для слива воды из турбокомпрессора; 9 – кронштейн крепления привода распределительного вала; 11 – заглушка для очистки водяного канала; 12 – приливы для крепления топливного насоса; 13 – водяной канал; 14, 16, 19 – рёбра жёсткости; 15 – поперечная перегородка; 17 – сливное отверстие; 18 – приливы для крепления фильтра тонкой очистки топлива; 20 – отверстие под передний подшипник распределительного вала; 21 – плато крепления патрубка подвода воды; 23 – бурт для упора цилиндрических втулок

Рисунок 2.4 – Блок цилиндров дизеля ПД1М

Каждую цилиндрическую крышку крепят на верхней горизонтальной плите пятью шпильками из легированной стали. Передняя стенка блока имеет обработанные фланцы и площадки, к которым прикреплены корпус привода насосов, объединенный регулятор, его пластинчатый фильтр и фильтры тонкой очистки топлива. К фланцам задней стенки прикреплен разъемный корпус уплотнения коленчатого вала и привода распределительного вала. На кронштейне, прикрепленном к задней стенке дизеля, установлен турбокомпрессор (рисунок 2.5).

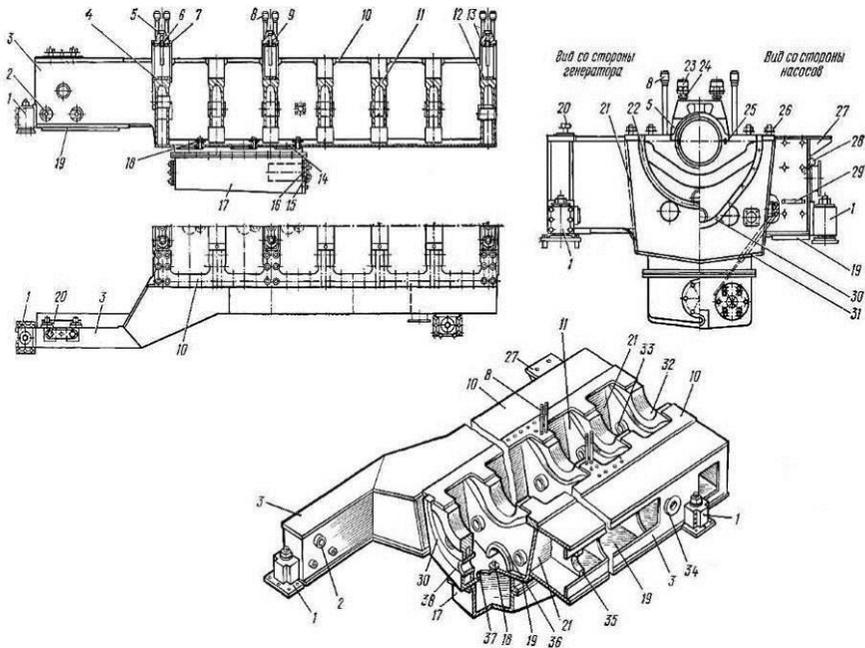


- 1 – шпилька; 2 – плита верхняя; 3 – кольцо резиновое; 4 – перегородка поперечная; 5 – кольцо уплотнения; 6 – коробка распределительного вала; 7 – втулка цилиндра; 8 – пояс литой; 9 – листы боковые; 10 – лист передний; 11 – лист нижний обвязочный; 12 – лист задний; 13 – поперечная перегородка; 14 – смотровой люк; 15 – фланец; 16 – коллектор масляный

Рисунок 2.5 – Блок цилиндров дизеля K6S310DR

Картер дизеля K6S310DR (рисунок 2.6) имеет сварную конструкцию и служит основанием для коленчатого вала, блока цилиндров, тягового генератора, корпуса привода насосов и распределительного вала. На нем установлены пластинчатый фильтр очистки масла, топливонагреватель и маслопрокачивающий насос. Средняя часть картера корытообразной формы сварена из продольных боковых, нижнего и обвязочного верхнего листов и семи поперечных перегородок. По обеим сторонам картера приварены верхние и нижние горизонтальные и боковые вертикальные листы, соединенные между собой внутренними перегородками. Эти листы и перегородки образуют жесткую конструкцию коробчатого сечения.

Коренные подшипники коленчатого вала дизеля находятся в постелях, в утолщенных отливках поперечных перегородок. Шесть коренных подшипников коленчатого вала являются опорными, а седьмой – опорно-упорным. Крышки коренных подшипников крепятся двумя нажимными винтами с гайками, которые, упираясь сферическими поверхностями в бонки вертикальной перегородки блока цилиндров, прижимают крышки к опорам картера.



1 – подвес втулочный; 2 – прокладка предохранительная; 3 – челюсть; 4, 7 – вкладыши опорно-упорного подшипника; 5 – крышка опорно-упорного подшипника; 6, 25, 32 – штифты; 8 – шпилька анкерная; 9 – крышка опорного подшипника; 10 – лист верхний обвязочный; 11 – перегородка поперечная; 12, 13 – вкладыши опорного подшипника; 14 – отверстия для стока масла; 15 – фланец для подсоединения всасывающей трубы; 16 – фильтр сетчатый, 17 – бак масляный; 18 – магнит фильтра; 19 – прокладка резиновая; 20 – болт крепления тягового генератора; 21 – лист боковой; 22 – фланец; 23 – гайка; 24 – винт нажимной; 26 – шпилька; 27 – кронштейн крепления маслопрокачивающего насоса; 28 – маслоизмеритель; 29 – кронштейн установки пластинчатых фильтров; 30 – фланец крепления корпуса привода насосов; 31 – лист нижний; 32 – фасонная отливка; 33 – втулка; 34 – подвес; 35 – полоса; 36 – полуцилиндр; 37 – отверстие; 38 – втулки для слива масла

Рисунок 2.6 – Картер дизеля K6S310DR

Цельносварная конструкция блока цилиндров дизеля **14Д40 (11Д45)** V-образной формы разделена поперечными стойками на шесть (восемь) секций, в которых размещены втулки цилиндров (рисунок 2.7). Верхние плиты, средние и нижние продольные листы имеют отверстия, образующие опорные пояса для втулок. Пространство, ограниченное верхними плитами, средними продольными листами, поперечными V-образными и торцовыми стойками, является полостью водяного охлаждения.

Вода подводится в полость через патрубки и каналы. Из блока в крышки вода поступает через трубки с резиновыми прокладками. Пространство, ограниченное верхними и нижними продольными листами, средним, продольным и боковыми листами, поперечными V-образными и торцовыми стойками и наддувочными коллекторами, представляет собой ресивер продувочного воздуха. Секции ресивера сообщаются между собой окнами, выполненными в среднем и боковых листах, а также в V-образных поперечных стойках. Масло, скапливающееся в наддувочных коллекторах, через штуцера сливается в раму.

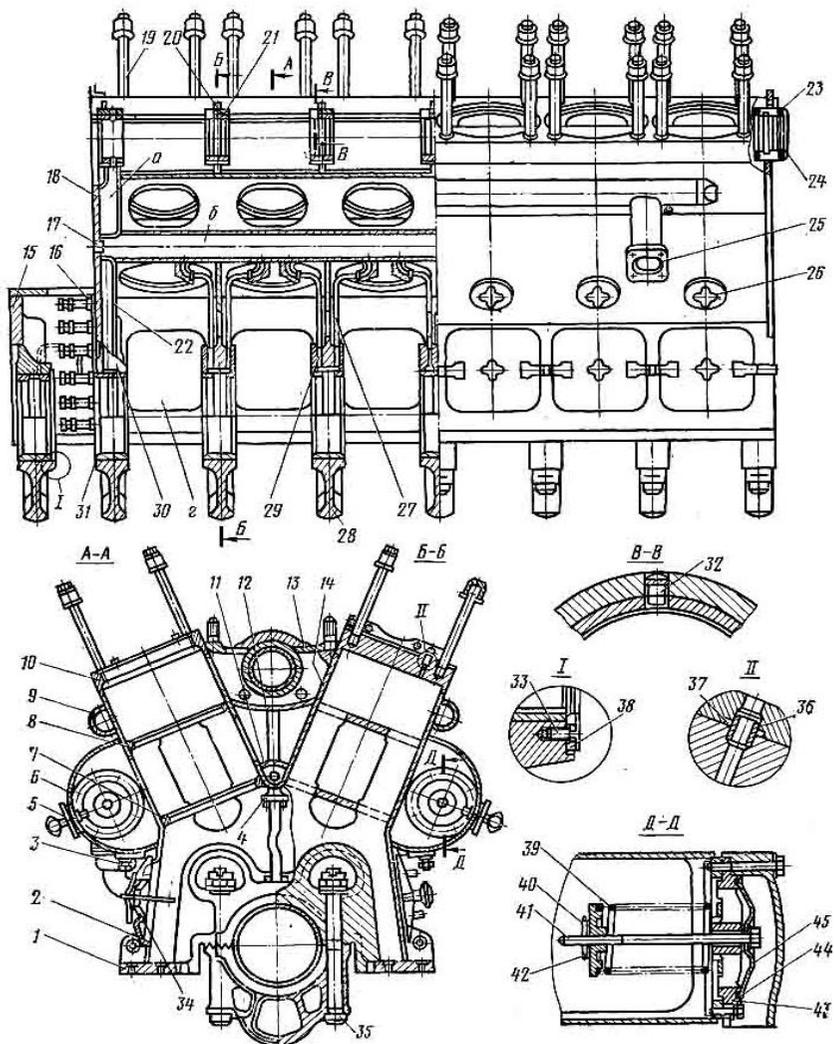
В верхние плиты блока ввернуты по четыре шпильки на каждый цилиндр для крепления крышек. В развале среднего листа установлены стойки подшипников распределительного вала, в которые запрессованы бронзовые втулки, имеющие заливку из свинцовисто-кальциевого баббита.

Коленчатый вал подвешен к блоку цилиндров на стальных подвесках, которые крепятся к стойкам коренных подшипников болтами. Стыки стоек и подвесок имеют торцовые зубцы, предохраняющие подвески от смещения в поперечном направлении. Масло к коренным подшипникам подводится по желобкам, приваренным к торцовым стойкам, и по трубкам, прикрепленным к фланцам, из центрального канала, образованного нижней частью среднего листа и продольной планкой. К каналу масло поступает из нагнетательной магистрали системы смазки. Для осмотра и очистки канала на передней и задней торцовых стойках имеются отверстия, закрытые пробками.

На наддувочных коллекторах и в боковых листах блока имеются люки. Ряд верхних люков дает доступ для очистки ресивера наддувочного воздуха

и для осмотра цилиндрических втулок, поршней и поршневых колец. Ряд нижних люков позволяет осматривать коленчатый вал, коренные и шатунные подшипники, шатуны и нижние части втулок.

К торцовому листу блока со стороны фланца отбора мощности призонными болтами прикреплен корпус выносного подшипника коленчатого вала. Осевое перемещение коленчатого вала ограничивается стальными упорными кольцами с тонкослойной бронзовой заливкой. Положение упорных колец, расположенных в кольцевых канавках постелей блока и подвесок пятой и шестой опор коленчатого вала фиксируется винтами. Справа, на боковом листе корпуса выносного подшипника расположена горловина для заправки дизеля маслом.



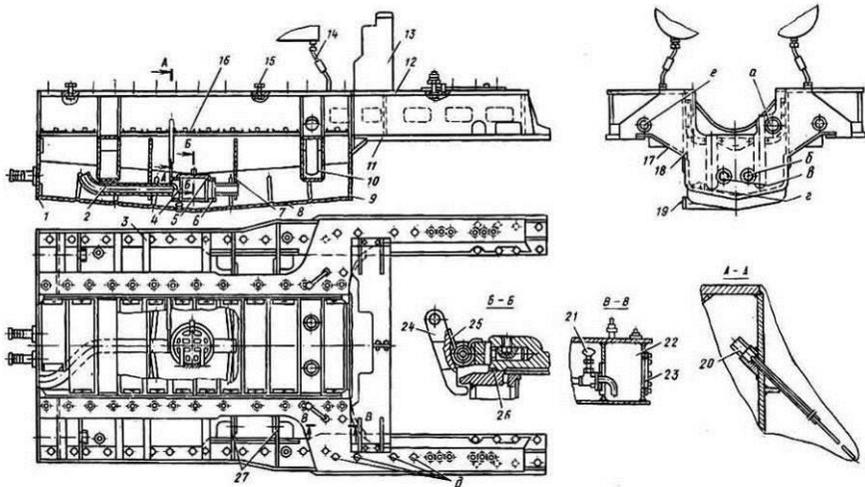
1 – опорный лист; 2 – боковой лист; 3 – штуцер; 4 – фланец; 5, 24, 34 – крышки; 6 – надувочный ресивер; 7 – нижний продольный лист; 8 – средний продольный лист; 9 – канал; 10 – верхняя плита; 11, 13 – планки; 12 – продольный лист; 14 – средний лист; 15 – корпус подшипника, 16, 35, 41 – болты; 17 – пробка; 18, 20, 29 – стойки; 19 – шпилька; 21 – втулка; 22 – желобок; 23 – кольцо; 25 – патрубок; 26 – горловина; 27, 36 – трубки; 28 – подвеска; 30 – постель коренного подшипника; 31, 38 – упорные кольца; 32, 33 – винты; 37, 44 – прокладка; 39 – пружина; 40 – гайка; 42 – шплинт; 43 – корпус клапана; 45 – тарелка; *a, б* – канал; *г* – лок

Рисунок 2.7 – Блок цилиндров дизеля 14Д40

На левом боковом листе блока имеется лючок, на котором установлен центробежный фильтр очистки масла. Этот лючок одновременно может быть использован для осмотра шестерен привода распределительного вала при ремонте.

Дизель и тяговый генератор установлены на общей раме, представляющей собой жесткую сварную конструкцию из двух продольных балок, связанных торцовыми листами и двумя поперечными коробчатыми балками (рисунок 2.8). Каждая продольная балка состоит из верхнего и нижнего горизонтальных и боковых листов, а также ребер.

К нижней части рамы приварен поддон, образующий совместно с торцовыми и боковыми листами балок емкость для масла. Для увеличения жесткости поддона и уменьшения перетока масла при наклонах и резких остановках тепловоза установлены две поперечные переборки. Сверху ванна закрыта сетками, предотвращающими вспенивание масла при работе дизеля и предохраняющими масло от попадания в него посторонних предметов. Из ванны масло через приемный патрубок и трубу засасывается масляным насосом дизеля. Для слива масла из ванны предусмотрено отверстие, соединенное со сливной трубой.



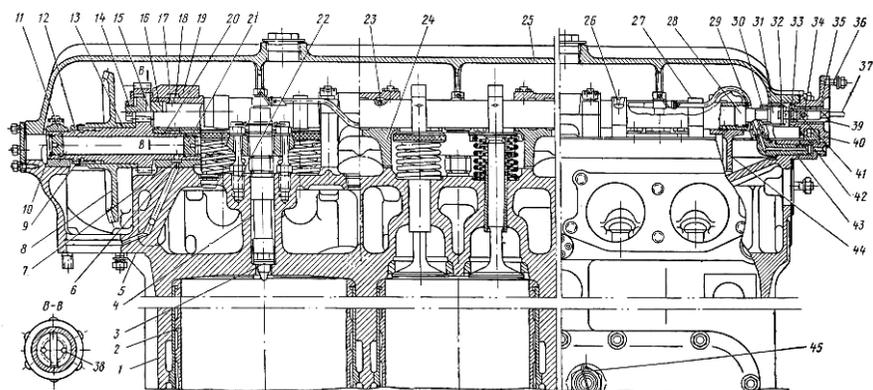
- 1, 9 – торцовые листы; 2, 14 – трубы; 3 – ребро; 4 – фильтрующая сетка; 5, 23 – крышки;
 6 – приемный патрубок; 7 – переборка; 8 – поддон; 10 – коробчатая балка; 11 – нижний
 горизонтальный лист; 12 – верхний горизонтальный лист; 13 – кожух; 15 – болт; 16 – сетка,
 17, 18 – боковые листы; 19 – сливное отверстие; 20 – масломерный шуп; 21 – кран;
 22 – полость; 24 – защелка; 25 – пружина; 26 – резиновое уплотнение; 27 – упор;
 а, б, в, г, д, е – отверстия

Рисунок 2.8 – Поддизельная рама дизеля 14Д40

На передней торцевой поверхности рамы расположены отверстия: для подачи масла к насосу дизеля и к маслопрокачивающему агрегату; для слива масла из дизеля и из сепарирующего бачка системы вентиляции картера.

На раме в средней части каждой балки имеются коробчатые упоры, которые совместно с упорами на раме тепловоза удерживают раму дизель-генератора от продольных перемещений. Лапами рама опирается на амортизаторы, закрепленные на раме тепловоза. Блок цилиндров крепится к раме болтами. Стык между блоком и рамой уплотнен паронитовыми прокладками. В раме предусмотрены отверстия для установки и крепления приспособления подъема дизеля с генератором при ремонте.

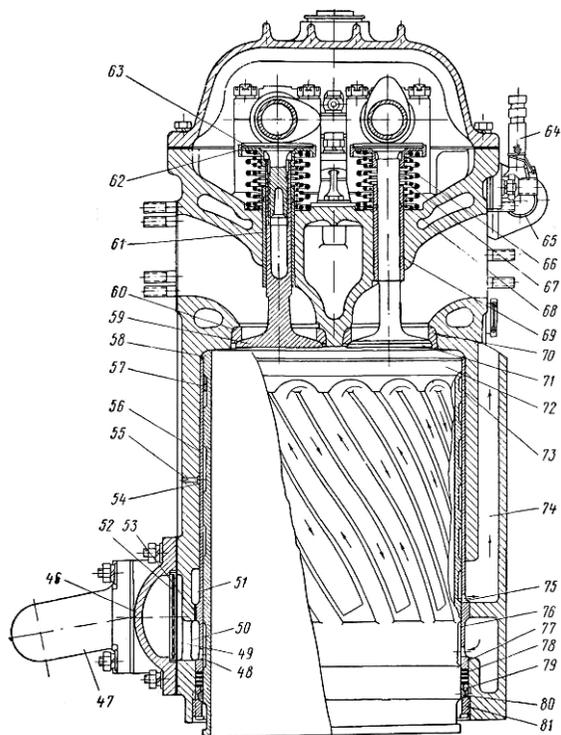
Эксплуатация дизеля М753, являющегося прдшественником М756, показала, что при длительной работе на гильзе и рубашке разъемного блока появляются кавитационные разрушения и ослабление газового стыка, ограничивающие возможность его использования. Данные недостатки были устранены путем объединения рубашки и головки в единую литую конструкцию (моноблок) и применения гильзы оригинальной конструкции. При этом были изменены система газового стыка и посадка гильзы. Установка ее в моноблоке с натягом на большой длине устранила колебания, вызывавшие кавитационные разрушения. На дизели М756 моноблоки устанавливают с начала их выпуска, а на дизели М753 – с 1964 г. (рисунки 2.9, 2.10).



- 1 – моноблок; 2 – гильза; 3 – прокладка форсунки; 4 – отверстие под форсунку; 5 – плоскость крепления стакана наклонной передачи; 6 – сверление; 7 – проточка в подшипнике; 8 – большая коническая шестерня; 9 – отгибная шайба; 10 – замковое кольцо; 11, 19, 24 – подшипники; 12, 14 – гайки; 13 – распорная втулка; 16 – хвостовик; 17 – сверление; 18 – проточка; 20 – промежуточный вал; 21 – заглушка вала; 22 – шпилька; 23 – сверление в распределительном валике; 25 – крышка; 26 – смазочное отверстие в кулачке; 27 – распределительный валик; 28 – заглушка; 29 – замковое кольцо; 30 – корпус муфты; 31 – гибкая муфта; 15, 32, 34, 37, 38 – штифты; 33, 35 – втулки; 36 – шпилька; 39 – муфта; 40, 44 – кронштейны;

41 – вал привода тахометра; 42 – прокладка; 43 – штуцер отвода топлива; 45 – пробка

Рисунок 2.9 – Моноблок дизеля М756 (продольный разрез)



46 – крышка; 47 – патрубок;
 48 – нижние сверления в рубашке; 49 – отверстие в блоке; 50, 51 – кольцевые каналы;
 52 – сетка; 53 – канавка; 54 – проточка;
 55 – разгрузочное сверление; 56 – рубашка гильзы; 57 – кольцо; 58 – бурт; 59 – выпускной клапан;
 60 – седло выпускного клапана, 61 – направляющая выпускного клапана; 62 – дисковый замок; 63 – тарелка клапана;
 64 – пароводной ниппель; 65 – рым; 66 – большая пружина; 67 – средняя пружина; 68 – малая пружина;
 69 – направляющая впускного клапана; 70 – седло впускного клапана; 71 – впускной клапан; 72 – верхний уплотняющий пояс; 73 – проточка; 74 – вертикальный канал; 75 – верхнее сверление в рубашке; 76 – проточка; 77 – кольцевые бурты; 78 – уплотнение; 79 – упорное кольцо; 80 – кольцо; 81 – гайка

Рисунок 2.10 – Моноблок дизеля М756 (поперечный разрез)

Моноблок, отлитый из алюминиевого сплава АЛ-4, представляет собой жесткую конструкцию, объединившую головку и рубашку в одной отливке, и состоит из собственно моноблока и шести гильз.

Моноблоки устанавливаются на две плоскости картера, расположенные под углом 120° . Он фиксируется на верхнем картере двумя установочными штифтами и крепится к нему силовыми шпильками, для которых в моноблоке есть сквозные сверления. В нижней части моноблока выполнено шесть расточек под гильзы. В каждой расточке на посадочной поверхности имеются проточка и разгрузочное сверление, два кольцевых литых канала с перемычкой между ними и нижний посадочный пояс. Для устранения перекоса силовых шпилек при их затяжке служат сферические шайбы.

На наружной продольной поверхности моноблока, в нижней его части, со стороны выпускных патрубков, расположен прилив, образующий вместе с крышкой полость, в которую поступает вода для охлаждения дизеля.

Днище камеры сгорания сферической формы радиусом 600 мм сопрягается с боковой поверхностью расточки под гильзу радиусом 8 мм. В центре днища расположено отверстие, куда входит распылитель форсунки. Отверстие под форсунку расточено под два диаметра; на уступ, образованный разностью диаметров, укладывается медная прокладка. К приливам на боковых стенках крепятся всасывающие и выпускные коллектора.

Картер дизеля М756 состоит из двух половин: верхней и нижней. Верхний картер (рисунок 2.11) является основной несущей частью дизеля, а нижний закрывает кривошипно-шатунный механизм и служит маслосборником. Верхний и нижний картеры обрабатываются совместно по торцам, которые имеют центрирующие буртик и расточку. Для совпадения торцов и установки оси привода к маслооткачивающему насосу нижний картер фиксируется на верхнем двумя установочными штифтами и крепится к нему 64 болтами. В связи с этим нижний картер невзаимозаменяем и является одним целым с верхним картером.

Верхний картер отлит из алюминиевого сплава. Семь двойных перегородок придают ему необходимую жесткость и одновременно служат опорами для коренных шеек коленчатого вала. В паз каждой перегородки с натягом 0,01–0,03 мм устанавливаются подвески. Подвески, штампованные из алюминиевого сплава, являются нижними половинами опор и в соединении с верхним картером образуют гнезда под коренные подшипники. Каждая подвеска прикреплена к картеру двумя шпильками, кроме подвески 7-й опоры, которая крепится четырьмя шпильками. От продольного перемещения подвеска фиксируется центрирующим буртиком на шпильке.

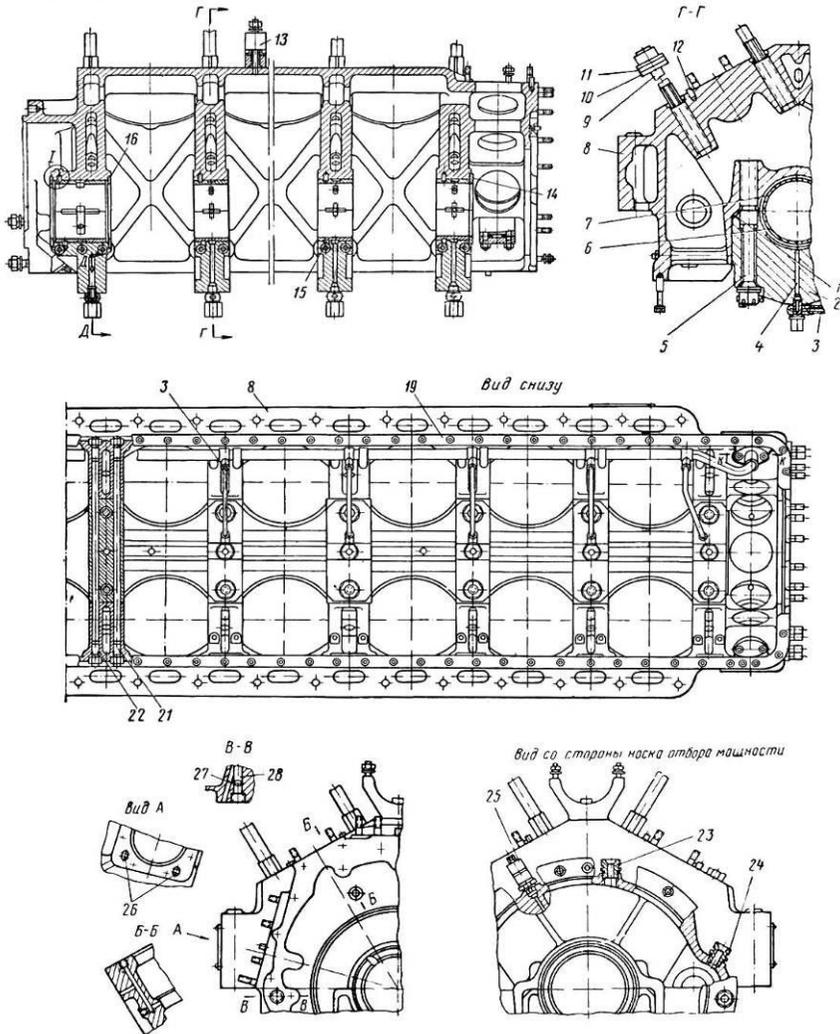
Подвески 2, 3, 5 и 6-й опор одинаковые, подвески 1, 4 и 7-й опор различные. На переднем торце 1-й опоры и подвески имеется кольцевая выточка под упорное кольцо центральной шестерни привода передачи. Упорное кольцо одновременно является и регулировочным для шестерни и изготавливается из стали, залитой с одной стороны свинцовистой бронзой. Выточка под кольцо выполняется одновременно в подвеске и опоре. Для подвода масла к коренным вкладышам каждая подвеска, кроме 7-й, имеет сквозное сверление. В 7-й подвеске сверление несквозное и соединяется с двумя наклонными сверлениями, выходящими в специальные канавки на поверхности подвески под нижнюю половину вкладыша.

На верхней горизонтальной плоскости картера установлены четыре опоры для крепления топливного насоса. В отверстия крайних опор вставлены трубки, предназначенные для слива масла из насоса в картер дизеля.

Для установки дизеля к боковым стенкам картера прилиты опорные

лапы. В каждой лапе просверлено 12 отверстий под фундаментные болты.

С левой стороны внутри картера устанавливается маслonaгнетающая магистраль, имеющая 7 припаянных к ней трубок, по которым масло подводится к штуцерам подвесок и по сверлениям в них – к коренным подшипникам. Магистраль соединяется отверстием с левым маслораспределительным каналом.



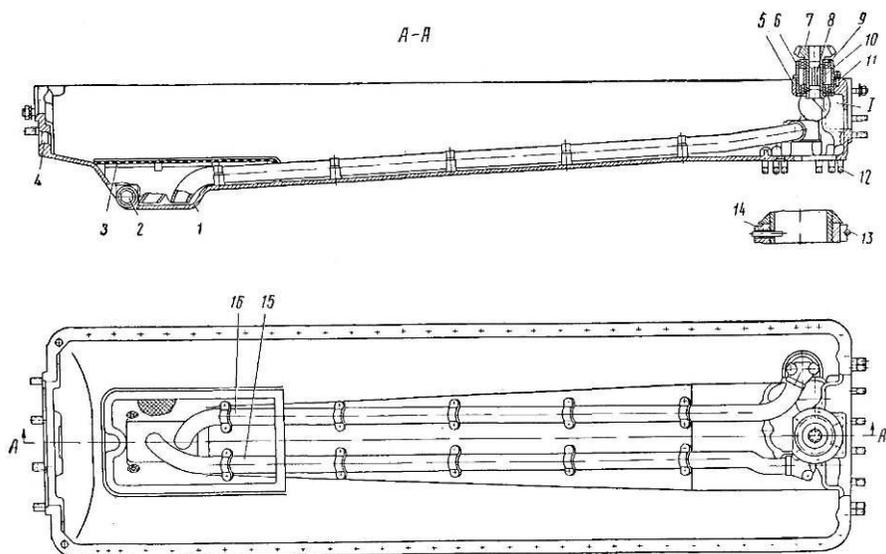
1 – паз картера; 2 – подвеска; 3 – трубка подвода масла к подвеске; 4 – маслoподводящее сверление подвески; 5 – шпилька крепления подвески; 6, 7 – нижняя и верхняя половины

коренного вкладыша; 8 – опорные лапы картера; 9 – силовая шпилька крепления блока; 10, 11 – сферические шайбы; 12 – установочный штифт; 13 – опора топливного насоса; 14 – упорное кольцо центральной шестерни; 15 – штифты фиксации коренного вкладыша, 16, 18 – упорные полукольца; 17 – сухарик; 19 – маслonaгнетающая магистраль; 20, 27 – сверления; 21 – стяжная шпилька; 22 – уплотнительное резиновое кольцо; 23–25 – штуцера; 26 – наклонные каналы; 28 – маслораспределительный канал

Рисунок 2.11 – Верхний картер дизеля M756

В передней части картера в одной плоскости имеется 5 отверстий под стаканы шестерен, оси которых пересекаются в одной точке на оси коленчатого вала. В вертикальном отверстии монтируется привод топливного насоса. В двух отверстиях, расположенных симметрично под углом 30° к вертикальной оси картера, устанавливаются стаканы нижних наклонных передач привода кулачковых валов. В двух отверстиях, расположенных симметрично под углом 75° , монтируют передачи к масляному и водяному насосам. Масляных каналов в картере два: один из них расположен с правой стороны, другой – симметрично с левой. От каждого канала идут сверления: к фланцу, расположенному внутри картера и предназначенному для присоединения нагнетающей масляной магистрали, и сверление, выходящее на торцовую поверхность картера и совпадающее с соответствующим сверлением в кронштейне турбокомпрессора.

Нижний картер (рисунок 2.12) служит маслосборником. На дне его имеются маслостойник, закрытый пеногасительной сеткой, и две трубки, по которым масло, собирающееся в отстойнике, откачивается насосом. В боковой стенке имеется пробка для спуска масла из картера.



- 1 – маслоотстойник; 2 – спускная пробка; 3 – пеногасительная сетка; 4 – отверстие в стенке нижнего картера; 5 – фланец кронштейна; 6 – стакан привода; 7 – коническая шестерня; 8 – замковое кольцо; 9 – шарикоподшипник; 10 – распорная втулка; 11, 12 – шпильки; 13 – стопорное кольцо; 14 – гайка; 15, 16 – трубки

Рисунок 2.12 – Нижний картер дизеля М756

Остов дизеля Д49 имеет сварно-литую конструкцию, выполненную из стальных плит, листов, литых опор и других усиливающих элементов. Блок имеет V-образную форму (рисунком 2.13). Нижняя его часть сварена из литых стоек-опор, а верхняя – из листов. В продольных верхних листах и средних плитах выполнены расточки для установки цилиндрических втулок, изготовленных из нержавеющей стали повышенной твердости. Из этой же стали выполнены втулки, по которым вода из коллектора поступает в полости рубашек охлаждения цилиндров. Шпильки крепления цилиндрических втулок пропущены через всю верхнюю часть и ввернуты в плиты нижней части. В развале блока образован коллектор наддувочного воздуха и канал для прохода масла к подшипникам коленчатого вала.

Для подвода воздуха из коллектора к впускным клапанам крышек цилиндров в блоке имеются проставочные комплекты, состоящие из двух стальных, двух резиновых колец и болтов.

Снизу к литым стойкам блока прикреплены подвески коренных подшипников. Стык между стойками и подвесками выполнен зубчатым. У дизелей Д49 со стальным коленчатым валом этот стык выполнен плоским с развитием поверхности сопряжения за счет дополнительного бокового

крепления подвесок к стойкам блока.

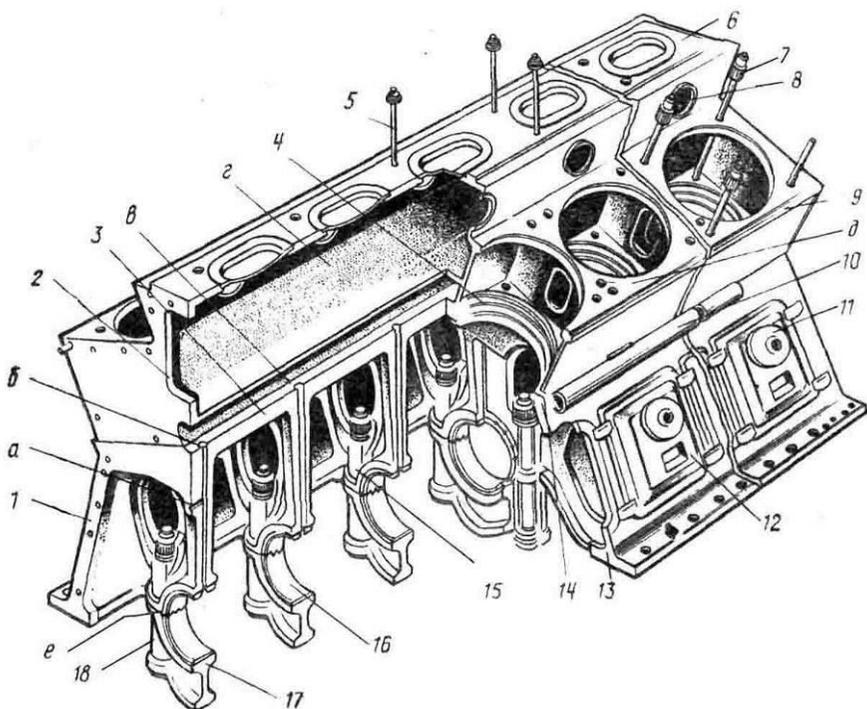
К девятой стойке блока прикреплены стальные полукольца, покрытые тонким слоем бронзы и служащие упорным подшипником коленчатого вала.

В переднем листе блока имеется отверстие, через которое масло по каналам в стойках поступает на смазывание коренных подшипников. К десятому выносному коренному подшипнику масло поступает из полости коленчатого вала дизеля.

Для слива масла из крышек цилиндров в картер в блоке имеются отверстия, через которые проходят трубки с проставками и уплотнением. Скопившееся в воздушном коллекторе масло через отверстие, расположенное в торце блока, сливается в поддизельную раму. Доступ в картер осуществляется через люки с крышками.

По конструкции поддизельная рама дизеля Д49 аналогична раме дизеля 10Д100. Она укреплена на раме тепловоза с помощью резинометаллических амортизаторов. Двадцать два опорных плоских амортизатора расположены так, что они удерживают дизель-генератор от боковых перемещений. От продольных перемещений он фиксируется упорными амортизаторами.

В поддоне рамы, в его нижней части, имеется маслозаборник с сеткой, через который масло по трубе и каналам в корпусе привода насосов поступает в полость правого масляного насоса. Установленный в маслозаборнике обратный клапан уменьшает утечку масла при его прокачке. В раме вварены трубы, соединяющие водомасляные теплообменники между собой последовательно по масляной и водяной полостям, а также трубы, соединяющие теплообменники с каналами в приводе насосов.



- 1 – корпус; 2 – передний лист блока; 3 – средняя плита; 4 – проставочная втулка; 5 – шпилька крепления лотка; 6 – верхняя плита; 7 – шпилька крепления цилиндрических крышек; 8 – проставка для подвода воздуха к впускным клапанам; 9 – верхний лист блока цилиндров; 10 – водяной коллектор; 11 – предохранительный клапан; 12 – крышка лотка картера; 13 – стойка блока; 14 – втулка из нержавеющей стали для перепуска воды из коллекторов к рубашкам цилиндров; 15, 16 – вкладыши коренных подшипников; 17 – подвеска; 18 – болт; *a, б, в* – маслоподводящие каналы; *г* – воздушный коллектор; *д* – отверстие для перепуска воды из охлаждающей полости цилиндра в крышку; *e* – фиксирующие зубцы стыка подвески

Рисунок 2.13 – Блок цилиндров дизеля Д49

Цилиндровые втулки. Втулки цилиндров дизеля служат в качестве направляющих для перемещения поршней, а также образуют рабочий объем цилиндров. В связи с высокой температурной напряженностью они требуют охлаждения, а возвратно-поступательные перемещения поршня с большой скоростью предъявляют высокие требования к чистоте обработки их внутренней поверхности. Обычно отливаются из специального антифрикционного легированного чугуна. Для снижения потерь на трение их внутренняя поверхность обрабатывается хонингованием, а затем подвергается

фосфатированию.

По способу охлаждения цилиндрические втулки бывают:

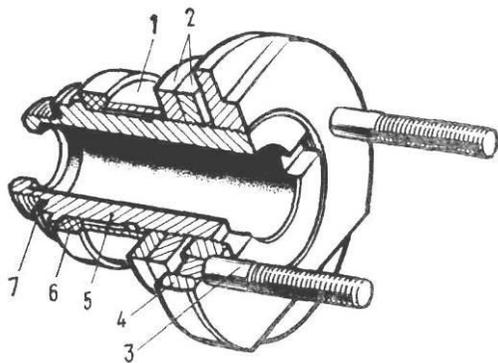
– обычные (охлаждающая жидкость циркулирует между втулками и корпусом блока, блок соответственно “мокрого” типа), применяются на дизелях типа ПД1М, К6S310DR, 14Д40, 11Д45;

– с рубашками охлаждения (полость охлаждения создается рубашкой, надетой на втулку и зафиксированной на ней специальными кольцами; полости между втулками и рубашками сообщаются с водяными коллекторами дизеля, а благодаря уплотнениям блок цилиндров защищен от контакта с водой, поэтому блоки в данном случае называют “сухими”), применяются на дизелях типа 10Д100, М756, Д49.

Кроме того, существуют различные варианты крепления втулок в блоках цилиндров. Например, на дизелях типа ПД1М и К6S310DR втулка крепится к блоку шпильками и притягивается цилиндрической крышкой. На дизелях же 14Д40, 11Д45, Д49 используется вариант крепления втулки (подвесного типа) только к крышке цилиндров, которая в свою очередь жестко крепится к блоку. При этом удается избежать жесткой связи втулки с блоком дизеля, в результате чего газовый стык (втулка – цилиндрическая крышка) выведен из силовой схемы блока, разгруженного от осевых усилий давления сгорания.

Втулки дизеля **10Д100** не подвергаются растягивающим усилиям, и каждая из них крепится к блоку всего четырьмя шпильками, для чего в ее верхней части имеется прямоугольный бурт. Средняя часть втулки, наиболее нагруженная в тепловом отношении, закрыта стальной водяной рубашкой охлаждения (сама втулка изготовлена из высокопрочного чугуна). Для увеличения жесткости и площади поверхности охлаждения

втулки ее средняя часть выполнена с продольными или продольно-поперечными усилительными ребрами. Рубашка на ней зафиксирована стопорным кольцом. Уплотнение водяной полости осуществлено четырьмя резиновыми кольцами. Вода подводится к полости охлаждения через два отверстия внизу рубашки, а отводится сверху через одно отверстие. В средней части во втулке и рубашке

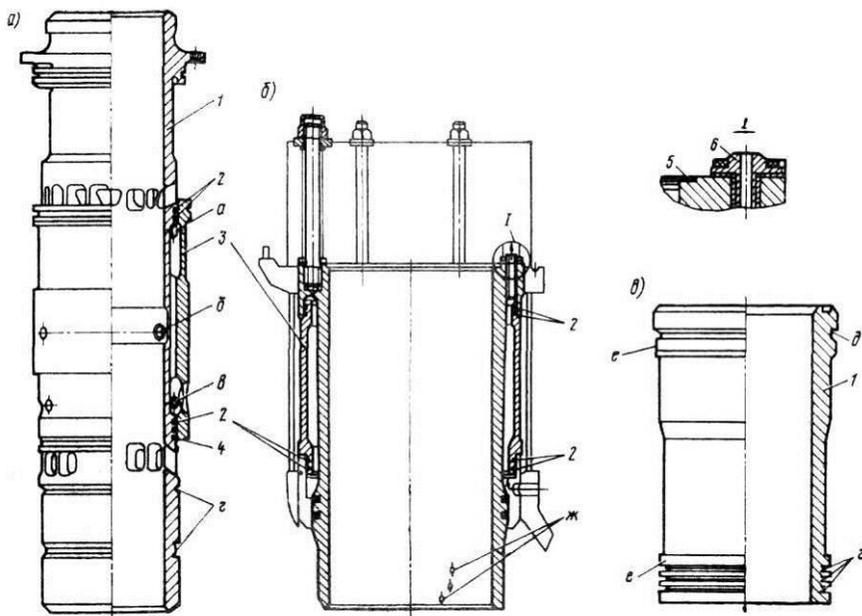


1 – втулка нажимная; 2 – гайки; 3 – шпилька;
4 – фланец; 5 – корпус; 6 – кольцо резиновое;
7 – кольцо медное

Рисунок 2.14 – Адаптер

имеются три отверстия для установки двух форсунок и индикаторного крана. Форсунки и кран вставлены в адаптеры, ввернутые во втулку и уплотненные с помощью резиновых колец (рисунок 2.14). В верхней части втулки по всему периметру выполнено шестнадцать впускных окон, а в нижней – по пять выпускных окон слева и справа. Верхние впускные продувочные окна соединены с левым и правым воздушными коллекторами, а нижние через выпускные коробки сообщаются с выпускными коллекторами. На наружных поверхностях втулки и рубашки выполнены канавки для установки резиновых уплотнительных колец. Верхние кольца предохраняют от просачивания масла в корпус блока, а нижние – от пропуска газов в картер дизеля (рисунок 2.15, а).

Втулки дизеля ПДМ (рисунок 2.15, в) выполнены с некоторым утолщением от середины кверху, так как в верхней части давление газов значительно больше, чем в нижней. Каждая втулка буртом притирается к блоку цилиндров и центрируется в нем поясами. Внизу она уплотняется в блоке тремя резиновыми кольцами. Кольцевой паз в торце бурта втулки служит для установки крышки цилиндра.

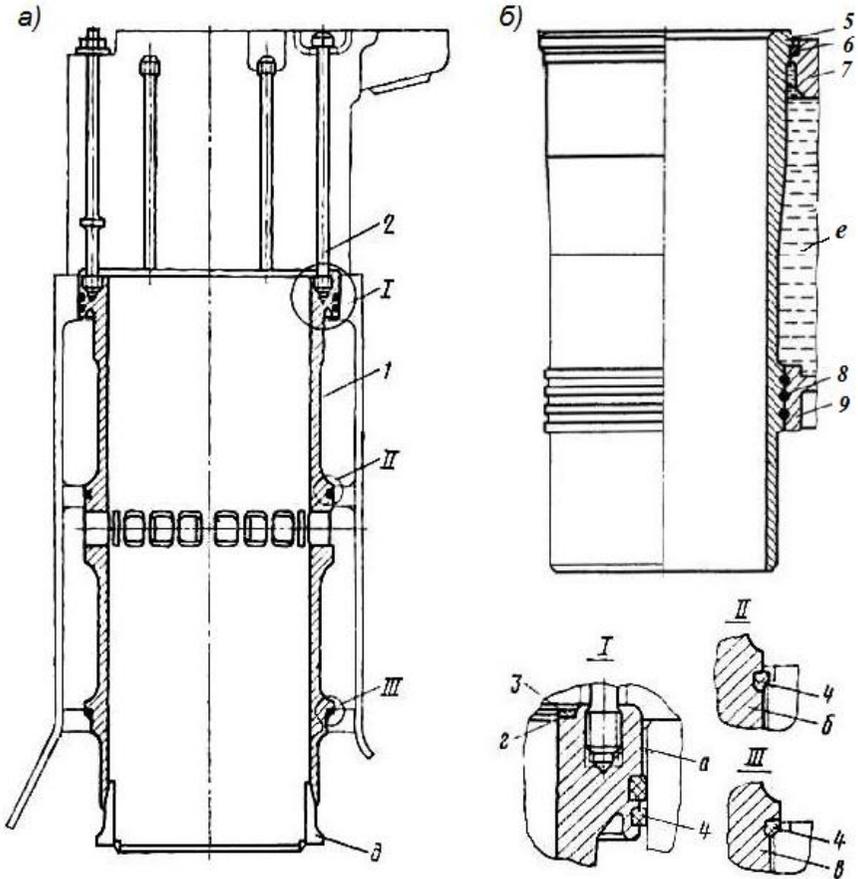


1 – втулка; 2 – резиновые уплотнительные кольца; 3 – рубашка охлаждения цилиндров; 4 – стопорное кольцо; 5 – медное уплотнительное кольцо; 6 – втулка для перетока воды из крышки в охлаждающую полость цилиндра; а, е – отверстия для отвода воды; б – отверстия для адаптера; г – канавки для уплотнительных колец; д – опорный бурт; е – центрирующие пояса;

Рисунок 2.15 – Втулки цилиндров дизелей 10Д100, Д49, ПД1М

Цилиндрическая втулка дизеля **K6S310DR** отлита из высокопрочного чугуна и подвергнута закалке (рисунок 2.16, б). Верхняя ее часть выполнена утолщенной.

Вверху втулка имеет цилиндрический бурт, который входит в выточку горизонтальной плиты блока и удерживает втулку в подвешенном состоянии. Под бурт для уплотнения водяной полости блока ставят кольцо толщиной 1 мм из мягкой отожженной меди. Сверху втулка прижата к блоку



1 – втулка; 2 – шпилька; 3 – прокладка; 4 – кольцо; а – верхний пояс; б – средний пояс; в – нижний пояс; z – канавка; д – вырез; 5 – бурт втулки; 6 – медное уплотнительное кольцо;

7 – горизонтальная плита блока; 8 – резиновое уплотнительное кольцо; 9 – литой пояс;
e – водяная полость блока

Рисунок 2.16 – Втулки цилиндров дизелей 14Д40, K6S310DR

цилиндрической крышкой и фиксируется в нем двумя направляющими поясами – верхним (диаметром 358 мм) и нижним (диаметром 352 мм). Такое крепление позволяет ей в процессе работы менять свою длину из-за изменения температуры. На нижнем поясе проточены три кольцевые канавки для постановки резиновых колец, уплотняющих водяную полость блока.

Снаружи втулку в верхней части покрывают водостойкой грунтовой краской, а в нижней – красной маслястой нитроэмалью.

На верхнем опорном бурте втулки дизеля **14Д40** имеется кольцевая площадка для установки прокладки из мягкой стали, уплотняющей газовый стык между крышкой цилиндра и втулкой (рисунок 2.16, а). На опорной поверхности для лучшего уплотнения прорезаны кольцевые канавки. Втулка скреплена с крышкой цилиндра шестью шпильками. В блоке она фиксируется верхним, средним и нижним опорными поясами. Наружная поверхность втулки между верхним и средним поясами омывается водой. В средней утолщенной части равномерно по окружности расположено восемнадцать продувочных окон. Наружная поверхность втулки между средним и нижним поясами охлаждается наддувочным воздухом. Между опорными поясами блока и втулки для уплотнения установлены кольца повышенной теплоустойчивости, изготовленные из жаропрочной резины. Верхнее кольцо верхнего опорного пояса маркировано белой краской, нижнее кольцо верхнего опорного пояса – без маркировки, а кольца, устанавливаемые в средний и нижний опорные пояса, маркированы желтой краской. Два выреза в нижней части втулки служат для прохода стержня шатуна при работе дизеля, а два отверстия – для крепления приспособления, удерживающего поршень при выемке шатуна.

Втулка дизеля **M756** изготовлена из стали 38ХМЮА. Внутренняя поверхность ее азотируется на глубину 0,35–0,6 мм. На наружной поверхности профрезеровано 30 винтовых канавок под углом 30° к оси втулки. Все канавки выходят в расположенную в верхней части гильзы проточку.

К проточке приварено кольцо с вырезами, образующими арки, каждая из которых сообщает друг с другом две соседние канавки. Кольцо с вырезами необходимо для того, чтобы охлаждающая вода поступала в каждую из винтовых канавок и воздушные пузырьки не скапливались в верхней части, а уносились с водой. С середины 1966 г. выпускаются втулки, на которых вместо колец с вырезами фрезеруются арки, сообщающие две соседние канавки. Над проточкой расположен верхний уплотняющий пояс.

Для предохранения от коррозии поверхность втулки, омываемая

охлаждающей водой, оцинкована; верхний уплотняющий пояс омеднен.

Верхняя часть втулки заканчивается небольшим скругленным буртом. Рубашка охлаждения сидит с натягом 0,230–0,305 мм по верхнему уплотняющему пояску и 0,130–0,205 мм по нижнему пояску втулки. В полости винтовых канавок рубашка сидит на ребрах с натягом в пределах 0,105–0,030 мм.

В нижней части рубашки имеются два наружных кольцевых бурта. Над нижним просверлено 15 отверстий диаметром 8 мм, по которым вода поступает в винтовые канавки, над верхним – 15 отверстий диаметром 5,5 мм, по которым она выходит из канавок.

На наружную поверхность рубашки после ее напрессовки на втулку наносят слой олова толщиной 0,015–0,025 мм. Такое покрытие обеспечивает лучшее прилегание посадочной поверхности к расточке в моноблоке. После запрессовки втулки в нижнюю часть моноблока устанавливают четыре стальных, пять резиновых колец, упорное кольцо, кольцо трапецевидного сечения и ввернутую в резьбу гайку. Такое уплотнение предохраняет от просачивания воды в картер и в то же время фиксирует втулку от осевого перемещения в моноблоке.

Втулка дизеля Д49 (рисунок 2.15, б) подвешена на шпильках к крышке цилиндра. Стык между втулкой и крышкой уплотнен стальным омедненным кольцом. Водяная рубашка сверху уплотнена резиновыми кольцами на втулке, а снизу – кольцами из нержавеющей стали, запрессованными в блок дизеля. Для перетока воды в цилиндрическую крышку сверху в гильзе предусмотрены отверстия с втулками, покрытыми теплоизолирующим слоем и уплотненные паронитовыми прокладками и резиновыми кольцами. Отверстия в нижней части втулки служат для крепления приспособления, удерживающего поршень во втулке цилиндра при подъеме и опускании цилиндрического комплекта.

Крышки цилиндров. Крышки служат для размещения впускных и выпускных клапанов, топливных форсунок и вместе с цилиндрической втулкой и головкой поршня образуют рабочий объем цилиндра. При работе дизеля крышка испытывает высокое давление (до 12 МПа) и большие температурные напряжения, возникающие вследствие неравномерного нагревания и разной толщины отдельных частей. Для снижения температурных напряжений внутренние полости крышки охлаждаются водой.

Крышки цилиндров отливают обычно из высокопрочного чугуна. В них имеются каналы для поступления воздуха к впускным клапанам, для выхода отработавших газов, а также полости для охлаждения днища и газораспределительного тракта.

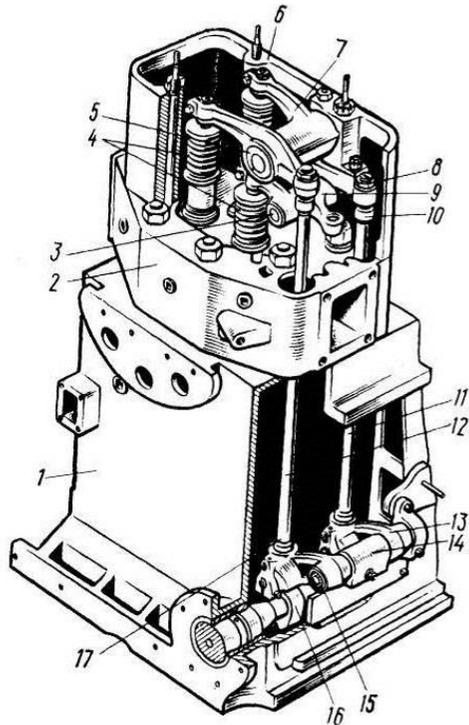
Крышка цилиндра дизеля ПД1М имеет вид восьмигранной коробки с обработанными верхними и нижними плоскостями и двумя боковыми

гранями (рисунок 2.17). Снизу на днище крышки имеется кольцевой бурт, которым она уплотнена на втулке цилиндра. Для увеличения охлаждающей поверхности днища в зоне выпускных клапанов расстояния между отверстиями для них выполнены несколько большими, чем между отверстиями для впускных клапанов. Для направления клапанов в отверстия крышки запрессованы чугунные втулки: длинные – для выпускных, а короткие – для впускных. Сквозные отверстия в крышке служат для прохода штанг толкателей. В центре запрессована стальная втулка для установки форсунки.

По наружному контуру крышки имеется восемь отверстий для прохода шпилек крепления к блоку дизеля. Четыре шпильки служат для крепления клапанной коробки. Внутри проходит канал, идущий от днища к отверстию в приливе на боковой поверхности крышки. В прилив ввернут индикаторный кран.

Крышка охлаждается водой, поступающей от блока дизеля через шесть малых и два больших отверстия. Для распределения потока воды в отверстие, находящееся со стороны воздушного канала, запрессована чугунная втулка с диаметром проходного сечения 35 мм, а в отверстие со стороны выпускного канала – с диаметром 13 мм. Таким образом, основной поток поступает со стороны наименее нагретой части крышки. Омывая дно и стенки, она поднимается вверх, равномерно охлаждая крышку, и через отверстие попадает в вертикальный патрубок водяного коллектора.

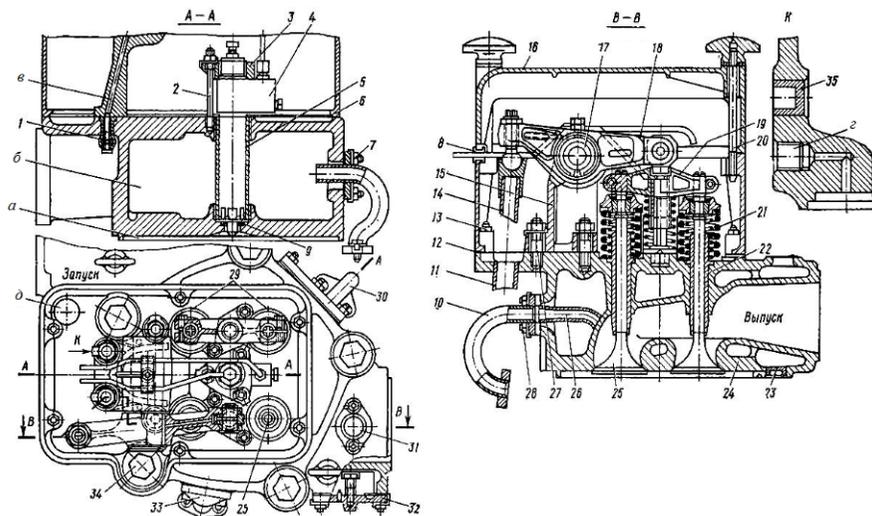
На каждом цилиндре дизеля



1 – блок дизеля; 2 – крышка цилиндра; 3, 5 – оси рычагов впускных и выпускных клапанов; 4 – пружины впускного и выпускного клапанов; 6 – клапанная коробка; 7, 9 – рычаги впускных и выпускных клапанов; 8 – толкатель; 10 – верхняя головка штанги; 11, 12 – штанги рычагов впускного и выпускного клапанов; 13 – рычаг толкателя клапанов; 14 – кронштейн; 15 – ось рычага толкателя; 16 – кулачок распределительного вала; 17 – нижняя головка штанги

Рисунок 2.17 – Крышка цилиндра и привод клапанов дизеля ПДММ

К6S310DR установлена крышка из чугуна, снабженная двумя впускными и двумя выпускными клапанами, а также одной форсункой (рисунок 2.18). Клапана установлены в запрессованные в крышку направляющие. Каждый клапан снабжен двумя пружинами. Одно коромысло действует через поперечину на два впускных, второе при помощи следующей поперечины управляет двумя выпускными клапанами. Каждая крышка охлаждается водой, подводимой из картера через три переходных трубки. Крышки закрыты двойными кожухами, предохраняющими от утечки масла и загрязнений.



- 1 – штуцер подвода масла; 2 – шпилька крепления форсунки; 3 – фланец; 4 – форсунка;
 5 – гильза форсунки; 6 – кожух; 7, 28 – шпильки; 8 – уплотнение; 9, 12 – прокладки;
 10 – патрубок; 11 – кожух штанги толкателей; 13 – шпилька; 14 – штанга толкателя; 15 – стойка рычагов;
 16 – крышка кожуха; 17 – ось; 18 – коромысло; 19 – траверса; 20 – болт крепления крышки кожуха;
 21 – пружина клапана; 22 – направляющая втулка клапана; 23, 35 – пробки;
 24 – корпус крышки; 25 – клапан выпускной; 26 – трубка водоподводящая; 27 – шпилька крепления стойки;
 29 – клапан впускной; 30, 33 – патрубки водоперепускные; 31 – патрубок отвода воды;
 32 – крышка; 34 – шпилька крепления крышки; а – кольцевая выточка; б – полость охлаждения;
 в – отверстие подвода масла; г – отверстие индикаторного крана; д – отверстие для прохода штанги толкателей

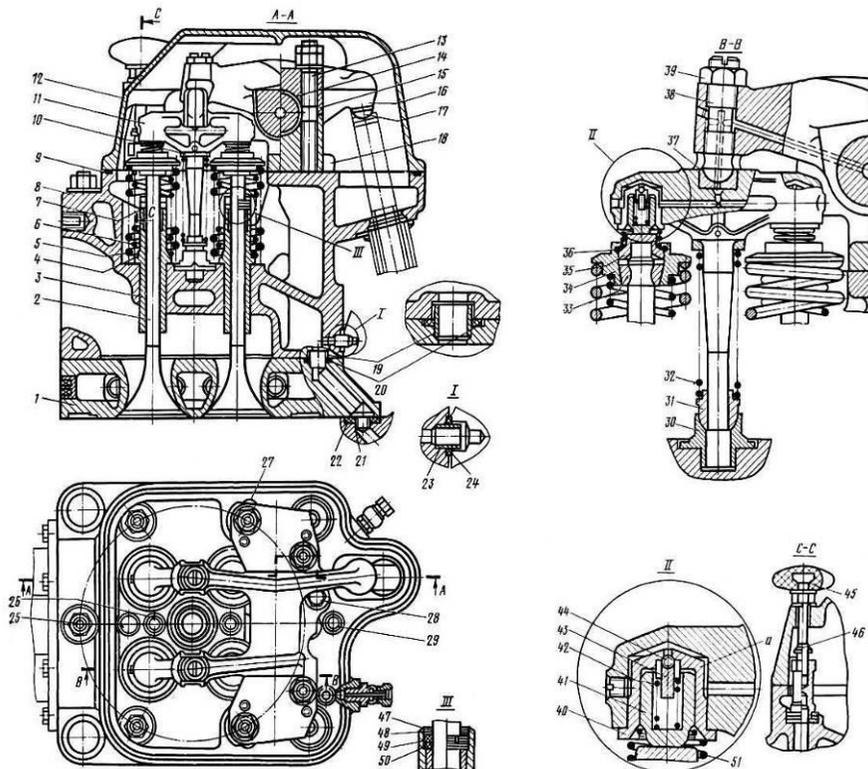
Рисунок 2.18 – Крышка цилиндра дизеля К6S310DR

Каждая цилиндровая крышка пятью шпильками крепится на верхней горизонтальной плите блока дизеля.

Крышка цилиндра дизеля **14Д40** (рисунок 2.19) состоит из чугунного днища и алюминиевого корпуса. Днище с корпусом скрепляются двумя шпильками, служащими одновременно для крепления форсунки, шестью

шпильками, скрепляющими крышку и втулку цилиндра, и четырьмя шпильками, крепящими крышку цилиндра к блоку. В нижней части днища имеется кольцевая канавка для уплотнения газового стыка между крышкой и втулкой цилиндра.

В крышке размещаются форсунка и четыре выпускных клапана. Для их направления в крышку запрессованы четыре чугунные направляющие с бронзовыми уплотнительными втулками.



- 1 – днище; 2 – выпускной клапан; 3 – чугунная втулка; 4, 34 – тарелки;
 5, 6, 32, 42, 51 – пружины; 7 – уплотнительная втулка; 8 – крышка; 9 – резиновая прокладка;
 10 – шайба; 11 – траверса; 12 – колпак; 13, 25, 26 – шпильки; 14 – втулка подшипника;
 15, 18, 29 – стойки; 16 – рычаг; 17 – головка; 19, 21, 23 – трубки; 20, 22, 24 – резиновые
 уплотнительные кольца; 27 – переходная гайка; 28 – болт; 30 – гнездо; 31 – направляющая
 втулка; 33 – разрезной сухарь; 35 – колпачок; 36 – пружинное кольцо; 37 – сухарь; 38 –
 нажимной болт; 39 – контрагайка; 40 – втулка гидротолкателя; 41 – толкатель; 43 – упор; 44 –
 шарик;
 45 – маховичок; 46 – винт; 47 – упругое кольцо; 48 – кольцо; 49, 50 – уплотнительные кольца;
 а – полость гидротолкателя

Рисунок 2.19 – Крышка цилиндра дизеля 14Д40

В верхней части крышки имеется полость для сбора масла, из которой оно сливается в лоток, а затем в картер дизеля. Стык между приливом днища и приливом лотка уплотняется кольцом, насаженным на трубку. В стыке между днищем и крышкой в отверстия для перетока воды установлены резиновые кольца и трубки. Вода перетекает из блока в днище через восемь отверстий. Далее она через два отверстия перетекает в крышку, а затем через два отверстия – в водяные коробки выпускных коллекторов и в трубопровод системы охлаждения.

Сверху к крышке четырьмя шпильками крепится стойка. Две из этих шпилек ввертываются в крышку, две другие – в переходные гайки, крепящие крышку к втулке цилиндра. Сверху на крышке установлен колпак с прокладкой из маслостойкой резины.

Верхнюю часть камеры сгорания дизеля **М756** образует головка моноблока, состоящая из нижней плиты, боковых стенок, верхней стенки корытообразного профиля, а также впускных и выпускных патрубков. В отверстия бобышек, влитых в верхнюю стенку головки и в стенки впускных и выпускных патрубков, запрессованы с натягом бронзовые направляющие втулки клапанов. Направляющие выпускных клапанов на 3 мм длиннее, чем впускных. В верхней части направляющих проточены канавки для смазки штоков клапанов.

Каждый цилиндр имеет два впускных и два выпускных клапана. Их посадка на седло обеспечивается тремя пружинами.

Между верхней стенкой и плитой головки прилит стакан для установки форсунки. Форсунка крепится двумя шпильками через накладку. В верхней части головки моноблока расположены два распределительных вала. Каждый вал лежит на семи подшипниках, из которых пять одинаковых опорных, один концевой, а передний упорный общий на два вала.

Сверху к головке моноблока болтами крепится алюминиевая крышка. Разъем между крышкой и головкой уплотнен паронитовой прокладкой. На торце крышки правого блока со стороны носка отбора мощности установлен кронштейн привода датчика электротахометра.

Литая крышка цилиндра дизеля **Д49** (рисунок 2.20) изготовлена из высокопрочного чугуна. Днище крышки в области между клапанами и отверстием под форсунку имеет меньшую толщину, что обеспечивает лучшее охлаждение, более равномерный нагрев и снижение уровня термических напряжений. В крышке установлено по два впускных и выпускных клапана, а также форсунка и индикаторный кран. Штоки клапанов хромируются. В местах посадки выпускных клапанов в крышке установлены плавающие вставные седла, закрепленные пружинными кольцами. Седла и кольца изготовлены из жаропрочной стали. Каждая пара

клапанов открывается одним рычагом через гидротолкатели, ликвидирующие зазор между рычагом и клапаном и тем самым снижают шум при работе дизеля.

Направляющие втулки клапанов изготовлены из чугуна. Для уменьшения прохода масла в камеру сгорания в верхней части втулок установлены фторопластовые кольца. Каждый клапан удерживается в закрытом состоянии двумя пружинами, расположенными между верхними и нижними удерживающими тарелками. Верхние тарелки удерживаются на штоке клапанов с помощью двух разрезных сухарей.

- 1 – полость водяная; 2 – канал для выпуска газов; 3 – направляющая втулка клапана; 4, 19 – шпильки; 5 – отверстие для отвода воды; 6 – клапанная коробка; 7 – тарелка нижняя; 8 – пружина клапана; 9 – уплотнительное кольцо; 10 – тарелка верхняя; 11 – сухарь; 12 – колпачок; 13 – упор гидротолкателя; 14 – гидротолкатель; 15 – рычаг привода клапанов; 16 – пята; 17 – крышка; 18 – ось; 20 – канал для впуска воздуха; 21 – клапан впускной; 22 – седло выпускного клапана; 23 – клапан выпускной;

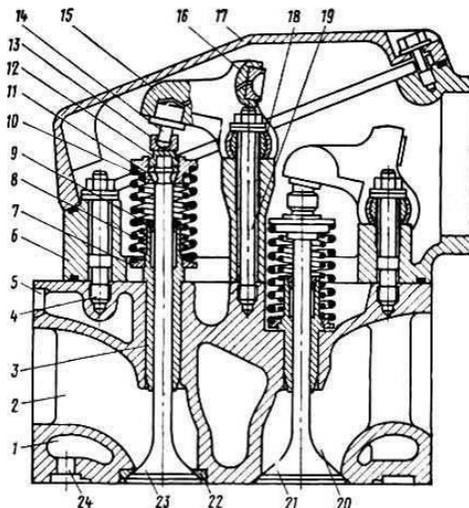


Рисунок 2.20 – Крышка цилиндра дизеля Д49

Клапанный механизм смазывается разбрызгиванием масла, поступающего из лотка дизеля. Из крышки по отверстию в лотке и трубке в блоке дизеля масло стекает в картер.

Вкладыши коренных подшипников коленчатого вала. Вкладыши коренных подшипников бывают:

- толстостенными (у дизелей 10Д100);
- тонкостенными (у дизелей ПД1М, К6S310DR, 14Д40, 11Д45 и Д49).

Тонкостенные вкладыши, имеющие меньшие размеры и массу, более экономичны для серийного производства и позволяют обеспечить взаимозаменяемость при сборке и ремонте без пришабровки. Благодаря постановке тонкостенных вкладышей в постели подшипника с некоторым натягом достигается необходимая плотность их прилегания.

Толстостенные вкладыши коренных подшипников дизеля **10Д100**

выполнены из бронзы и залиты слоем свинцовистого баббита БК-2 толщиной 0,5–0,7 мм. Толщина новых вкладышей 19 мм. Необходимость применения толстостенных вкладышей на данном дизеле вызвана тем, что постели под вкладыши верхнего коленчатого вала в средней части сужены (для снятия цилиндрических втулок с блока), что это значительно уменьшает опорную поверхность. В этих условиях только толстостенные вкладыши обеспечивают необходимую жесткость опоры.

В зависимости от нагрузки, воспринимаемой вкладышами дизеля 10Д100, их делят на *рабочие* и *нерабочие*. Основную нагрузку от давления газов и сил инерции несут рабочие (или бесканавочные) вкладыши, расположенные в крышках подшипников нижнего и верхнего коленчатых валов. Рабочие вкладыши подшипников верхнего вала по наружной поверхности имеют канавку, сообщающуюся по концам с внутренней поверхностью двумя отверстиями. Масло из маслоподводящего канала в крышке подшипника поступает сверху в канавку вкладыша и далее, по отверстиям – в маслозахватывающие карманы, откуда увлекается вращающимся валом на шейку подшипника. Карманы у торцов вкладышей выполнены с плавным переходом поверхности для обеспечения “масляного клина” при вращении шейки.

Рабочие вкладыши подшипников нижнего вала смазываются маслом, попадающим в их карманы по канавке от верхних нерабочих вкладышей. Отсутствие канавки у рабочего вкладыша подшипника создает более благоприятную эпюру давления масла в смазочном слое.

Нерабочие (канавочные) вкладыши, уложенные в постели блока, выполнены одинаковыми для нижнего и верхнего валов. Они в середине имеют отверстие и канавку по всей полуокружности внутренней поверхности, служащие для подвода масла от масляного канала коленчатого вала.

Вкладыши подшипников по толщине изготавливают по градационным размерам с интервалом между градациями 0,25 мм. Всего градаций семь. Толщина вкладыша нулевого градационного размера 19 мм.

Вкладыши от проворота и осевого смещения фиксируют штифтами. Одиннадцатые подшипники нижнего и верхнего валов являются упорными. Они отличаются от опорных наличием по торцам нерабочих вкладышей буртов, которыми вкладыши охватывают опоры подшипников. К буртам по отверстиям и канавкам подводится масло.

Коренные подшипники дизеля ПД1М (рисунок 2.21) состоят из двух одинаковых бронзовых канавочных вкладышей, крышки, установленной на шпильках на раме дизеля, и трубки, подводящей масло к подшипнику. Вкладыши установлены с натягом 0,26 мм. От осевого смещения они

фиксируются выступами, входящими в пазы постелей рамы и крышек. По толщине вкладыши изготавливают по десяти градационным размерам. Толщина вкладыша нулевого градационного размера 7,5 мм, десятого – 10 мм Толщина баббитовой заливки 0,75 мм.

Вкладыши подшипников отличаются по ширине. У четвертого она равна 179 мм, у седьмого – 208 мм, а у остальных – 146 мм. Вкладыши седьмого подшипника имеют бурты, которые ограничивают осевое перемещение вала. Рабочие поверхности буртов также залиты баббитом.

Коренной подшипник коленчатого вала дизеля **K6S310DR** состоит из постели в утолщенной отливке поперечной перегородки, крышки и двух установленных в ней вкладышей – нижнего и верхнего (рисунок 2.22). Шесть коренных подшипников коленчатого вала являются опорными, а седьмой – опорно-упорным. Вкладыши коренных подшипников представляют собой стальные полуцилиндры толщиной 9,9 мм с бронзовой заливкой, на внутреннюю поверхность которой гальваническим путем нанесен слой чистого свинца толщиной 0,02 мм, а затем – олова толщиной 0,002 мм.

- 1 – опора вкладыша;
- 2 – вкладыши опорных подшипников; 3 – крышка; 4 – шпилька крепления крышки; 5 – вкладыш опорно-упорного подшипника; а – отверстие подвода масла; б – холодильник; в – канавка кольцевая; г – отверстие; д – выступ

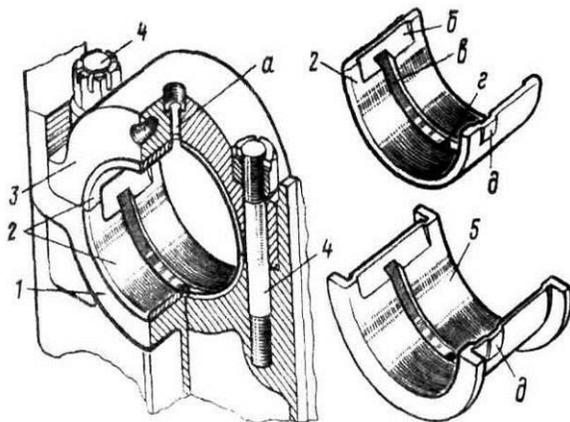
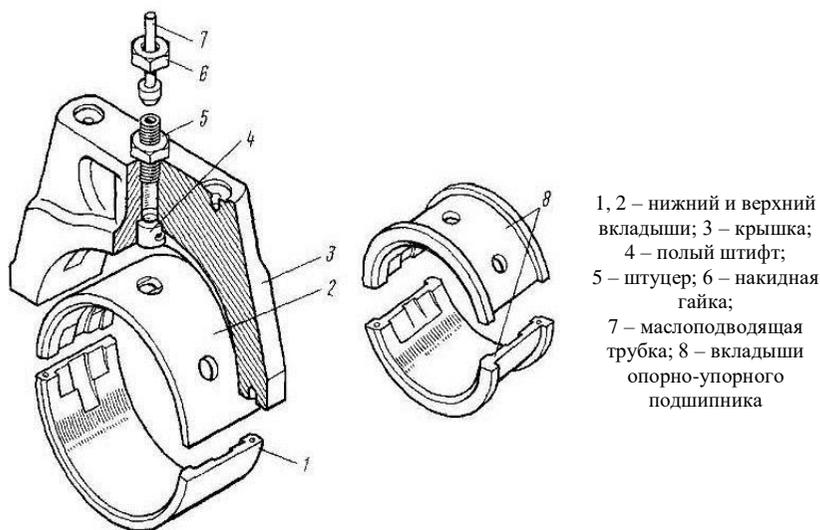


Рисунок 2.21 – Коренные подшипники коленчатого вала дизеля ПД1М



- 1, 2 – нижний и верхний вкладыши; 3 – крышка;
 4 – полый штифт;
 5 – штуцер; 6 – накидная гайка;
 7 – маслоподводящая трубка; 8 – вкладыши опорно-упорного подшипника

Рисунок 2.22 – Коренные подшипники коленчатого вала дизеля К6S310DR

Крышки коренных подшипников устанавливаются на свои места в картере двумя нажимными винтами с гайками, которые, упираясь сферическими поверхностями в бонки вертикальной перегородки блока цилиндров, прижимают крышку к опоре картера.

Каждый коренной подшипник дизеля **14Д40** состоит из верхнего и нижнего стальных вкладышей, залитых тонким слоем свинцовистой бронзы. Верхний и нижний вкладыши невзаимозаменяемые. В отличие от нижнего, верхний вкладыш на рабочей поверхности имеет широкую кольцевую канавку и три отверстия, через которые поступает масло для смазки и охлаждения. Для лучшей приработки вкладышей к коленчатому валу на свинцовистую бронзу наносится слой свинцовистого сплава толщиной 0,020–0,025 мм. Четвертый коренной подшипник, наиболее нагруженный, отличается от остальных большей шириной. Верхние вкладыши монтируются в поперечных стойках блока, а нижние – в подвесках. Положение верхних и нижних вкладышей фиксируется замками, входящими в углубления на подвесках и стойках. Прилегание вкладышей к постелям всей поверхностью обеспечивается установкой их с натягом и обжимом болтами подвесок.

Вкладыши коренных подшипников дизеля **M756** изготовлены из стали. Внутренние поверхности их залиты свинцовистой бронзой. Через кольцевую канавку на наружной поверхности вкладыша с радиально просверленными отверстиями масло из нагнетающей магистрали по сверлениям в подвесках подается на рабочую поверхность вкладыша. Два радиальных отверстия

расположены в верхней половине вкладыша, а два – по стыку половин.

Верхняя половина вкладыша устанавливается в гнездо верхнего картера, а нижняя – в подвеску. Вкладыш ставят с натягом по наружному диаметру и фиксируют от проворачивания и осевого смещения штифтами, запрессованными в верхнем картере и подвеске. Внутренняя поверхность вкладыша выполнена гиперболической для равномерного распределения напряжений по всей длине.

Коренные подшипники коленчатого вала дизеля **Д49** имеют тонкостенные стальные вкладыши, залитые тонким слоем свинцовистой бронзы, на которую лужением нанесен приработочный слой свинцовистого сплава. Верхний вкладыш на внутренней поверхности имеет канавку, которая через отверстия сообщается с маслоподводящей канавкой в стойке блока цилиндров. Нижний вкладыш является бесканавочным и имеет около стыка карманы для захвата и равномерного распределения масла по трущимся поверхностям. Вкладыши устанавливают в опорах с натягом, обеспечиваемым за счет выступания одного торца нижнего и верхнего вкладышей над плоскостью разъема подшипника на 0,22–0,26 мм. Дополнительно вкладыш фиксируется штифтом, запрессованным в подвеску блока. Упорный подшипник состоит из стальных полуколец, прикрепленных винтами к девятой стойке и подвеске блока. Опорная поверхность полуколец покрыта слоем бронзы.

3 КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ

Кривошипно-шатунный механизм двигателя преобразовывает возвратно-поступательное движение поршней во вращательное движение коленчатого вала. Основные детали механизма – коленчатые валы, поршни, шатуны. Конструктивное исполнение кривошипно-шатунного механизма зависит от конструкции двигателя, числа и расположения цилиндров.

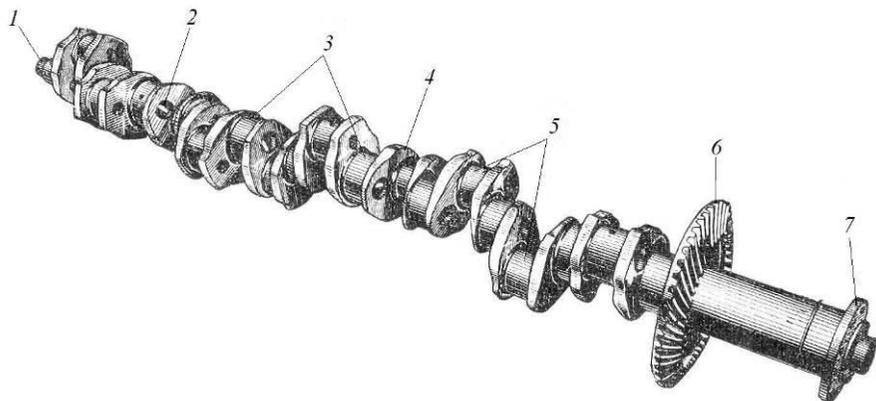
Коленчатый вал – одна из наиболее нагруженных частей дизельного двигателя. Испытывает значительные усилия от давления газов, передающиеся шатунно-поршневым механизмом, от сил инерции поступательно и вращательно движущихся масс, а также усилия и моменты, возникающие вследствие крутильных колебаний. Коленчатые валы дизелей изготавливают из стали и чугуна: стальные свободной ковкой с последующей механической обработкой или горячей штамповкой, а чугунные отливают из модифицированного чугуна.

Стальные валы более надежны в эксплуатации, чем чугунные, но трудоемки в изготовлении. Поэтому на тепловозных дизелях наибольшее распространение получили литые валы, изготовленные из модифицированного чугуна (дизели типа 10Д100, Д49). За счет уменьшения отходов при их изготовлении затрачивается в три раза меньше металла, чем

при изготовлении стальных валов. Литье коленчатых валов позволяет с наименьшими затратами получить приемлемую форму шеек кривошипов, а также рациональное распределение металла за счет выполнения коренных и шатунных шеек пустотелыми, что уменьшает массу валов при сохранении прочности. В стальных валах (ПД1М) внутренние полости образованы сверлением. Для повышения прочности галтели коренных и шатунных шеек валов специально упрочняют накаткой роликами.

Коленчатые валы дизеля **10Д100** (нижний и верхний) по конструкции и размерам шеек одинаковы. Отличаются они лишь концевыми частями. Валы имеют по двенадцать коренных и десять шатунных шеек, кривошипы которых смещены каждый относительно друг друга на 36° в соответствии с порядком работы цилиндров (рисунок 3.1). Поверхности трения шатунных шеек соединены с поверхностями смежных коренных шеек двумя косыми каналами, по которым масло поступает к шатунным подшипникам в двух противоположных точках, обеспечивая смазывание вкладышей, а также охлаждение поршней. Одиннадцатая шатунная шейка служит для установки опорно-упорного подшипника. Упором для подшипника является фланец, на обоих валах служащий одновременно для крепления конической шестерни вертикальной передачи. К верхнему валу на болтах крепится ведущий фланец со шлицами для привода редуктора воздухонагнетателя второй ступени. Устанавливаемая с другой стороны шестерня служит для привода валов топливных насосов высокого давления.

К заднему фланцу нижнего вала прикреплен ведущий диск дизель-генераторной муфты. Направляющим кольцевым буртом вал центрируется в обойме на валу якоря тягового генератора. В передней части нижнего коленчатого вала установлен антивибратор.



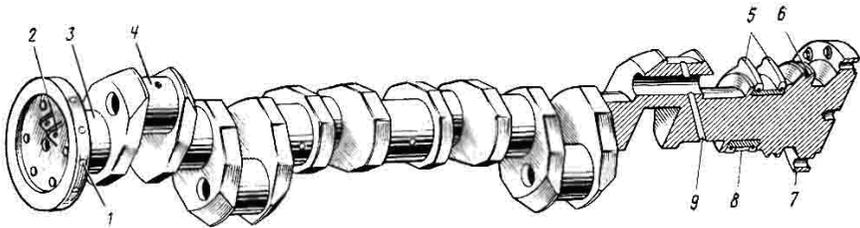
1 – шпилька крепления вилки кардана; 2 – масляная трубка; 3 – коренные шейки; 4 – щека кривошипа; 5 – шатунные шейки; 6 – большая коническая шестерня вертикальной передачи; 7 – фланец крепления пластинчатой муфты генератора

Рисунок 3.1 – Нижний коленчатый вал дизеля 10Д100

Коленчатый вал дизеля ПД1М (рисунок 3.2) изготавливается ковкой из стали 40. Кривошипы шатунных шеек вала повернуты один относительно другого на 120°. Коренные шейки четвертого и седьмого коренных подшипников шире остальных. Четвертая шейка воспринимает нагрузку от двух цилиндров – третьего и четвертого. Седьмая же шейка воспринимает часть массы якоря тягового генератора и является упорной. Она заканчивается буртом, удерживающим коленчатый вал от осевых смещений.

Для уменьшения массы в шатунных шейках вала высверлены каналы. Коренные шейки сплошные. Для подвода масла от коренных шеек к шатунным используются наклонные каналы с вставленными в них трубками. На заднем конце вала имеется фланец для присоединения к якорю тягового генератора. Между фланцем отбора мощности и седьмой коренной шейкой установлена разъемная шестерня со спиральными зубьями, передающая вращение распределительному валу, а также топливному и водяному насосам.

На переднем конце вала болтами крепится валоповоротный диск, имеющий по наружной цилиндрической поверхности двенадцать глухих отверстий для установки рычага проворота коленчатого вала. Внешний торец диска имеет два выштампованных ушка со сменными кулачками, служащими водилом поводка вала масляного насоса и шкива привода вентилятора охлаждающего устройства.



1 – валоповоротный диск; 2 – ушки; 3 – коренная шейка; 4 – шатунная шейка; 5 – бугель крепления шестерни; 6 – маслоотбойный бурт; 7 – фланец; 8 – шестерня; 9 – канал для прохода масла

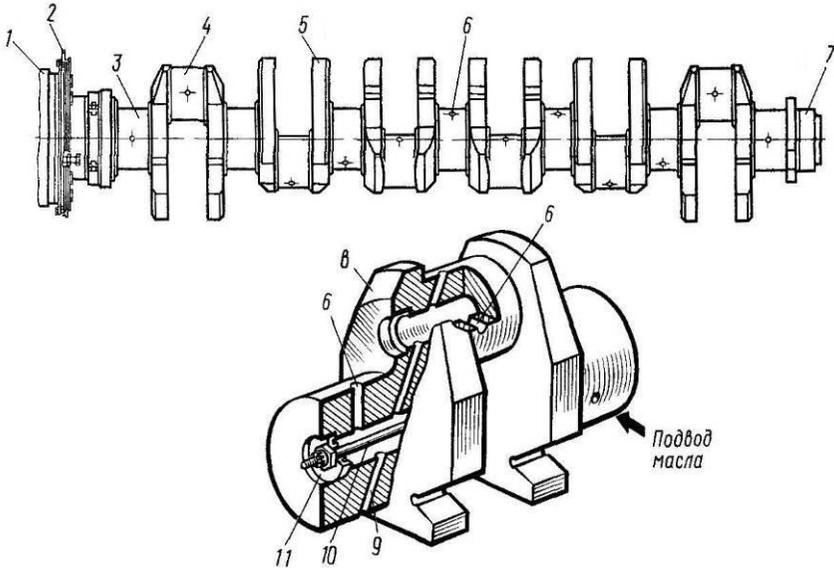
Рисунок 3.2 – Коленчатый вал дизеля ПД1М

Коленчатый вал дизеля **K6S310DR** (рисунок 3.3) откован из высококачественной стали и имеет шесть кривошипов радиусом 180 мм, оборудованных противовесами и расположенных в трех плоскостях под углом 120° друг к другу. За упорным буртом седьмой коренной шейки установлена косозубая разъемная шестерня, передающая вращение кулачковому распределительному валу. Шатунные диаметром 210 мм и коренные диаметром 240 мм шейки коленчатого вала изготовлены полыми. Полости шеек, кроме седьмой коренной, соединены каналами и закрыты с торцов крышками, стянутыми болтами.

Задний фланец прикреплен к фланцу вала якоря тягового генератора двенадцатью болтами и зафиксирован контрольным штифтом. На внутренней выточке фланца установлен лабиринт, препятствующий проникновению масла из картера в полость тягового генератора.

К переднему фланцу присоединен маятниковой антивибратор, а к торцу коленчатого вала прикреплена ведущая шестерня привода топливных насосов и вал отбора мощности.

На дизеле **14Д40** установлен литой коленчатый вал из чугуна с пустотелыми азотированными шейками. Щеки, внутренние полости коренных и шатунных шеек механически не обрабатывают, а после очистки покрывают маслостойкой краской. Коленчатый вал имеет шесть шатунных и восемь коренных шеек. Четвертая коренная шейка как наиболее нагруженная отличается от остальных увеличенной длиной. Кривошипы коленчатого вала в соответствии с порядком работы цилиндров развернуты по окружности на угол 60° . Со стороны привода водяных и масляных насосов вал имеет конус, на который насаживается антивибратор.



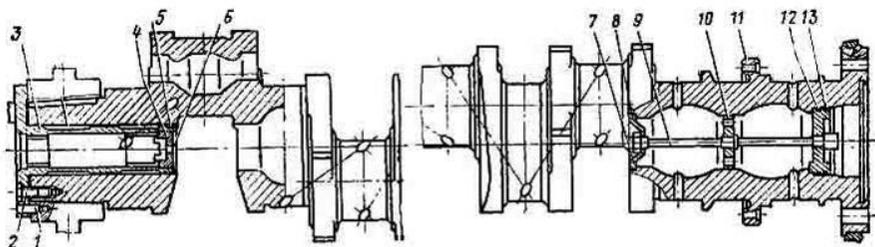
1 – якорь тягового генератора; 2 – привод распределительного вала; 3 – коренная шейка; 4 – шатунная шейка; 5 – противовес; 6 – отверстие подвода масла; 7 – фланец крепления antivибратора; 8 – щека; 9 – масляный канал; 10 – шпилька; 11 – крышка

Рисунок 3.3 – Коленчатый вал дизеля K6S310DR

В отверстии первой коренной шейки и конусного участка вала установлена шлицевая втулка, фланец которой крепится к торцу коленчатого вала болтами. Положение втулки фиксируется контрольными штифтами, запрессованными во фланец и ступицу antivибратора. Для уплотнения масляной полости первой коренной шейки установлены резиновые кольца. Из этой полости масло через канавки в шлицевой втулке и радиальные каналы в конусе вала поступает на трущиеся поверхности antivибратора. Масло для смазки шлицев торсионного вала привода редуктора поступает через отверстие в заглушке, установленной в хвостовике шлицевой втулки.

Все шейки вала имеют наклонные отверстия, по которым масло из коренных подшипников поступает к шатунным, минуя внутренние полости шеек вала. В первой коренной шейке, кроме наклонного, имеется радиальное отверстие, по которому масло из коренного подшипника поступает и во внутреннюю полость этой шейки. В седьмой коренной шейке имеются радиальные каналы, по которым масло поступает во внутреннюю полость вала, а затем по отверстиям в восьмой шейке – к коренному

подшипнику. Для уплотнения масляной полости со стороны фланца отбора мощности установлены крышки с прокладками (рисунок 3.4).



1 – штифт; 2 – болт; 3 – шлицевая втулка; 4 – заглушка; 5 – уплотнительное кольцо;
6 – стопорное кольцо; 7, 12 – крышки; 8, 13 – прокладки; 9 – связь; 10 – кольцо; 11 – фланец

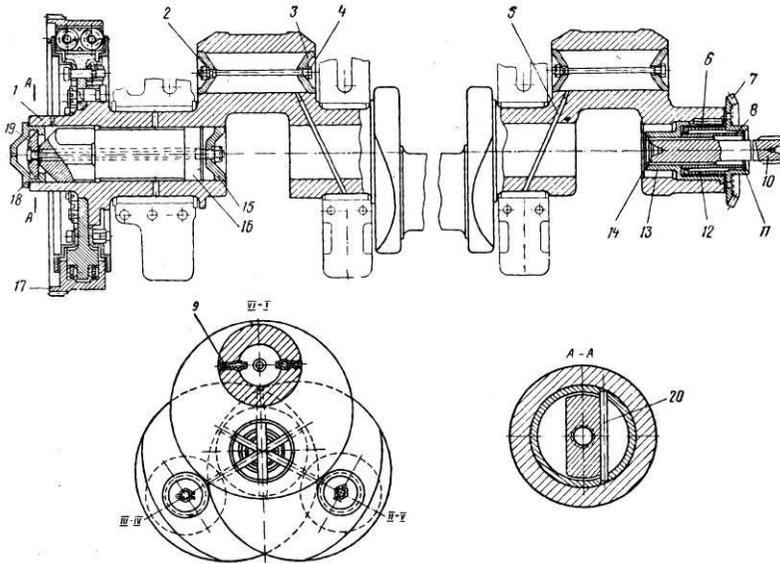
Рисунок 3.4 – Коленчатый вал дизеля 14Д40

Между седьмой и восьмой коренными шейками имеются приливы, поверхности которых ограничивают осевое перемещение коленчатого вала между упорными кольцами, закрепленными в блоке цилиндров, а также фланец, к которому крепится разъемная шестерня привода распределительного вала. На фланце отбора мощности установлено уплотнительное кольцо, закрепленное винтами. Наружная поверхность кольца имеет градуировку с отметками верхних мертвых точек цилиндров.

Коленчатый вал дизеля **М756** (рисунок 3.5) изготовлен из стали и азотирован по всей поверхности на глубину 0,25–0,40 мм. Семь коренных и шесть шатунных шеек образуют шесть кривошипов, которые попарно расположены в трех плоскостях под углом 120°. Четыре коренные шейки: вторая, третья, пятая и шестая – имеют одинаковую длину, четвертая и седьмая – длиннее их, а первая – короче. Все шейки вала пустотелые. Во вторую, третью, пятую и шестую коренные шейки запрессованы медные трубки, по которым масло из коренных подшипников поступает во внутренние полости шатунных шеек, закрытых дюралюминиевыми заглушками, стянутыми болтами. В каждую шатунную шейку завальцованы две медные трубки, через которые масло подводится к шатунным подшипникам. Из коренных шеек маслом заполнена только седьмая, из которой оно через отверстия в заглушке и траверсе поступает в носок дизеля. Для уменьшения объема масляной полости в седьмой шейке находится специальный поплавок.

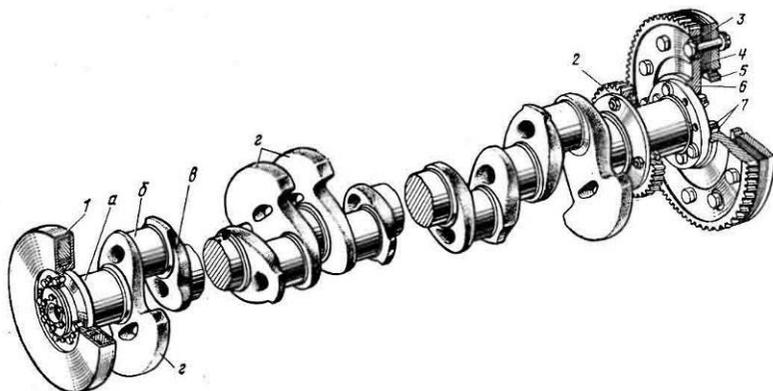
В первую коренную шейку запрессован и закреплен десятью цилиндрическими шпонками хвостовик, соединенный с приводом нагнетателя.

Для уменьшения внутренних изгибающих моментов, а также нагруженности коренных подшипников, на первой, восьмой, девятой и шестнадцатой щеках коленчатого вала дизеля Д49 имеются противовесы (рисунок 3.6). Девятая коренная шейка является упорной. Ее бурты ограничивают осевое перемещение вала.



- 1 – коленчатый вал; 2 – кольцо уплотнительное; 3, 15, 18 – заглушки; 4 – стяжной болт;
 5, 9 – медные трубки; 6 – шпонка цилиндрическая; 7 – центральная шестерня; 8 – поводок;
 10 – рессора; 11, 14 – замковые кольца; 12 – бронзовая втулка; 13 – хвостовик; 16 – поплавок;
 17 – амортизатор; 19 – траверса; 20 – штифт

Рисунок 3.5 – Коленчатый вал дизеля М756



1 – антивибратор; 2 – шестерня; 3 – сухарь; 4 – пакет пластин; 5, 6 – диски дизель-генераторной муфты; 7 – направляющие кольца; а – коренная шейка; б – шатунная шейка; в – щека; з – противовесы

Рисунок 3.6 – Коленчатый вал дизеля Д49

В переднем торце вала установлена втулка со шлицами, которая передает вращение шестерням привода водяных и масляного насосов. Шестерня, установленная между девятой и десятой коренными шейками, приводит во вращение шестерни привода распределительного вала. Масло к шатунным подшипникам поступает через отверстия в шейках вала.

К переднему фланцу коленчатого вала на болтах крепится антивибратор. К заднему фланцу также на болтах крепится зубчатый диск валоповоротного механизма с дизель-генераторной муфтой. Полость в торце вала закрыта заглушкой с резиновыми уплотнительными кольцами.

Шатуны. Шатуны передают усилия от поршней к коленчатому валу и испытывают при этом значительные переменные нагрузки от давления газов и сил инерции. Стержни шатунов обычно имеют двутавровое сечение и изготавливаются штамповкой из высококачественной легированной стали. Дополнительно их поверхность упрочняется дробеструйной обработкой. В V-образных дизелях применяются шатуны либо с прицепным сочленением главного и прицепного шатунов, либо с центральным сочленением центрального и вильчатого шатунов.

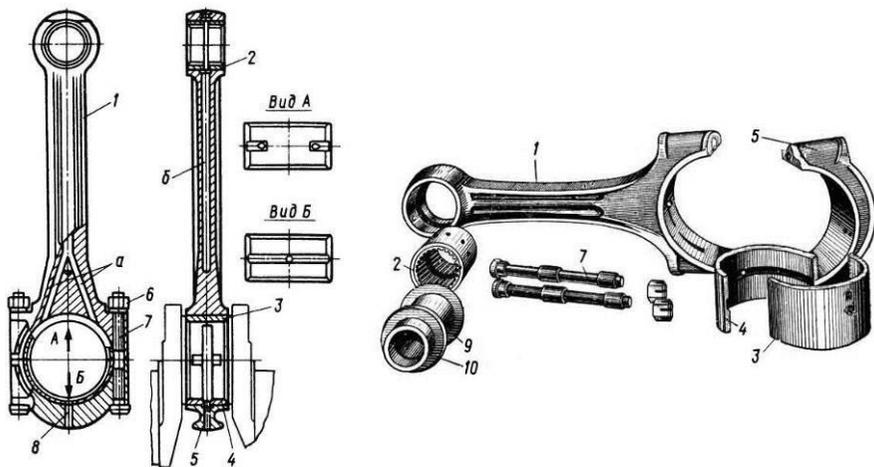
Шатуны дизелей имеют две головки: верхнюю, поршневую, для соединения с поршневым пальцем, и нижнюю, кривошипную, для соединения с шейкой коленчатого вала. В стержне шатуна имеется канал для подвода масла к поршневому пальцу.

Нижняя головка шатуна разъемная. Крышка нижней головки крепится к стержню болтами из хромоникелевой стали. В средней части болты имеют пояски для центровки шатуна и крышки. Головки их круглые с лысками для удержания от проворачивания при затяжке.

В верхнюю головку шатуна запрессована втулка, служащая подшипником для поршневого пальца. У дизеля ПД1М втулка целиком бронзовая, а у дизелей типа Д100 она состоит из двух неразъемных втулок – наружной стальной и внутренней бронзовой. У внутренней втулки по всей поверхности прорезаны наклонные канавки для равномерного распределения масла по поверхности пальца.

Шатунный подшипник нижней головки шатуна состоит из двух бронзовых вкладышей, залитых слоем баббита толщиной 0,5–0,7 мм. Около стыков вкладышей с одной и другой стороны профрезерованы холодильники для создания масляного клина. Вкладыши шатунных подшипников дизеля **10Д100** невзаимозаменяемы. Вкладыш, устанавливаемый в расточку корпуса шатуна, является наиболее нагруженным и называется *рабочим* бесканавочным вкладышем. Его внутренняя поверхность не имеет канавки. По среднему сечению вкладыша с обоих концов профрезерованы карманы с отверстиями, соединяющиеся с косыми каналами маслопровода шатуна.

Вкладыш, располагающийся в крышке шатуна имеет кольцевую канавку и называется *нерабочим*. В центре его канавки просверлено отверстие. На дизелях типа 10Д100 менее нагруженный (нерабочий) вкладыш является взаимозаменяемым с вкладышами дизеля 2Д100 (рисунок 3.7).



1 – стержень шатуна; 2 – втулка верхних головок шатунов; 3, 4 – вкладыши подшипников; 5 – крышка шатуна; 6 – гайка; 7 – шатунный болт; 8 – штифт; 9 – ограничительное кольцо; 10 – поршневой палец; а, б – каналы для смазывания

Рисунок 3.7 – Шатун дизеля 10Д100

Верхняя головка шатуна дизеля 10Д100 имеет шаровую поверхность, к которой притерта ползушка, служащая для приема масла в охлаждающую полость поршня и уплотнения от утечек масла по поверхности между нею, головкой шатуна и вставкой. Шатуны нижнего и верхнего поршней дизеля 10Д100 невзаимозаменяемые. Нижний длиннее верхнего на 102,2 мм.

Шатуны дизеля ПД1М (рисунок 3.8) имеют аналогичную конструкцию. Шатунные подшипники состоят из двух взаимозаменяемых бронзовых вкладышей, удерживаемых от осевого смещения буртами. От проворачивания они фиксируются штифтом, устанавливаемым в отверстие нижней половинки подшипника. Отверстие в верхнем вкладыше служит для соединения с маслопроводом стержня шатуна.

Шатунные вкладыши устанавливаются в постели подшипников с натягом, при котором возвышение одного конца каждого вкладыша над плоскостью разъема составляет 0,11–0,13 мм.

У дизеля К6S310DR (рисунок 3.9) шатуны выштампованы из стали. Верхняя часть шатуна состоит из головки для втулки поршневого пальца, нижняя – из разъемной головки с крышкой. Поверхности соприкосновения нижней головки шатуна и крышки – зубчатые, при этом крышка прикреплена четырьмя шпильками. Стальная втулка запрессована в верхней головке шатуна и залита бронзой. В нижней головке установлен состоящий из двух частей, разъемный стальной вкладыш, покрытый свинцовистой бронзой.

- 1 – стержень шатуна;
- 2 – втулка верхних головок шатунов;
- 3, 4 – вкладыши подшипников;
- 5 – крышка шатуна;
- 6 – гайка;
- 7 – шатунный болт;
- 8 – штифт;
- 9 – контрольный штифт;
- δ – канал для смазывания

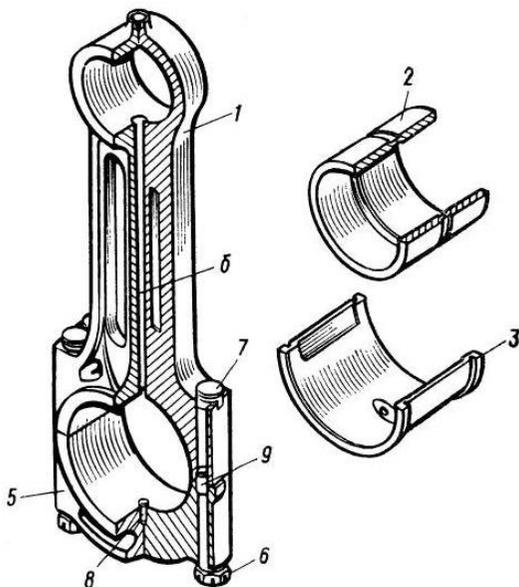
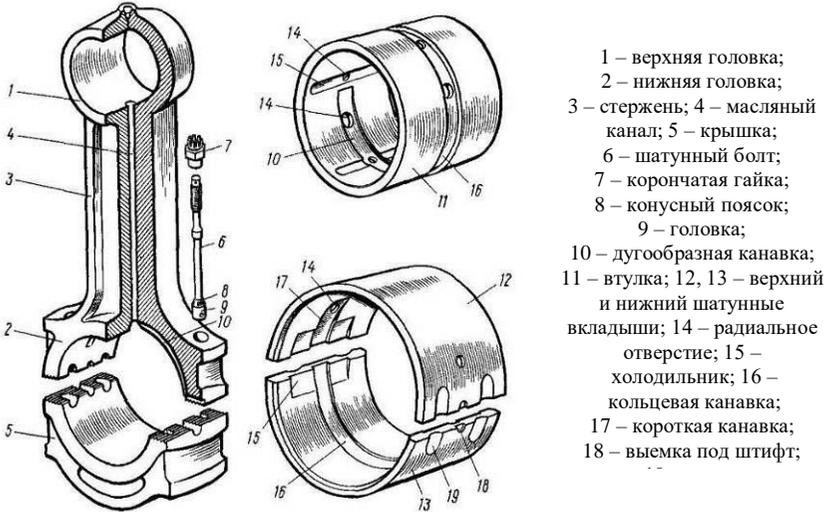


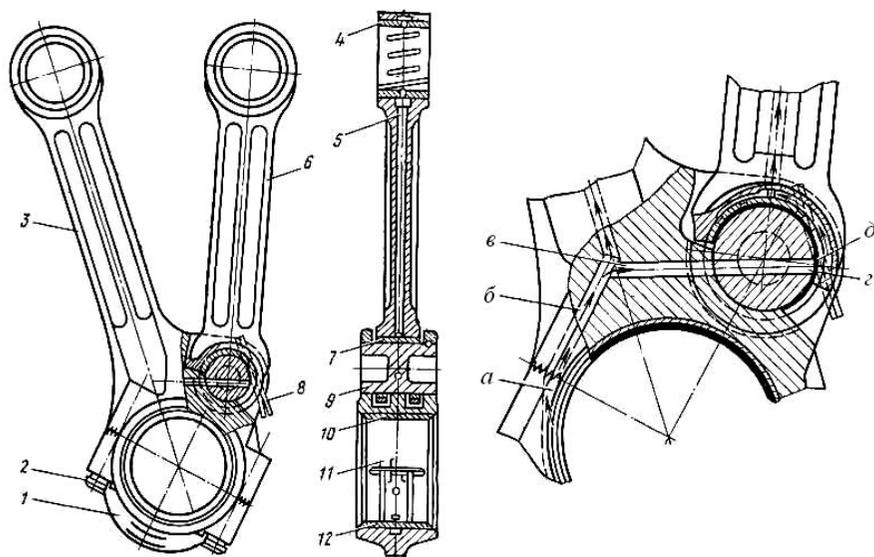
Рисунок 3.8 – Шатун дизеля ПД1М



- 1 – верхняя головка;
- 2 – нижняя головка;
- 3 – стержень; 4 – масляный канал; 5 – крышка;
- 6 – шатунный болт;
- 7 – корончатая гайка;
- 8 – конусный поясок;
- 9 – головка;
- 10 – дугообразная канавка;
- 11 – втулка; 12, 13 – верхний и нижний шатунные вкладыши; 14 – радиальное отверстие; 15 – холодильник; 16 – кольцевая канавка;
- 17 – короткая канавка;
- 18 – выемка под штифт;

Рисунок 3.9 – Шатун дизеля К6S310DR

Главный и прицепной шатуны дизеля 14Д40 (рисунок 3.10) соединены между собой пальцем, который устанавливается в проушины нижней головки главного шатуна и фиксируется коническим разводящим штифтом. Шатуны изготовлены из высококачественной легированной стали. Стержни имеют двутавровое сечение с утолщением в средней части для масляного канала. В верхние головки обоих шатунов запрессованы стальные втулки с тонкослойной заливкой из свинцовистой бронзы. Для обеспечения смазки пальца поршня втулки имеют на внутренней поверхности двенадцать спиральных канавок, из них три нижние – сквозные. Масло к канавкам подается через радиальные каналы во втулках. В расточку нижней головки прицепного шатуна также запрессована стальная втулка с заливкой из свинцовистой бронзы. В нижней головке прицепного шатуна и во втулке сделана прорезь для размещения средней опоры пальца. На внутренней поверхности втулки имеются четыре спиральные канавки, к которым через радиальные каналы подводится масло.



1 – крышка; 2 – болт; 3 – главный шатун; 4 – втулка; 5 – канал; 6 – прицепной шатун;
7 – втулка; 8 – штифт; 9 – палец; 10, 12 – верхний и нижний вкладыши; 11 – замок; а – полость;
б, в – каналы; г – отверстие; д – прорез

Рисунок 3.10 – Шатунное устройство дизеля 14Д40

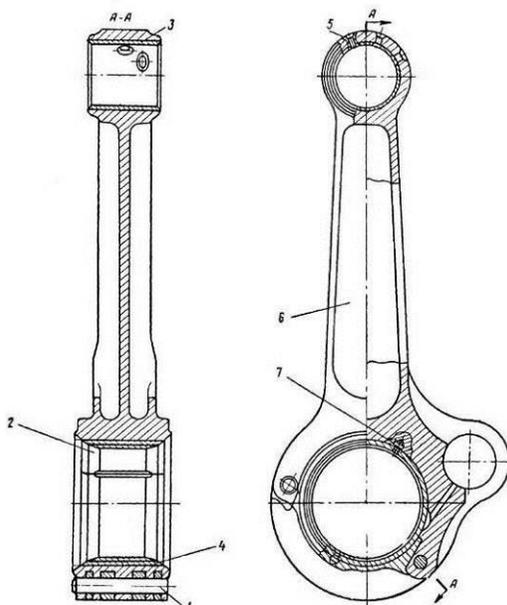
Нижняя головка главного шатуна имеет крышку, которая крепится к стержню четырьмя шатунными болтами. Плоскости разъема головки и крышки имеют зубчатую нарезку. В головке главного шатуна установлены верхний и нижний стальные вкладыши, залитые свинцовистой бронзой. Поверх бронзы нанесен слой свинцовистого сплава толщиной 0,020–0,025 мм. Положение вкладышей фиксируется замками, входящими в соответствующие углубления в крышке и в нижней головке главного шатуна. Верхний и нижний вкладыши между собой не взаимозаменяемы. Нижний отличается от верхнего широкой проточкой в средней части внутренней поверхности и четырьмя отверстиями для перетока масла. Часть масла из шатунного подшипника через отверстия в нижнем вкладыше поступает в полость крышки нижней головки и через канал, соединенный с отверстием в стержне, – к верхней головке главного шатуна.

Шатунный механизм дизеля **M756** состоит из шести главных и шести прицепных шатунов, изготовленных из штампованной легированной стали. Каждый прицепной шатун соединен с главным с помощью пальца (рисунки 3.11, 3.12).

Главный шатун состоит из четырех частей: верхней головки с запрессованной в него втулкой, стержня двутаврового сечения, нижней головки с проушинами под палец прицепного шатуна, а также съемной крышки нижней головки.

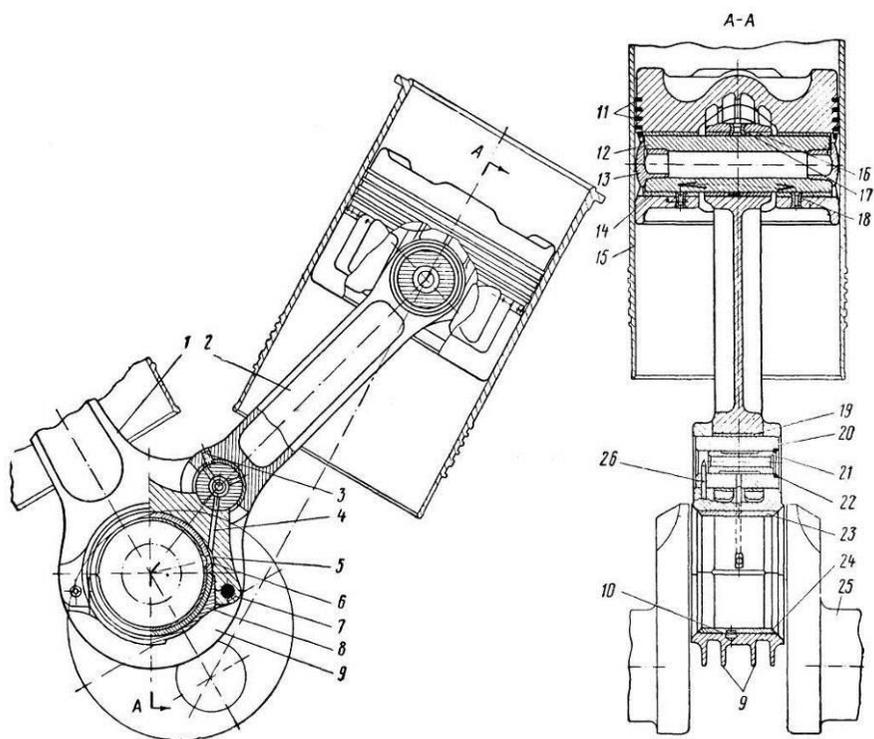
Съемная крышка нижней головки главного шатуна крепится пазовым соединением и двумя коническими штифтами; для увеличения жесткости нижняя головка и крышка имеют ребра. В нижнюю головку шатуна с натягом 0,090–0,044 мм

устанавливают стальные разъемные вкладыши, внутренняя поверхность которых залита свинцовой бронзой, а наружная омеднена (толщина слоя меди 0,004–0,10 мм). Обе половины вкладыша фиксируются от проворачивания и осевого перемещения стопорами. Один из стопоров запрессован в тело шатуна, другой – в тело крышки. Внутренняя поверхность шатунных вкладышей залита свинцовой бронзой, на расстоянии 10 мм с каждого конца выполнена с небольшим конусом.



1 – штифт конический; 2, 4 – вкладыши шатуна;
3 – втулка верхняя; 5 – втулка стопорная; 6 – шатун
главный; 7 – стопор вкладыша

Рисунок 3.11 – Главный шатун дизеля M756



- 1, 2 – главный и прицепной шатуны; 3 – стопор; 4 – сверление промежуточной опоры; 5 – канавка; 6 – сверление; 7 – конические штифты; 8 – крышка главного шатуна; 9 – ребра; 10 – штифт; 11 – поршневые кольца; 12 – поршневой палец; 13 – втулка поршневого пальца; 14 – втулка; 15 – гильза цилиндра; 16 – втулка верхней головки шатуна; 17 – стопор; 18 – втулка стопорная; 19 – втулка нижней головки прицепного шатуна; 20, 21 – палец и втулка прицепного шатуна; 22 – стопорное кольцо; 23, 24 – верхняя и нижняя половины вкладыша; 25 – коленчатый вал; 26 – штифт

Рисунок 3.12 – Прицепной шатун с поршнем дизеля М756

На нижней головке главного шатуна между проушинами расположена промежуточная опора для пальца прицепного шатуна. В верхнюю головку главного шатуна запрессована бронзовая втулка. Материал втулки подвергается дополнительному уплотнению и специальной термической обработке. Внутренняя ее поверхность после запрессовки в шатун и расточки покрывается оловянисто-свинцовым сплавом.

Прицепной шатун состоит из верхней головки, конструктивно не отличающейся от верхней головки главного шатуна, стержня двутаврового сечения и нижней головки. В нижнюю головку с натягом 0,045–0,065 мм

запрессована бронзовая втулка, фиксируемая от проворачивания латунным стопором. Нижняя головка шатуна и втулки имеют вырез, позволяющий пальцу опираться на промежуточную опору. Палец прицепного шатуна стальной, с цементированной наружной поверхностью, запрессован в проушины нижней головки главного шатуна с натягом 0,035–0,014 мм.

У дизеля типа Д49 шатунное устройство состоит из главного и прицепного шатунов (рисунок 3.13). Прицепной шатун своей расточкой в нижней части опирается на палец и крепится к нему двумя болтами. Палец вставлен в проушины развитой нижней головки главного шатуна. Подшипником служит запрессованная в проушины втулка.

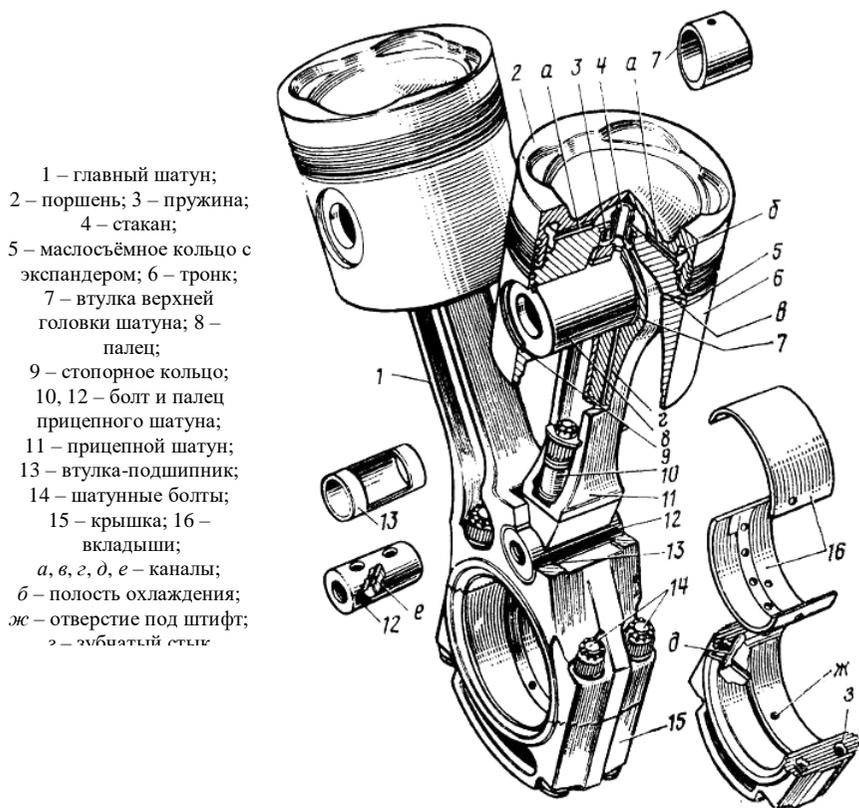


Рисунок 3.13 – Шатунно-поршневая группа дизеля Д49

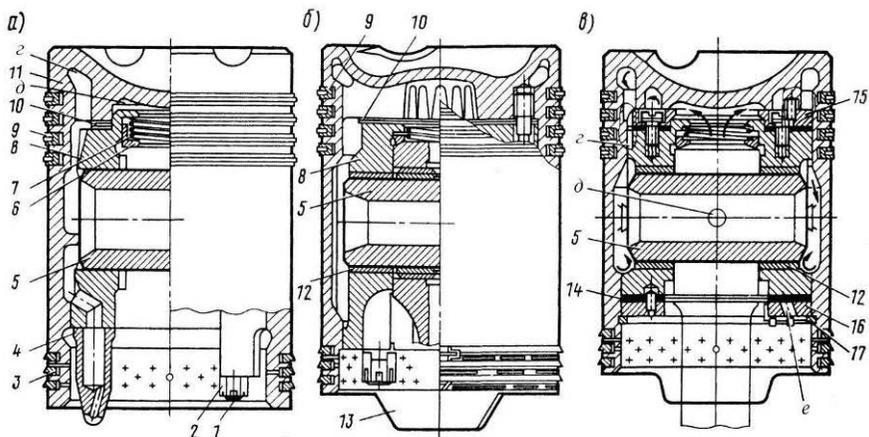
В верхние головки шатунов запрессованы стальные втулки, покрытые свинцовистой бронзой. Кольцевая проточка в средней части втулок сообщается двумя отверстиями с каналами маслопровода от шейки

коленчатого вала к поршню. Нижняя головка главного шатуна имеет зубчатый стык с крышкой, притянутой к головке четырьмя болтами с упрочненной резьбой. Внутренние поверхности головки шатуна под вкладышем упрочнены накаткой. Вкладыши шатунных подшипников стальные тонкостенные, также залитые свинцовистой бронзой. Наружные поверхности вкладышей покрыты тонким слоем меди. Расточка вкладышей подшипника выполнена с некоторым увеличением диаметра от середины к краям (гиперболической), что создает лучшие условия для гидродинамического режима смазывания подшипника с учетом деформаций шеек коленчатого вала.

Шатунные вкладыши устанавливают с натягом, и их положение фиксируется штифтами, запрессованными в стержень и крышку шатуна. Для перетока масла в нижнем вкладыше имеется проточка с отверстиями, по которым масло с шатунной шейки поступает в канал нижней крышки и перетекает к каналам стержней шатунов. Часть масла направляется по продольному каналу главного шатуна для смазывания верхней головки и охлаждения поршня, а часть поступает через канал в пальце прицепного шатуна на смазывание головки и охлаждение поршня шатунно-поршневой группы прицепного шатуна.

Поршни. Головки поршней, находясь в непосредственном соприкосновении с горячими газами с температурой до 2000 °С, сами могут нагреваться до 600 °С, при этом испытывая давление до 12 МПа. В связи с этим поршни изготавливают из высокопрочных металлов, а их головки при работе охлаждаются с помощью масла. Поршни изготавливают литьем или штамповкой. Материалом для них может служить сталь, чугун или алюминиевые сплавы. Они имеют форму стакана, нижняя часть которого (юбка) служит для направления во втулке, а верхняя (головка) образует рабочий объем совместно с цилиндром и крышкой. Из-за разности температур, испытываемых различными частями поршня, он выполнен с некоторым увеличением диаметра от головки к юбке. Головка имеет меньший диаметр, чтобы исключить ее заклинивание в цилиндре при высокой температуре. По конструкции поршни делятся на *составные* и *цельные*. Составные поршни имеют отдельную головку и юбку (тронк), а в некоторых случаях и вставку, соединяемые при помощи шпилек.

Поршни дизеля типа **10Д100** (нижний и верхний) несколько отличаются друг от друга формой днища, как с наружной, так и внутренней стороны и поэтому невзаимозаменяемы. С 1972 г. на дизеля данного типа устанавливаются поршни бесшпильчатой конструкции. От предыдущих вариантов они отличаются креплением вставки в стакане поршня. Здесь она крепится стопорным кольцом, а не шпильками, ввернутыми в приливы головки поршня, как раньше. Также отличие в применении циркуляционной системы охлаждения головки (рисунок 3.14).



а – дизеля 2Д100 и первых выпусков 10Д100 (вариант 14); *б* – дизеля 10Д100 (вариант 3*а* – со шпильками); *в* – дизеля 10Д100 (вариант 5 – со стопорным кольцом); 1 – шпилька; 2 – гайка; 3 – маслосъемные поршневые кольца; 4 – сливной патрубок; 5 – поршневой палец; 6 – скребок; 7 – пружина; 8 – вставка поршня; 9 – уплотнительное кольцо; 10 – регулировочные прокладки; 11 – поршень; 12 – втулка; 13 – выступ; 14 – штифт, фиксирующий нижнюю плиту на вставке; 15, 16 – верхняя и нижняя плиты; 17 – стопорное кольцо; *з, д, е* – канал для прохода масла

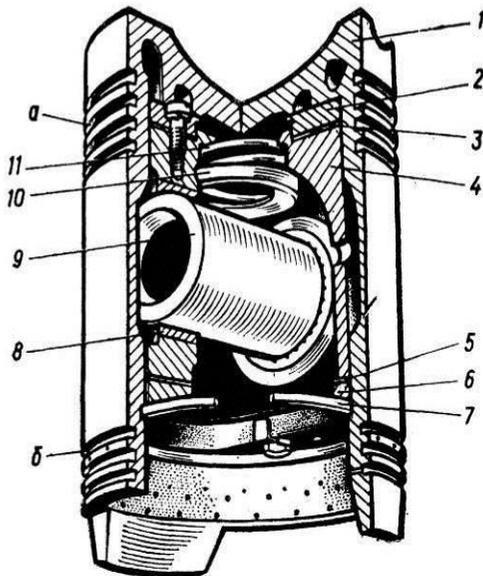
Рисунок 3.14 – Поршни дизелей типа Д100

Поршень состоит из стакана, изготовленного из высоколегированного серого чугуна, вставки с установленными сверху и снизу плитами, и регулировочных прокладок, с помощью которых изменяется линейный размер камеры сжатия. Вставка удерживается в корпусе стопорным кольцом. Применение такого бесшпильчного способа соединения позволило устранить концентрации напряжений в головке поршня от резьбовых отверстий. В отверстиях вставки в бронзовых втулках свободно вставлен палец для соединения поршня с головкой шатуна.

На корпусе снаружи проточены канавки для четырех уплотнительных (верхних) и трех маслосъемных (нижних) колец. Рабочая цилиндрическая часть поршня покрыта оловом для устранения задигов, а головка над верхней канавкой покрыта хромом для предотвращения образования окалины от действия горячих газов (рисунок 3.15).

Головка поршня охлаждается маслом, циркулирующим по ее каналам. Каналы расположены симметрично относительно камеры сгорания, что обеспечивает равномерное распределение термических напряжений в головке. Масло для охлаждения поршня поступает по каналу в шатуне к его головке и далее через отверстия по кольцевой канавке во втулке

подшипника подается к головке поршня. Из головки поршня масло сливается в картер.



- 1 – стакан; 2, 6 – плиты; 3, 5 – прокладки регулировочные; 4 – вставка; 7 – кольцо стопорное;
- 8 – втулка; 9 – палец; 10 – ползушка;
- 11 – пружина; а, б – канавка для уплотнительных и маслосъемных колец

Рисунок 3.15 – Поршень дизеля 10Д100

Вогнутая форма поверхности дна способствует лучшему смесеобразованию в цилиндре.

На головке и юбке проточены канавки для размещения четырех уплотнительных и трех маслосъемных колец. Одно маслосъемное кольцо расположено в верхней части поршня, а два – в нижней. В канавках под маслосъемные кольца просверлены отверстия для стекания масла, снятого со стенок цилиндра.

В бобышках поршня расположен палец, удерживаемый от осевых перемещений заглушками, установленными в отверстиях с натягом. Палец смазывается маслом от головки шатуна, которое затем стекает в картер через прорезы в заглушках и по каналам в юбке поршня.

Из головки поршня масло сливается в картер.

Поршни дизеля ПД1М (рисунок 3.16) представляют собой цельную отливку из алюминиевого сплава (силумина). Коэффициент теплопроводности силумина в 4,25 раза больше, а плотность в 2,75 раза меньше, чем чугуна. Использование материала с высокой теплопроводностью позволило не применять специальное охлаждение поршня. Благодаря заряду свежего воздуха, подаваемого в цилиндры, головки поршней сверху охлаждаются воздухом, а снизу – брызгами масла при работе дизеля.

Головка выполнена толстостенной с плавным переходом к цилиндрической поверхности. Торец имеет вогнутую поверхность с четырьмя вырезами для размещения головок клапанов при нахождении поршня в верхней мертвой

Поршень дизеля типа **K6S310DR** отлит из кремнийалюминиевого сплава, обладающего высокой теплопроводностью. Днище поршня имеет сложную форму, обеспечивающую улучшение смесеобразования в цилиндре. Так как высота камеры сжатия (расстояние от торца поршня, находящегося в верхней мертвой точке, до цилиндровой крышки) равно 13 мм, то для свободного открытия рабочих клапанов при продувке цилиндра (ход клапанов 25 мм) в днище сделаны четыре углубления.

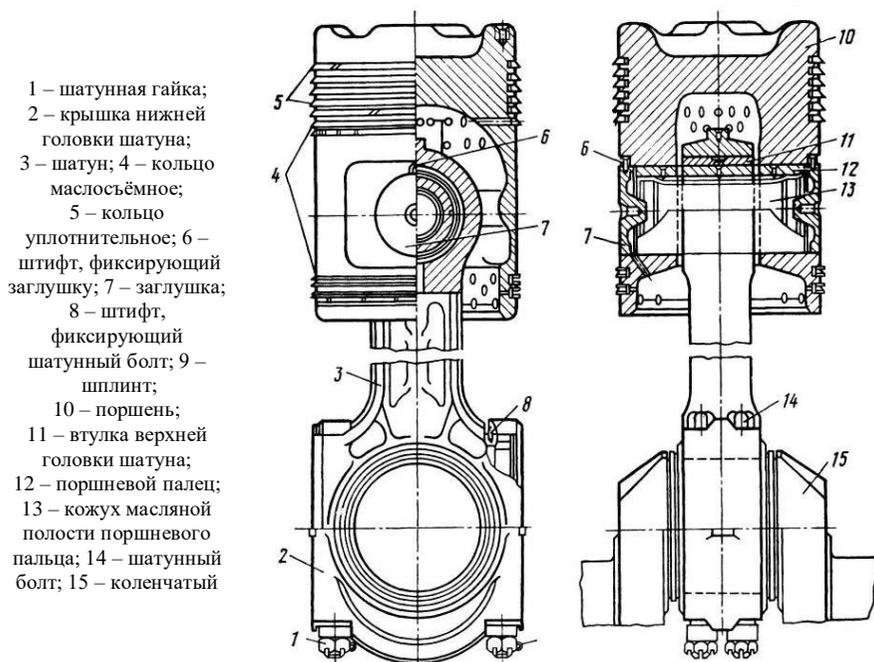
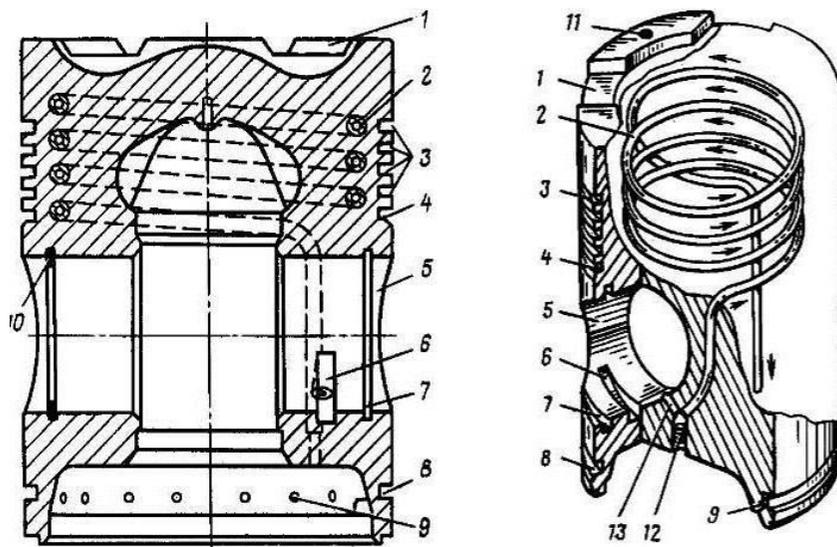


Рисунок 3.16 – Поршень дизеля ПД1М

Два глухих отверстия в днище предназначены под болты, которыми крепят монтажную скобу для выемки и постановки поршня при ремонте. На наружной поверхности головки проточены пять кольцевых канавок под кольца (четыре – под компрессионные, одно – под верхнее маслосъемное). Нижняя часть поршня (юбка) имеет цилиндрическую форму диаметром 309,6 мм. На наружной поверхности юбки проточена одна канавка под нижнее маслосъемное кольцо. Для слива масла, снимаемого кольцами со стенок цилиндра, в ручьях просверлены специальные отверстия. В средней части поршня имеются приливы (бобышки), в которых расточены отверстия

диаметром 130 мм под поршневой палец, перемещение которого ограничено стопорными кольцами. Для постановки колец в бобышках проточены специальные канавки. Общий вид поршня дизеля К6S310DR со змеевиком приведен на рисунке 3.17.

Головка поршня дизеля **14Д40** изготовлена из стали и имеет на боковой наружной поверхности четыре канавки для компрессионных колец. Поверхность камеры сгорания головки полируется и хромируется. Тронк поршня изготовлен из чугуна и имеет на наружной поверхности две канавки для маслосъемных колец. Цилиндрическая часть тронка для улучшения прирабатываемости покрыта слоем олова. Головка поршня прикреплена к опорному бурту тронка четырьмя болтами.



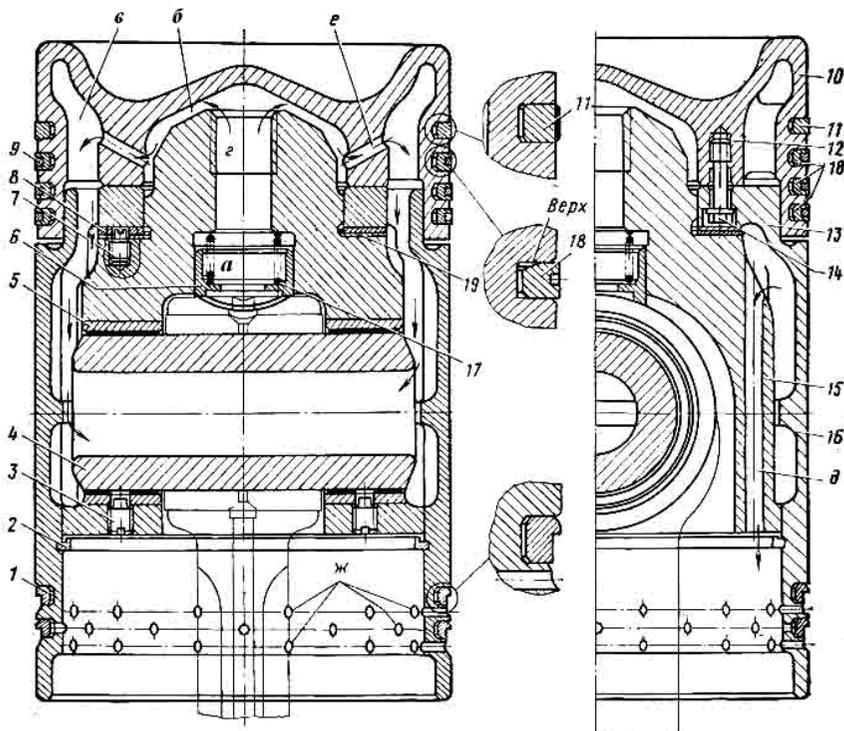
- 1 – углубления под клапаны; 2 – змеевик; 3 – канавки под уплотнительные кольца;
 4,8 – канавки под маслосъемные кольца; 5 – отверстие под палец; 6 – дугообразная канавка;
 7 – канавка под стопорное кольцо; 9 – отверстия для слива масла; 10 – стопорное кольцо;
 11 – резьбовое отверстие для крепления монтажной скобы; 12 – пробка; 13 – отросток змеевика

Рисунок 3.17 – Поршень дизеля К6S310DR

Вставка поршня изготовлена из алюминиевого сплава. Ее положение в поршне фиксируется двумя опорными поясами в верхней и нижней части. Осевое перемещение вставки ограничивается пружинным стопорным кольцом, установленным в кольцевую проточку тронка. Для регулирования величины камеры сжатия предназначены специальные прокладки. Положение прокладок относительно вставки зафиксировано винтом.

Поршневой палец плавающего типа – полый, изготовлен из легированной стали. Он установлен в стальных втулках, имеющих заливку из свинцовистой бронзы. Втулки стопорятся в бобышках вставки винтами. Осевое перемещение пальца ограничивает внутренний пояс тронка поршня. Общий вид поршня дизеля К6S310DR приведен на рисунке 3.18.

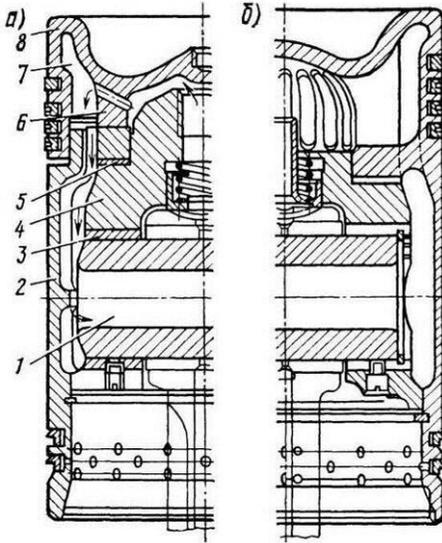
Поршень дизеля 11Д45 выполнялся в двух вариантах – цельнолитым и со съёмной головкой. Вариант со съёмной головкой выполнялся аналогично дизелю 14Д40. Цельнолитой поршень состоит из стакана и вставки, в бобышках которой размещен поршневой палец. Стакан поршня отлит из легированного чугуна. Боковая поверхность стакана покрыта тонким слоем олова для улучшения приработки к втулке цилиндра. Поверхность днища стакана и боковая поверхность головки до уплотнительного кольца покрыты слоем хрома для защиты чугуна от газовой коррозии.



1 – маслосъемное кольцо; 2 – стопорное кольцо; 3, 7 – винты; 4 – поршневой палец; 5 – втулка; 6 – стакан; 8, 19 – прокладки; 9 – бронзовый пояс; 10 – головка; 11, 18 – компрессионные кольца; 12, 13 – опорные бурты головки и тронка; 14 – болт; 15 – вставка; 16 – тронк; 17 – пружина; а, б, в – полости; г, д – каналы; ж – отверстия

Рисунок 3.18 – Поршень дизеля 14Д40

Стакан опирается на вставку бортом, который связан с днищем поршня радиальными ребрами. Ребра образуют каналы для прохода масла в радиальном направлении и на периферии. На боковой поверхности стакана в верхней части имеются четыре канавки, в которых размещены уплотнительные кольца, а в нижней – две канавки, где установлены маслосъемные кольца (рисунок 3.19).



а – поршень с объёмной головкой;
 б – цельнолитой поршень; 1 – палец; 2 – юбка поршня (тронк); 4 – вставка; 5 – прокладка;
 6 – опорный бурт головки; 7 – карман;
 8 – головка поршня

Рисунок 3.19 – Поршень дизеля 11Д45

Вставка изготовлена из высокопрочного чугуна. В радиальном направлении она зафиксирована относительно стакана двумя опорными поясами в верхней и нижней частях. Осевое перемещение вставки ограничивает пружинное стопорное кольцо, установленное во внутренней кольцевой проточке стакана. Прокладка между стаканом и вставкой служит для регулировки величины камеры сжатия и изготовлена из бронзы. Стакан может проворачиваться на вставке вокруг своей вертикальной оси.

Поршень охлаждается маслом, поступающим из верхней головки шатуна через алюминиевый уплотнительный стакан, плотно прижатый пружиной к головке. Масло заполняет полости, расположенные между днищем поршня и опорным буртом, а также кольцевую полость между вставкой и стаканом. Сливается масло в картер через отверстия во вставке.

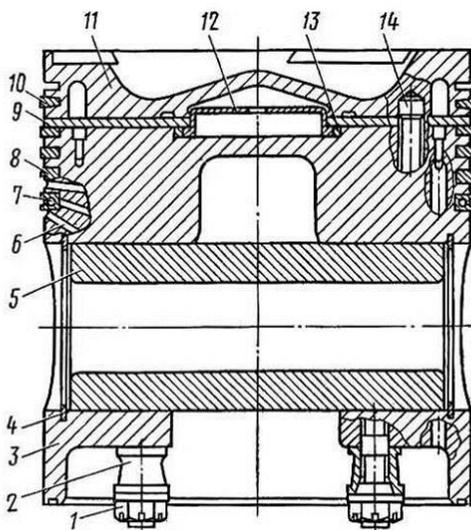
Неохлаждаемый поршень дизеля **М756** (см. рисунок 3.12) изготовлен штамповкой из алюминиевого сплава. Для лучшего смесеобразования в днище поршня предусмотрены специальные выемки. Канавки для всех пяти поршневых колец расположены выше пальца. Использование алюминия, обладающего хорошей теплопроводностью и относительно невысокой

плотностью, позволило отказаться от применения специальной системы охлаждения поршня с помощью масла.

Поршень дизеля типа Д49 составной (рисунки 3.13, 3.20). Штампованная головка из жаростойкой стали соединена с алюминиевым тронком при помощи шпилек. Для улучшения прирабатываемости поверхность тройка покрыта дисульфидом молибдена. На головке имеются четыре канавки под три трапецевидных уплотнительных кольца и одно маслосъемное, а на тронке – одна под маслосъемное кольцо с пружинным расширителем (экспандером). Поршневой палец плавающего типа изготовлен из легированной стали, азотирован и цементирован. От осевого смещения он удерживается стопорными кольцами.

Масло для охлаждения днища поршня поступает из головки шатуна через отверстие в прижатый к ней пружиной стакан и далее от центра днища по отверстиям в тронке перетекает в полость охлаждения, откуда по каналу в тронке стекает в картер. Для поддержания необходимого уровня масла в полости охлаждения в этот канал запрессована трубка, конец которой возвышается над тронком на 15 мм.

Поршневые пальцы служат для соединения верхних головок шатунов с поршнями. Они изготовлены из высоколегированных хромоникелевых сталей. Наружная поверхность пальцев цементируется на глубину 1,2–1,5 мм, шлифуется и полируется. По способу закрепления в поршне пальцы выполняют *неподвижными* и *плавающими*. Неподвижное соединение пальца со вставкой поршня использовалось в дизелях типа 2Д100. В поршнях рассматриваемых дизелей палец свободно с зазором вставляется в отверстия бобышек вставки, тронка или корпуса поршня, а также во втулку головки шатуна.



- 1 – гайка; 2 – втулка конусная; 3 – тронк;
 4 – кольцо стопорное; 5 – палец; 6 – отверстие для отвода масла; 7 – пружинный расширитель;
 8 – кольцо маслосъемное; 9 – прокладка;
 10 – кольцо компрессионное; 11 – головка;
 12 – стакан; 13 – кольцо; 14 – шпилька

Рисунок 3.20 – Поршень дизеля Д49

Пальцы плавающего типа имеют осевой зазор в соединении с поршнем. У дизеля ПД1М внутри пальца вставлена втулка, развальцованная по концам. Таким образом, между телом пальца и втулкой образуется камера, куда по четырем отверстиям в середине пальца масло поступает из кольцевой канавки втулки головки шатуна. Из камеры масло вытекает на поверхность пальца по восьми отверстиям, расположенным по его концам.

Поршневые кольца. Поршневые кольца бывают двух типов: *компрессионные* и *маслосъемные*. Компрессионные (уплотнительные) поршневые кольца предназначены для уплотнения зазора между поршнем и цилиндром и отвода теплоты от поршня. Маслосъемные (маслосрезающие или маслосгонные) кольца препятствуют попаданию масла в камеру сгорания. К качеству изготовления поршневых колец, материалу и пригонке по канавкам (ручьям) поршней предъявляют высокие требования. На поршни тепловозных дизелей обычно устанавливают 3–5 уплотнительных колец и 2–3 маслосрезающих, изготовленных из специального чугуна.

Кольца ставят в канавки поршней с определенным зазором. Постановка кольца с малым зазором может привести к заеданию кольца в канавке и ухудшению его уплотнительных свойств. Постановка кольца с увеличенным зазором повышает насосное действие колец, заключающееся в том, что кольцо, имея зазор по высоте, при работе поршня попеременно прижимается то к низу, то к верху канавки. При этом масло периодически перекачивается от одной канавки к другой. С одной стороны, это насосное действие колец благоприятно сказывается на работе цилиндро-поршневой группы, так как обеспечивает подачу масла к верхнему поясу цилиндрической втулки, но, с другой, – приводит к увеличению расхода масла и нагарообразованию.

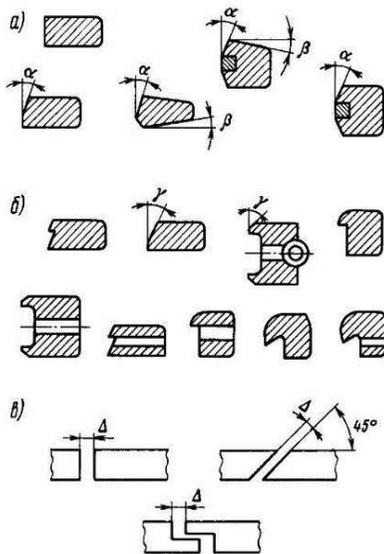
Наиболее простую и часто встречающуюся форму уплотнительных колец – прямоугольную имеют кольца поршней дизелей 10Д100, К6S310DR и некоторых других. Дизели типа Д49 имеют кольца трапециевидной формы, такую же форму имеют два верхних кольца поршней дизеля ПД1М. Трапециевидная форма канавок поршня усиливает перемычки между соседними канавками и уменьшает нагар в них. Форма второй пары компрессионных колец поршней дизеля ПД1М прямоугольная с коническим скосом. Эти кольца обеспечивают повышенное давление за счет узкой цилиндрической поверхности и хороший контакт со стенками цилиндров. Второе и четвертое кольца поршней дизеля 10Д100 на наружной поверхности имеют с двух сторон скосы для лучшей приработки, а между скосами в средней части имеют выточку, в которую завальцовывается бронзовое кольцо. Бронзовое кольцо-вставка улучшает первоначальную приработку к поверхности цилиндрической втулки. Она изнашивается быстрее

чугунного кольца, образуя на стенке цилиндра металлическую пленку, которая предохраняет ее от задиrow (рисунок 3.21).

Наиболее эффективны маслосрезающие кольца коробчатого типа. На поршнях дизелей 10Д100 применяют два типа коробчатых колец: с прорезями и без прорезей. Коробчатые кольца с двойной скребковой поверхностью устанавливаются на поршнях дизелей типа Д49 и ПД1М. У этих колец по периметру канавки профрезерованы двенадцать радиальных сквозных пазов. Таким образом, кольцо состоит как бы из двух частей – верхней и нижней, соединенных узкими перегородками, которые остаются после фрезеровки сквозных отверстий. Как верхняя, так и нижняя часть кольца имеют конусный срез в одну сторону. Такая конструкция дает возможность маслосъемному кольцу при движении поршня вверх скользить по маслу, а при движении вниз острыми кромками соскабливать его со стенок цилиндров. Маслосъемное коробчатое кольцо поршня дизеля Д49 имеет экспандер (пружинное кольцо).

У поршней дизеля 10Д100 кольца изготавливают из высокопрочного чугуна. Кольца первой и третьей канавок хромированы, а на внешней их части проточены маслосдерживающие канавки и нанесено приработочное покрытие с медным дисульфидомолибденом снаружи. Остальные компрессионные кольца выполнены с круговыми бронзовыми вставками. Замки у них преимущественно косые. Прямые замки имеют только первое и третье у нижнего и только одно верхнее у верхнего поршня. Маслосъемные кольца, не имеющие сквозных прорезей, выполнены со ступенчатым замком.

Кольца поршней дизелей Д49 и ПД1М изготовлены из высокопрочного легированного чугуна. Трапецевидные кольца поршней покрыты пористым хромом, что повышает срок службы колец в 3–4 раза и уменьшает износ цилиндрических втулок. Пара колец прямоугольного сечения с коническим



a – компрессионные кольца;
б – маслосъемные кольца; *в* – замки колец

Рисунок 3.21 – Сечения и замки поршневых колец

скосом поршней дизеля ПД1М для улучшения приработки покрытия тонким слоем полуды. Трапециевидные компрессионные и маслосъемные кольца имеют прямые замки. Первое и второе компрессионные кольца дизеля Д49 изготовлены из высокопрочного чугуна с трапециевидным сечением и хромированной рабочей поверхностью, третье – из легированного чугуна, нехромированное, имеет прямоугольное сечение, четвертое и пятое – маслосъемные, изготовлены из легированного чугуна. Пятое кольцо имеет пружинный экспандер, расположенный в канавке под кольцом. В теле поршня под маслосъемными кольцами, а также под канавкой нижнего кольца сделаны отверстия. По ним масло, снимаемое с зеркала втулки при движении поршня вниз, стекает в картер дизеля.

Поршни дизеля **K6S310DR** снабжены четырьмя чугунными компрессионными кольцами и двумя маслосрезающими. Рабочая поверхность у двух верхних компрессионных колец – цилиндрическая, а у двух нижних колец имеет небольшую конусность. Кольца имеют косые замки под углом 45°, два из которых с левым срезом и два – с правым. Маслосрезающие кольца двух типов: верхнее – с упругим пружинным эспандером и нижнее – без эспандера. Замки колец прямые. Маслосрезающие кольца по рабочей поверхности имеют кольцевую канавку с профрезерованными радиальными окнами.

В первую канавку поршня дизеля **14Д40** установлено компрессионное кольцо, изготовленное из высокопрочного чугуна с хромированной рабочей поверхностью. Во вторую, третью и четвертую канавки – кольца, изготовленные из легированного чугуна, имеющие наклонную поверхность на верхнем торце. Компрессионные кольца на трущейся поверхности имеют бронзовый пояс, закатанный в канавку кольца. На рабочей поверхности 2-, 3- и 4-го колец выполнена винтовая канавка, которая после лужения заполнена смесью дисульфида молибдена и лака. Два маслосъемных кольца выполнены с прямым замком и изготовлены из легированного чугуна.

Все канавки для поршневых колец у дизеля **M756** расположены выше пальца. Два верхних компрессионных кольца – стальные трапециевидного сечения. Рабочая поверхность первого кольца – цилиндрическая хромированная, второго – коническая. Маслосъемные кольца – чугунные, в нижней канавке расположены два кольца. Замки всех колец косые со срезом под углом 45°, для уменьшения прорыва газов в картер замки колец располагаются под углом 180° по отношению друг к другу.

4 ТОПЛИВНАЯ АППАРАТУРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Топливная аппаратура высокого давления включает в себя топливные насосы, форсунки и топливопроводы высокого давления, соединяющие

насосы с форсунками (топливопроводы могут отсутствовать, если насос и форсунка выполнены в одном корпусе в виде насоса-форсунки).

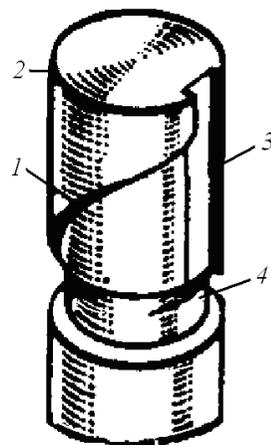
Топливная аппаратура дизеля должна обеспечивать дозирование строго определенного количества топлива на каждый цикл работы двигателя, а также оптимальную характеристику его впрыскивания в цилиндры в строго определенный момент времени. При этом должны выдерживаться одинаковые параметры впрыска по всем цилиндрам двигателя.

В современных тепловозных дизелях применяются топливные насосы высокого давления с золотниковым управлением, регулируемые *по концу подачи топлива* в цилиндры (10Д100, ПД1М, К6S310DR, М756) или одновременно *по концу и началу* подачи (14Д40, 11Д45, Д49). Количество движущихся деталей в таких насосах сведено до минимума, а число клапанов уменьшено до одного за счет придания плунжеру функции отсечки подачи топлива. Простота насоса позволяет широко применять его в быстроходных дизелях. Конструкция хорошо приспособлена к унификации и особенностям массового производства. За исключением корпуса, кулачкового вала и регулирующей тяги, все детали для насосов с различным числом плунжеров одинаковы.

По способу компоновки топливные насосы разделяют на блочные и индивидуальные. *Блочные* – многосекционные насосы, обслуживающие группу цилиндров дизеля (ПД1М, 14Д40, 11Д45, М756). *Индивидуальные (односекционные)* насосы расположены по фронту остова и обслуживают каждый свой цилиндр (дизели типа 10Д100, Д49, К6S310DR).

Индивидуальное расположение насосов позволяет обеспечить минимальную длину топливопроводов высокого давления, одинаковую для всех цилиндров, а также создает удобство расположения большего числа насосов по фронту двигателя. Недостатком индивидуальной компоновки является необходимость соединения механизмов регулирования подачи насосов с помощью тяг, что увеличивает число сопряженных деталей, трение между которыми понижает чувствительность регулятора частоты вращения. Блочные же компактны и удобны в обслуживании, обеспечивают возможность регулирования топливной аппаратуры вне самого двигателя на специальном стенде.

Все насосы высокого давления реализуют большие давления впрыска топлива в цилиндры (до 80–90 МПа), благодаря чему достигается хорошее его распыливание и смешивание с воздухом. Основным элементом насоса,



- 1 – отсечная винтовая кромка;
- 2 – торцовая кромка;
- 3 – вертикальный канал;
- 4 – кольцевая канавка

Рисунок 4.1 – Головка плунжера

осуществляющим подачу и дозировку топлива, является прецизионная пара, состоящая из гильзы и плунжера (рисунок 4.1).

Подача топлива насосом происходит следующим образом (рисунок 4.2). Вначале плунжер под действием пружины опускается вниз и весь объем в гильзе над его головкой заполняется топливом через отсечное отверстие (положение *а*). Когда плунжер доходит до нижнего положения, кулачок вала начинает поднимать его и плунжер постепенно вытесняет часть топлива через отверстие обратно в коллектор (положение *б*). После того как отверстие полностью перекрывается торцевой кромкой, топливо под действием продолжающегося подниматься плунжера, преодолев усилие пружины нагнетательного клапана и давление топлива, оставшегося от предыдущего впрыска в трубопроводе за клапаном, проходит под давлением через нагнетательный канал в нажимном штуцере в трубопровод форсунки (положения *в* и *з*).

Нагнетание прекращается в тот момент, когда отверстие в гильзе снова начинает открываться отсечной винтовой кромкой (положение *д*). Так как вырез под отсечной кромкой соединен вертикальным каналом с полостью над плунжером, то нагнетаемое им топливо устремляется вместо трубопровода обратно в коллектор и его подача в цилиндр прекращается, несмотря на продолжающийся подъем плунжера (положение *е*). При обратном движении плунжера цикл повторяется. Если с отверстием в гильзе будет совмещен вертикальный канал, то подача топлива происходить не будет.

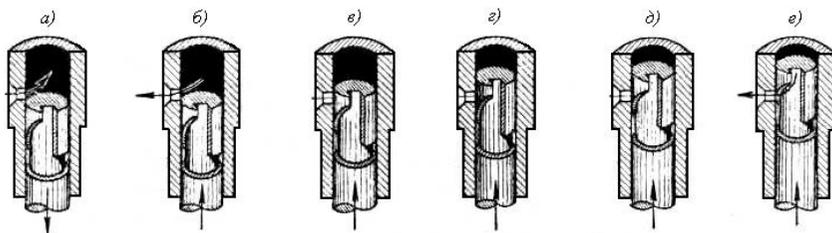


Рисунок 4.2 – Положения головки плунжера при работе топливного насоса

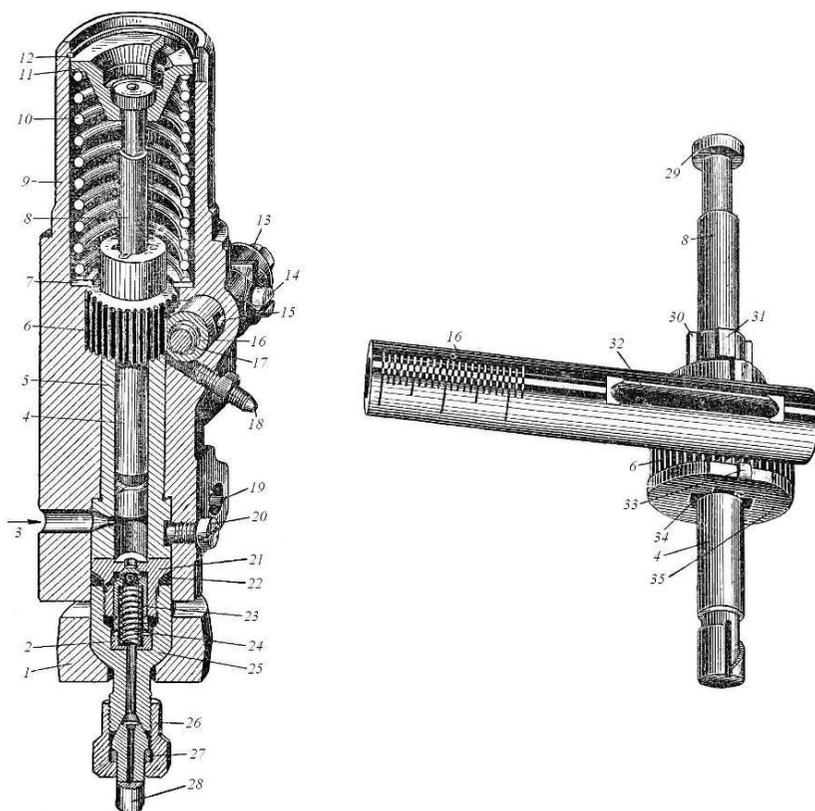
Если канал не совпадает с отверстием то количество топлива, подаваемого плунжером за один ход, зависит от расстояния между торцевой и винтовой кромками, расположенными в плоскости отсечного отверстия гильзы. Это расстояние изменяется при повороте плунжера. При этом момент начала подачи остается постоянным, а момент конца подачи изменяется вследствие изменения положения отсечной винтовой кромки по отношению к отверстию гильзы. Чем больше повернут плунжер против часовой стрелки (если смотреть сверху на рисунке 4.2), тем большее

расстояние будет между участком торцевой и винтовой кромок, перекрывающим отсечное отверстие, и тем позже произойдет отсечка и соответственно большее количество топлива будет подано. При уменьшении угла поворота плунжера отсечка происходит раньше и количество подаваемого в цилиндр топлива уменьшается.

Индивидуальные топливные насосы дизеля **10Д100** (рисунок 4.3) расположены по обеим сторонам цилиндров (по десять в каждом ряду). Каждый насос верхней головкой вставлен в расточку корпуса толкателя и притянут к нему болтами. Толкатели установлены в горизонтальных листах блока, образующих воздушный ресивер. Во избежание пропуска воздуха места прохода толкателей уплотнены.

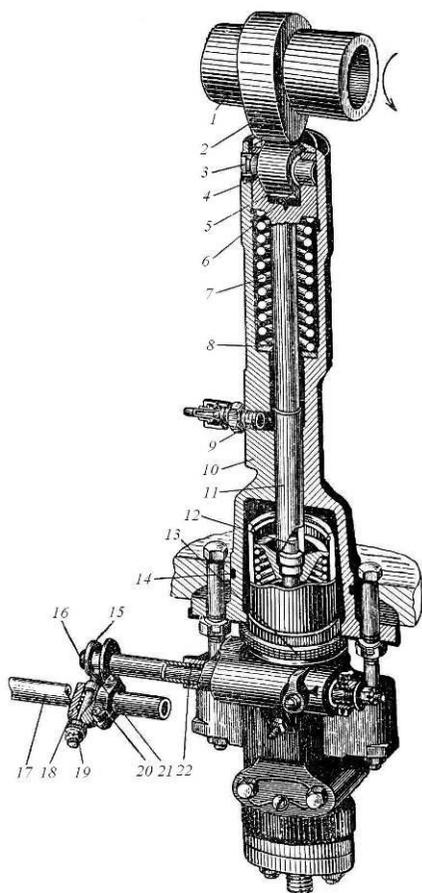
Регулирующие рейки, поворачивающие плунжеры насосов, соединены с двумя тягами, управляющими общим рычагом-коромыслом. При повороте коромысла рейки перемещаются и одновременно поворачивают плунжеры всех насосов на одинаковый угол.

Основой каждого насоса является корпус, отлитый из чугуна. Фланцевыми выступами и болтами, проходящими через отверстия, он соединен с корпусом толкателя, будучи прижат к последнему опорным буртом. Также с корпусом насоса соединен двумя болтами пустотелый фланец-коробка топливного коллектора. Болты проходят через сквозные отверстия и ввернуты в коробку, притягивая ее к плоскости корпуса. Между коробкой и корпусом ставится уплотнительная прокладка.



- 1 – фланец; 2 – тарелка пружины; 3 – отсечное отверстие гильзы; 4 – плунжер; 5 – гильза;
 6 – шестерня плунжера; 7 – кольцо; 8 – хвостовик плунжера; 9 – корпус насоса; 10 – пружина;
 11 – тарелка; 12 – стопорное кольцо; 13 – регулировочный болт; 14 – стопорный винт;
 15 – пружина; 16 – регулирующая рейка; 17 – пружина рейки; 18 – штуцер сливной;
 19 – отверстие для болтов крепления коробки топливного коллектора; 20 – стопорный винт;
 21 – корпус нагнетательного клапана; 22 – медное кольцо; 23 – хвостовик нагнетательного
 клапана; 24 – пружина клапана; 25 – нажимной штуцер; 26 – гайка; 27 – нажимное кольцо;
 28 – нагнетательная трубка; 29 – головка хвостовика плунжера; 30 – шлицы; 31 – срезанный
 выступ плунжера; 32 – паз рейки; 33 – зуб кольца шестерни; 34 – направляющие пазы в
 шестерне; 35 – кольцо шестерни

Рисунок 4.3 – Топливный насос и рейка дизеля 10Д100



- 1 – кулачковый вал; 2 – кулачок;
- 3 – направляющий палец; 4 – ось ролика;
- 5 – ролик; 6 – втулка ролика; 7 – пружина;
- 8 – кольцо пружины; 9 – штуцер;
- 10 – корпус толкателя; 11 – толкатель;
- 12 – корпус насоса; 13 – регулировочные прокладки;
- 14 – уплотнительное резиновое кольцо; 15 – кольцевые бурты поводковой втулки;
- 16 – головка регулировочного болта; 17 – регулировочная тяга; 18 – корпус поводка;
- 19 – гайка пальца; 20 – крышка корпуса поводка; 21 – палец поводка;
- 22 – пружина регулирующей рейки

Рисунок 4.4 – Толкатель с насосом

К коробкам коллектора топливо подводится под давлением 0,15–0,25 МПа. Пройдя через отверстие в корпусе насоса, оно заполняет пространство внутри гильзы между торцом плунжера и корпусом нагнетательного клапана (рисунок 4.4).

Гильза плунжера вставлена в корпус со стороны нагнетательного клапана и прижата к бурту корпуса своим кольцевым заплечиком. На торец гильзы через корпус клапана, медное кольцо и нажимной штуцер давит фланец, притягиваемый к корпусу насоса двумя гайками. Чтобы гильза заняла нужное положение, в корпусе насоса имеется стопорный винт, конец которого входит в ее прорезь.

Сверху в гильзу входит плунжер, имеющий в средней части три продольных шлица. На плунжер надета шестерня, имеющая три направляющих паза, в которые с зазором входят его выступы.

Шестерня опирается на борт корпуса насоса напрессованным на нее опорным кольцом. Торец пружины давит на нижнюю плоскость тарелки, заставляя ее подниматься вверх. Предварительная затяжка пружины устанавливается при помощи разрезного стопорного проволочного кольца, входящего в соответствующую проточку корпуса. Прорезь в торце корпуса

облегчает удаление стопорного кольца при разборке насоса.

Шестерня входит в зацепление с зубчатой регулировочной рейкой, перемещающейся в цилиндрической проточке корпуса насоса. От проворачивания она предохранена стопорным винтом, цилиндрический конец которого входит в продольный паз рейки.

Рейка – пустотелая, и через нее проходит регулировочный болт с поводковой втулкой, внутренний торец которой сжимает пружину, находящуюся внутри. Завертывая болт, его головкой и поводковой втулкой сжимают пружину и устанавливают необходимое расстояние от плоскости кольцевого бурта, обращенной к насосу, до контрольной плоскости на корпусе. Гайка служит для закрепления болта в отрегулированном относительно рейки положении.

При перемещении тяги управления влево (в сторону, соответствующую увеличению подачи топлива) начинает двигаться поводок, который своим пальцем заставляет передвинуться втулку, болт и рейку. Если же перемещение происходит вправо (в сторону, соответствующую уменьшению подачи топлива), то втулка поводка перемещает рейку через пружину. При этих перемещениях зубья рейки, находящиеся в постоянном зацеплении с зубьями шестерни, повернут ее, а вместе с ней и плунжер. Так как его выступы входят свободно в пазы шестерни, то поворот плунжера происходит свободно во время его всасывающего или рабочего хода.

Топливо под воздействием плунжера через нагнетательный клапан проходит в отверстие нажимного штуцера и далее, через трубку высокого давления, – к форсунке. Нагнетательный клапан состоит из корпуса или седла, в цилиндрическом колодце которого перемещается направляющий цилиндрический хвостовик. Верхняя запорная часть клапана прижата притертым уплотнительным пояском к пояску седла пружиной, входящей во внутреннее цилиндрическое отверстие хвостовика. Нижний торец пружины упирается в тарелку, впрессованную в нажимной штуцер. При открывшемся клапане топливо проходит в нагнетательный трубопровод через четыре отверстия, просверленные в цилиндрической части клапана, внутрь хвостовика и пружины и далее – в отверстие нажимного штуцера.

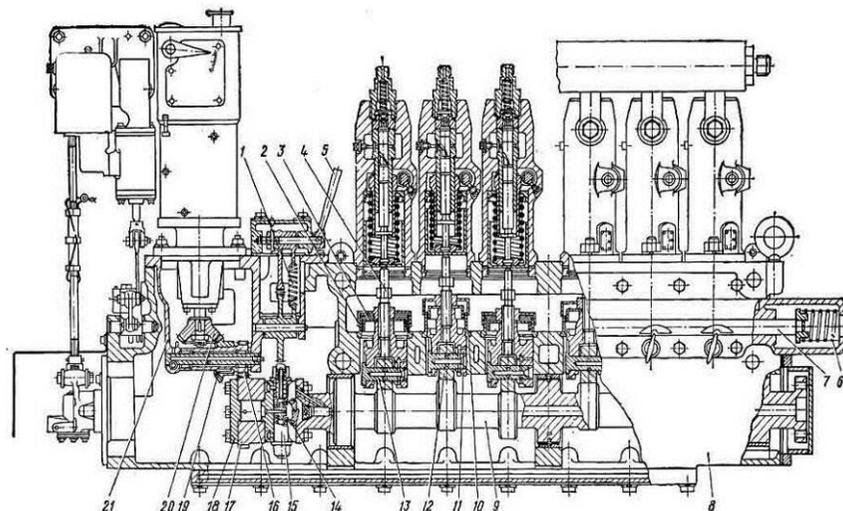
Рабочий ход плунжера топливного насоса происходит при перемещении вниз толкателя, на который через ролик, бронзовую втулку и ось ролика воздействует кулак кулачкового вала топливных насосов. При этом толкатель буртом головки сжимает пружину и заставляет опускаться плунжер насоса, воздействуя на него наконечником.

При установке вала в положение, при котором ролик сбегает с кулачка, пружина, поджимая толкатель, заставляет ролик все время следовать за ним. В то же время через тарелку и головку пружина заставляет плунжер следовать за наконечником толкателя.

В нижней части корпуса насоса имеет фланец овальной формы с двумя отверстиями, через которые проходят стержни болтов, устанавливаемых в отверстия горизонтального листа отсека продувочного воздуха. Болты служат для крепления не только корпуса толкателя к листу блока, но и для крепления топливного насоса к корпусу. Поэтому на них имеются две нарезанные части: одна, нижняя, – для крепления насоса и вторая – для крепления корпуса толкателя.

В верхней части толкателя прорезан вертикальный направляющий паз, в который входит и во время работы дизеля перемещается прямоугольная часть головки направляющего пальца, удерживающего головку толкателя и ролик в плоскости вращения кулачка.

Топливная аппаратура дизеля ПД1М (рисунок 4.5) сосредоточена с левой стороны остова. Основой ее является картер топливных насосов, в котором на трех опорных подшипниках вращается кулачковый вал, приводимый от коленчатого вала дизеля через систему шестерен. В расточках картера над каждым кулачком перемещаются толкатели, в корпуса которых запрессованы штоки, подпирающие хвостовики плунжеров топливных насосов. На выступах верхней части корпуса надеты внутренний и наружный стаканы, которые вместе с втулкой, входящей в кольцевой зазор между этими двумя стаканами, образуют лабиринт, предохраняющий нижнюю полость картера от просочившегося топлива. Топливные насосы установлены на корпусе картера над толкателями.



1, 6 – пружины; 2 – направляющие; 3 – манжета; 4 – болт толкателя; 5 – рукоятка аварийной остановки дизеля; 7 – тяга выключения секций насоса; 8 – картер насоса; 9 – кулачковый вал;

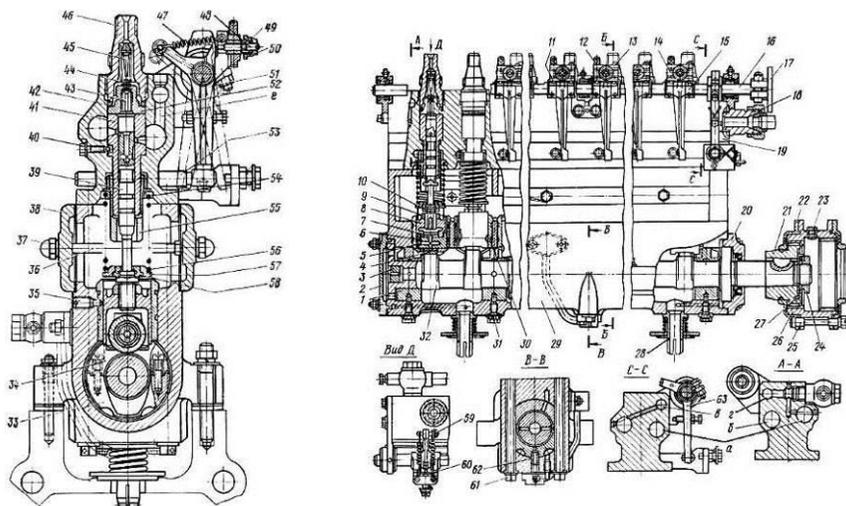
10 – цилиндр; 11 – корпус толкателя; 12 – ролик толкателя; 13 – палец толкателя; 14 – рычаг предельного выключателя; 15 – предельный выключатель; 16, 17, 19 – шестерни привода регулятора; 18 – крышка; 20 – шестерня регулятора дизеля; 21 – корпус привода регулятора

Рисунок 4.5 – Блочный топливный насос дизеля ПД1М

В передней части блока размещены регулятор частоты вращения с его приводом и электропневматическим механизмом, регулятор предельных оборотов и рукоятка экстренной остановки дизеля. Регулятор размещен на валу топливных насосов и в случае превышения допустимой частоты вращения коленчатого вала дизеля отключает топливные насосы.

На дизеле **K6S310DR** установлено шесть топливных насосов золотникового типа. Их конструкция практически не отличается от насосов дизеля ПД1М, имеет аналогичные плунжерные пары и нагнетательные клапана; отличия заключаются только в форме корпуса.

На дизеле **14Д40** блочный топливный насос высокого давления установлен в развале блока цилиндров. Состоит из двух частей: нижней – привода плунжеров насоса, детали которого смонтированы в корпусе, и верхней – самих насосов. В нижней части корпуса расположены подшипники кулачкового вала, а в верхней – запрессованы направляющие втулки (рисунок 4.6).



- 1 – подшипник; 2, 20, 22, 38 – крышки; 3, 5, 23 – пробки; 4 – ролик; 6 – ось; 7 – плавающая втулка; 8 – корпус толкателя; 9 – контрагайка; 10 – регулировочный болт; 11 – замок; 12, 62 – штифты; 13, 16, 59, 60 – валики; 14 – откидная планка; 15 – вильчатый рычаг; 17, 26 – муфты; 18, 28, 46 – штуцеры; 19, 29 – корпуса; 21 – полумуфта; 24, 37, 49, 50 – гайки; 25 – болт; 27 – стопорная шайба; 30 – направляющая втулка; 31 – стопорный болт; 32 – кулачковый вал; 33, 34 – вкладыши; 35, 40 – стопорные винты; 36 – шпилька; 39 – плунжер; 41, 55 – втулки; 42 – уплотнительное кольцо; 43 – нагнетательный клапан;

44, 47, 56 – пружины; 45 – упор клапана; 48 – регулировочный винт; 49, 50 – гайки; 51 – рычаг; 52 – корпус клапана; 53 – рейка; 54, 57, 58 – тарелки; 61 – анкерная связь; 63 – трехплечий рычаг; *a, б, в, г, е* – каналы

Рисунок 4.6 – Блочный топливный насос дизеля 14Д40

Втулки, застопоренные винтами, имеют на внутренней поверхности продольный паз для фиксации толкателей. На наружной поверхности втулок имеются кольцевые канавки, в которые поступает масло из подшипников кулачкового вала. Из этих кольцевых канавок оно по радиальным отверстиям поступает в две продольные канавки на внутренней поверхности втулок и далее – на смазку роликов.

На внутренней поверхности втулки толкателя имеется кольцевая канавка и два отверстия для подвода масла к втулке и ролику. В оси ролика сделан канал, закрытый пробкой. Стыковые поверхности корпуса и крышек уплотнены резиновыми прокладками. Внизу корпус имеет два отверстия, через которые по штуцерам удаляется масло. Масло, просочившееся вверх по толкателям, сливается в нижнюю полость по двум отверстиям на концах корпуса.

В корпусе также расположены втулки топливных насосов и три продольных канала. Через один топливо подводится к секциям насоса, а через второй отводится после его подачи в цилиндры. Второй канал двенадцатью вертикальными ходами соединен с продольным третьим каналом, из которого отводятся избыточное топливо и пена, образывающаяся при отсечке топлива плунжерами. В первый канал ввертывается штуцер для присоединения подводящего топливопровода.

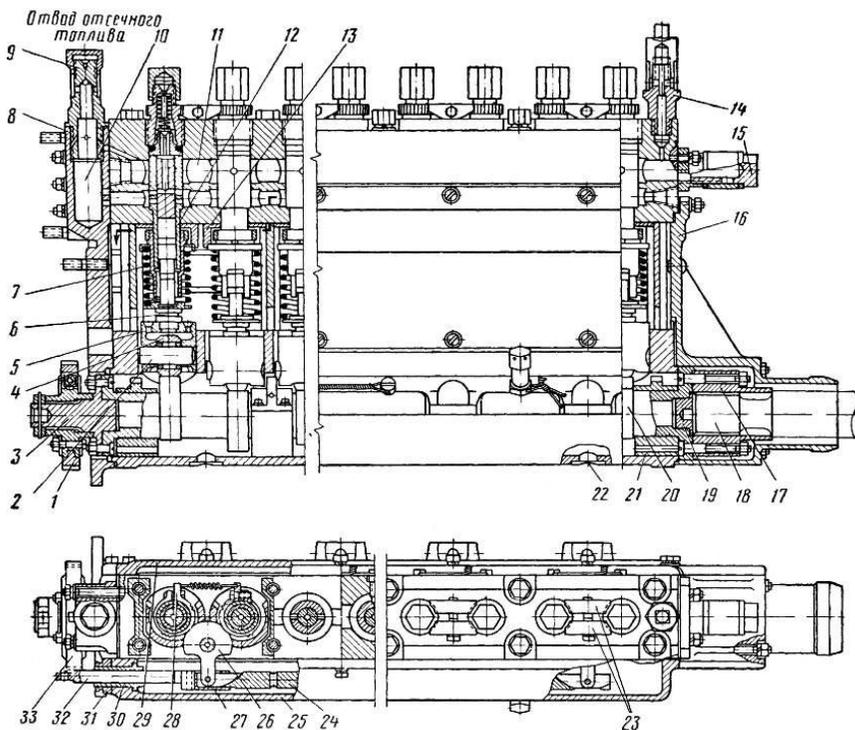
На дизеле **М756** применен блочный двенадцатиплунжерный насос высокого давления (рисунок 4.7). Состоит из двенадцати насосных элементов, толкателей, общего корпуса, кулачкового вала и механизма одновременного поворота всех плунжеров.

Алюминиевый картер корпуса насоса стянут четырнадцатью шпильками с головкой. Двенадцатикулачковый полый вал опирается на семь установленных в картере подшипников. Над кулачками расточено двенадцать вертикальных отверстий, в которых перемещаются толкатели с пальцами и роликами. Вдоль головки проходят два канала: верхний – всасывающий, нижний – отсечного топлива. Двенадцать вертикальных ступенчатых отверстий в головке предназначены для установки насосных элементов. В верхней части плунжер имеет осевой канал, который двумя радиальными каналами соединен с двумя спиральными отсечными канавками. Втулка имеет два всасывающих отверстия в верхней части и четыре перепускных в нижней.

Индивидуальные топливные насосы дизеля **Д49** устанавливаются в специальные расточки лотка блока и крепятся к нему шпильками. Толкатели

насосов одноименных цилиндров правого и левого рядов приводятся в действие одной и той же кулачковой шайбой распределительного вала. Привод толкателей насосов осуществляется от общего распределительного вала.

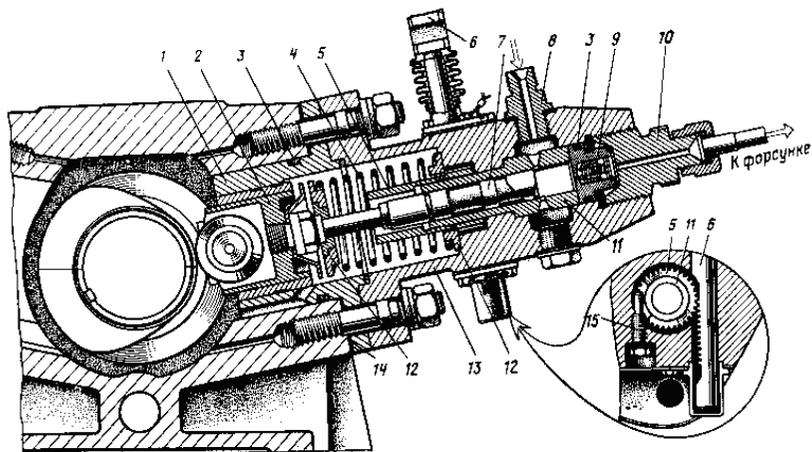
На гильзе насоса установлена шестерня, в пазы которой входит ведущий поводок плунжера. Максимальный выход регулировочной рейки ограничивается винтом, который препятствует повороту зубчатого венца. Регулировка осуществляется изменением положения рейки с помощью толщины прокладок (рисунок 4.8).



- 1 – зубчатый венец; 2 – палец толкателя; 3 – хвостовик; 4 – ролик толкателя; 5 – толкатель; 6 – регулировочный болт; 7 – поворотная муфта; 8 – задняя торцовая крышка; 9 – штуцер; 10 – сборник отсечного топлива; 11 – всасывающий канал; 12 – втулка плунжера; 13 – коробка зубчатого венца; 14 – штуцер для крепления приемника манометра; 15 – штуцер подвода топлива; 16 – передняя торцовая крышка; 17 – шлицевая муфта; 18 – рессора; 19 – заглушка; 20 – кулачковый вал; 21 – подшипник; 22 – сливное отверстие; 23 – замок штуцера; 24 – рейка; 25, 29 – боковые крышки левая и правая; 26 – зубчатый сектор; 27 – колпачок; 28 – зубчатый венец; 30 – втулка; 31 – гайка; 32 – шток; 33 – упругая шестерня

Рисунок 4.7 – Блочный топливный насос дизеля М756

Форсунки предназначены для впрыскивания топлива в цилиндры двигателя в мелкораспыленном виде и обеспечения равномерного его распределения по всему объему камеры сгорания. На рассматриваемых дизелях применяются форсунки закрытого типа, у которых полость заполнения топливом в период между впрыскиваниями специальной иглой отделена от камеры сгорания.



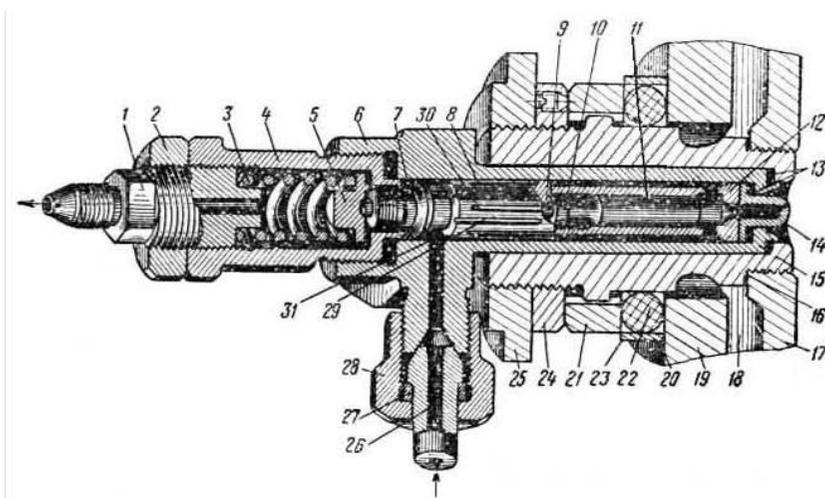
1 – направляющая втулка толкателя; 2 – толкатель; 3 – резиновые кольца; 4 – пружина; 5 – поворотная шестерня; 6 – рейка; 7 – плунжер; 8, 10 – штуцера; 9 – корпус нагнетательного клапана; 11, 12 – гильза и тарелка плунжера; 13 – корпус насоса; 14, 15 – регулировочные прокладки и винт

Рисунок 4.8 – Топливный насос дизеля Д49

Форсунки дизеля **10Д100** (рисунок 4.9) установлены в гильзы перпендикулярно к оси цилиндров с двух сторон. Корпус форсунки имеет фланец для крепления к адаптеру и штуцер подвода топлива. В торцевой части корпуса, входящей в гильзу цилиндра, прорезано круглое отверстие, срезанное по хорде, так что входящий в него сопловой наконечник может занимать только одно определенное положение относительно корпуса форсунки. К бурту корпуса сопловой наконечник прижат торцом распылителя, который в свою очередь прижат через медную уплотнительную прокладку стаканом, ввертываемым в корпус форсунки. Игла своим конусом плотно прилегает к поверхности корпуса распылителя, закрывая топливу, окружающему запорный конец иглы, выход из камеры в

канал соплового наконечника. Пружина форсунки получает предварительную затяжку от ввертываемого в стакан нажимного штуцера.

От насоса к форсунке топливо подводится по нагнетательной трубке с наконечником, имеющим с одной стороны уплотнительный конус, а с другой – бурт. В бурт упирается нажимное кольцо, притягивающее наконечник трубки к конусной выточке в штуцере корпуса форсунки. По каналу в штуцере топливо проходит в кольцевую проточку, откуда поступает в канавки, профрезерованные на цилиндрической поверхности фильтра. Из одной канавки в другую оно может попасть только через зазор между стержнем фильтра и отверстием, в которое он установлен. Этот зазор устанавливается в пределах 0,02–0,1 мм. Далее топливо проходит по четырем прорезанным вдоль корпуса распылителя пазам и по четырем же радиальным отверстиям поступает в камеру.

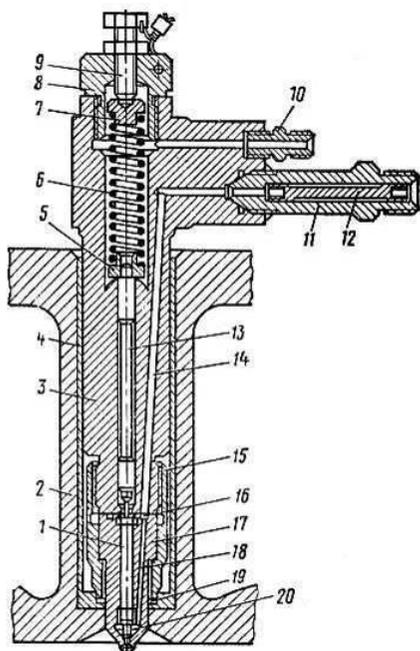


- 1 – нажимной штуцер; 2 – контргайка; 3 – пружина форсунки; 4 – стакан; 5 – тарелка пружины; 6 – корпус форсунки; 7 – уплотнительная прокладка; 8 – щелевой фильтр; 9 – толкатель; 10 – ограничитель подъема иглы; 11 – игла; 12 – корпус распылителя; 13 – прокладки; 14 – сопловой наконечник; 15 – адаптер; 16 – прокладка; 17 – гильза цилиндра; 18 – ребро гильзы и канал для прохода воды; 19 – рубашка гильзы цилиндра; 20 – прокладка; 21 – фланец; 22 – гильза; 23 – нажимное кольцо; 24 – гайка; 25 – фланец; 26 – трубка нагнетательная; 27 – нажимное кольцо; 28 – гайка; 29 – канавка фильтра, соединенная с кольцевой проточкой; 30, 31 – канавка фильтра, соединенная с кольцевой проточкой распылителя

Рисунок 4.9 – Форсунка дизеля 10Д100

По мере возрастания давления топлива, подаваемого насосом к уплотнительному концу иглы, увеличивается усилие на кольцевой пояс

иглы распылителя, пока оно не станет больше усилия, с которым пружина давит на иглу. В этот момент игла поднимается, и топливо поступает в канал соплового наконечника, откуда с большой скоростью через сопловые отверстия впрыскивается в цилиндр.



- 1 – игла распылителя; 2 – крышка цилиндра;
 3, 4 – корпус и гильза форсунки; 5, 7 – нижняя
 и верхняя тарелки пружины; 6 – пружина;
 8 – пробка; 9 – болт регулирующий;
 10, 11 – штуцеры топливоотводящий и
 топливоподводящий; 12 – щелевой фильтр;
 13 – штанга; 14 – канал топливоподводящий;
 15 – гайка распылителя; 16 – кольцевая
 выточка; 17 – корпус распылителя;
 18 – наклонное сверление; 19 – кольцо
 уплотнительное; 20 – полость распылителя

Рисунок 4.10 – Форсунка дизеля
 ПД1М

На дизеле **14Д40** к нижнему торцу корпуса форсунки крепятся распылитель и сопло. В конусной части сопла на равных расстояниях по окружности просверлены семь отверстий диаметром 0,4 мм (рисунок 4.11).

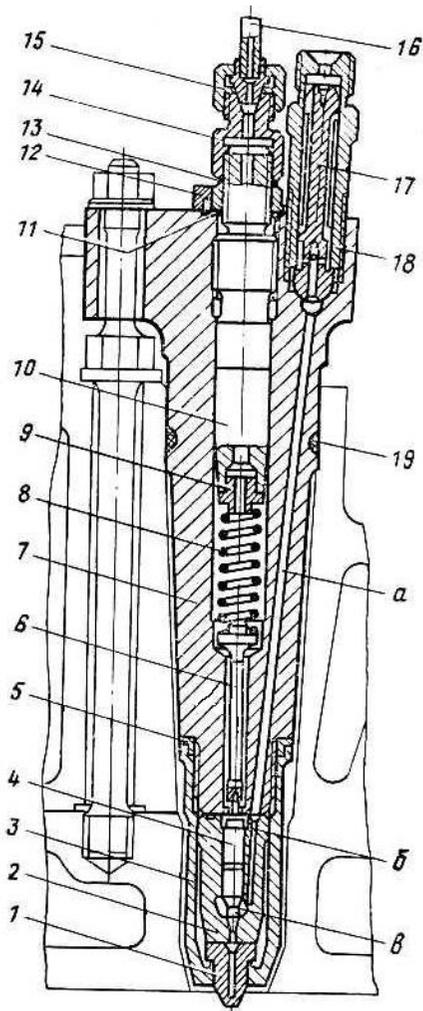
Форсунки дизеля **ПД1М** (рисунок 4.10) устанавливаются в стальные втулки, запрессованные в центральные гнезда крышек цилиндров. В отличие от дизеля-предшественника Д50 форсунка на ПД1М несколько изменена. Для уменьшения сопротивления прохождению топлива диаметр иглы увеличен с 4 до 4,8 мм. Распыливающие отверстия в корпусе распылителя подняты несколько выше с выходом внутри на коническую поверхность вместо сферической, что улучшило технологичность изготовления. В связи с этим выход сопла форсунки в камеру сгорания увеличен с 4,5–5,83 до 6–7,33 мм, а угол конуса в крышке цилиндров (в месте выхода сопла) – со 120 до 160°.

Форсунка дизеля **K6S310DR** состоит из стального пустотелого корпуса, к нижней части которого при помощи накидной гайки присоединен распылитель. По конструкции она почти не отличается от форсунки дизеля ПД1М. Основное отличие в форме верхней части корпуса и расположении штуцеров подвода топлива.

Игла в корпусе уплотнена узким пояском, расположенным у основания опорного конуса. Она прижимается к конусу корпуса распылителя пружиной и штангой. В нижней части штанга имеет выточку для опоры на сферический торец хвостовика иглы. Пружина затягивается регулировочным винтом, который в верхней части стопорится гайкой и контргайкой.

Внутренняя полость колпака форсунки уплотнена резиновым кольцом, препятствующем попаданию масла из крышки цилиндра в гнездо. Для обеспечения одинаковой затяжки пружины на колпаке в верхней цилиндрической части имеются сорок восемь расположенных по окружности продольных меток.

Форсунка дизеля **M756** состоит из двух основных частей: корпуса и распылителя с иглой. В резьбовое отверстие верхней части корпуса ввертывается подводящий штуцер. Место его стыка с корпусом уплотняет стальная прокладка. Внутри корпуса просверлен вертикальный канал диаметром 2 мм, подводящий топливо от штуцера к распылителю, через весь корпус проходит сверление, в котором расположен намагниченный толкатель. В выступающей в камеру сгорания цилиндра конической головке распылителя равномерно расположено восемь распыливающих отверстий диаметром 0,35 мм. Внутренние кромки распыливающих отверстий выходят на нижнюю часть рабочего конуса, верхняя часть которого

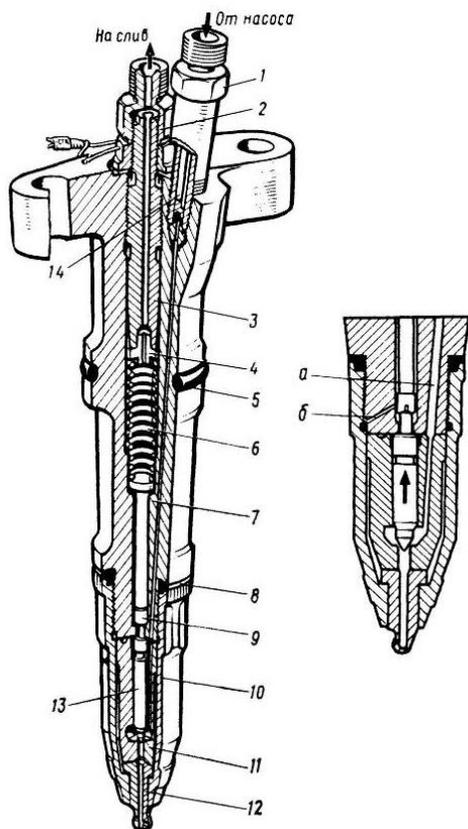


- 1 – сопло; 2 – корпус распылителя;
 3 – колпак; 4 – игла; 5, 19 – резиновые
 кольца; 6 – штанга; 7 – корпус; 8 – пружина;
 9 – тарелка; 10 – регулировочный винт;
 11, 13 – медная прокладка; 12 – контргайка;
 14 – гайка; 15 – накидная гайка; 16 – трубка;
 17 – стержень; 18 – корпус фильтра;
 а, б, в – канал

служит седлом для посадки иглы. Кольцевая канавка на торце распылителя совпадает с вертикальным каналом корпуса форсунки, подводящим топливо к распылителю. Из канавки идут три наклонных сверления диаметром 1,7 мм.

Пружина форсунки затянута гайкой-колпачком, под которую установлена медная прокладка. Необходимое усилие затяжки пружины достигается подбором толщины регулировочной шайбы.

Форсунку устанавливают в отверстие головки блока, расточенное по оси каждого цилиндра, и крепят дюралюминиевым фланцем и двумя шпильками. Стык между уступом отверстия головки и форсункой уплотняет медная прокладка.



1, 2 – штуцера; 3 – регулировочный штуцер;
 4 – тарелка; 5, 8 – резиновые кольца; 6 – пружина;
 7 – корпус; 9 – толкатель; 10 – колпак; 11 – корпус
 иглы; 12 – распылитель; 13 – игла; 14 – щелевой
 фильтр; а, б – каналы

Топливо поступает в форсунку от соответствующей секции насоса через подводящий штуцер, ввернутый в корпус. Пройдя по горизонтальному сверлению, оно попадает в вертикальный канал, совпадающий с кольцевой канавкой на торце распылителя, а оттуда – по трем наклонным сверлениям распылителя в полость над седлом иглы.

Форсунки дизеля Д49 (рисунок 4.12) устанавливаются в специальных расточки в крышках цилиндров под углом 30° к оси цилиндра, что позволяет расположить внешнюю часть форсунки вне крышки и достаточно просто снимать ее при ремонте. В стальном корпусе форсунки размещены сопловой наконечник распылителя, корпус иглы и сама игла.

Топливо подводится от насоса к штуцеру форсунки и через него поступает к щелевому фильтру. Пройдя фильтр, оно поступает в полость корпуса распылителя к игле.

Рисунок 4.12 – Форсунка дизеля Д49 ⁹⁷

Просочившееся сквозь зазоры топливо отводится через штуцер регулировочного винта. Детали форсунки уплотнены медными прокладками или резиновыми кольцами.

5 РЕГУЛЯТОРЫ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ И МОЩНОСТИ ДИЗЕЛЕЙ

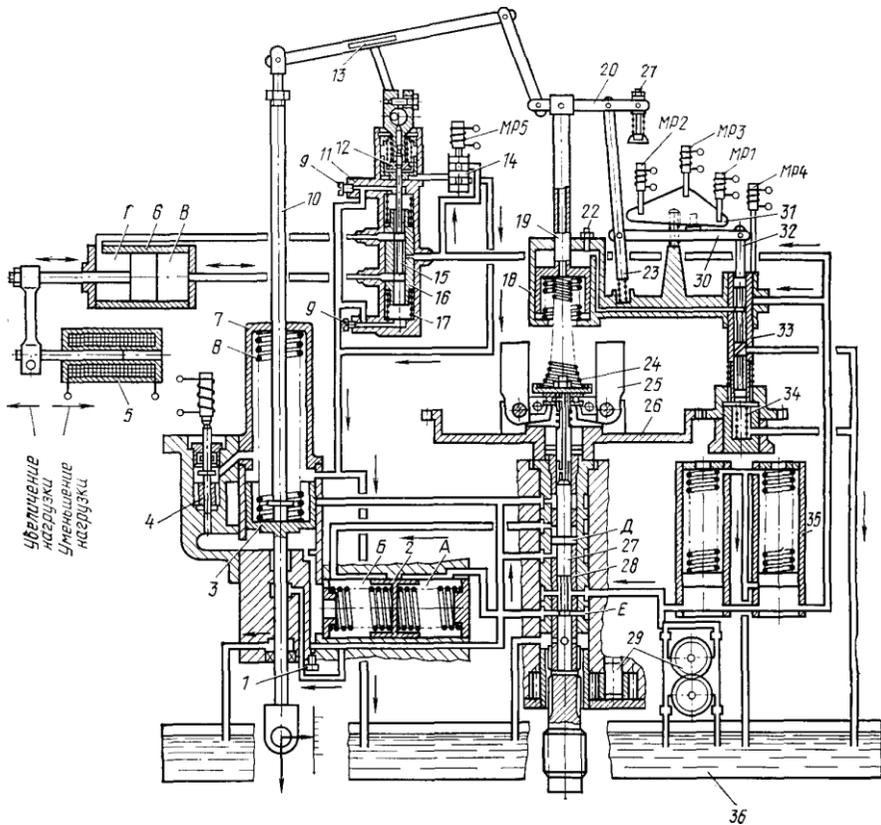
Тепловозные дизели работают при определенной частоте вращения коленчатого вала, задаваемой с помощью контроллера машиниста. Каждой позиции контроллера соответствует определенная мощность двигателя, зависящая от количества топлива, подаваемого в его цилиндры. Создаваемый на коленчатом валу момент при постоянной частоте вращения должен уравниваться моментом сопротивления, складывающимся из эффективного момента на валу генератора, момента механических сопротивлений в дизеле, а также момента от дополнительных нагрузок (привод вентилятора, компрессора, вспомогательных электрических машин, насосов и других агрегатов). При изменении приложенного к валу внешнего момента равновесие нарушается. При его уменьшении происходит повышение частоты вращения коленчатого вала (так как количество подаваемого в цилиндры топлива остается неизменным). При его увеличении частота вращения вала наоборот снижается.

Для обеспечения устойчивой работы двигателя необходимо добиваться либо неизменности внешнего момента на определенной позиции контроллера, либо установления подачи топлива в цилиндры в полном соответствии с этим изменяющимся внешним моментом. Неизменности момента нагрузки на валу дизеля достичь трудно, поэтому для поддержания постоянной частоты вращения коленчатого вала применяют регулирование подачи топлива в цилиндры. Эту функцию осуществляет регулятор дизеля. Если он поддерживает частоту вращения коленчатого вала постоянной только путем регулирования момента за счет подачи топлива в цилиндры, то его называют *регулятором частоты вращения*. Если же регулятор выполняет функцию поддержания постоянной частоты вращения вала дизеля еще и за счет регулирования внешнего момента на валу генератора, то его называют *объединенным регулятором частоты вращения и мощности дизеля*. Объединенный регулятор, воздействуя на рейки топливных насосов и индуктивный датчик, включенный в цепь управления возбуждением генератора, обеспечивает использование полной мощности двигателя при различных условиях движения тепловоза, а также при включении и выключении его вспомогательных агрегатов.

Объединенный регулятор состоит из собственно регулятора частоты вращения, регулятора мощности и электрогидравлической системы

управления. Регуляторы частоты вращения используются на дизелях 2Д100, Д50, ПД1М, М756, а объединенные регуляторы частоты вращения и мощности – на дизелях 10Д100, 14Д40, 11Д45, Д49, К6S310DR.

Рассмотрим работу регулятора на примере дизеля 10Д100 (рисунок 5.1). **Объединенный регулятор частоты вращения и нагрузки дизеля 10Д100** – всережимный, изодромный центробежного типа с гидравлическим усилителем (серводвигателем), с собственной масляной системой, с электрогидравлической системой управления частотой вращения, устройством для автоматического регулирования мощности дизель-генератора и со стоп-устройством по импульсу от систем защиты двигателя. Регулятор состоит из измерителя частоты вращения, серводвигателя усилителя сигнала частоты вращения коленчатого вала, обратной связи регулятора частоты вращения, серводвигателя нагрузки, обратной связи регулятора нагрузки и индуктивного датчика.



1 – игла-изодрома; 2 – поршень буфера; 3 – поршень серводвигателя; 4 – золотник остановки; 5 – индуктивный датчик; 6 – серводвигатель индуктивного датчика; 7 – корпус серводвигателя; 8, 17, 34 – пружины; 9 – игольчатые клапаны; 10 – шток; 11 – корпус золотника; 12 – выключающее устройство; 13 – коромысло; 14 – клапан; 15, 27, 32 – плунжеры золотников; 16, 28, 33 – золотниковые втулки; 18 – серводвигатель управления; 19 – поршень серводвигателя; 20, 30 – рычаги; 21 – гайка; 22 – упор минимальной частоты вращения; 23 – тяга; 24 – пружина всережимная; 25 – грузы; 26 – шестерня; 29 – масляный насос; 34 – треугольная пластина; 35 – аккумулятор; 36 – масляная ванна

Рисунок 5.1 – Схема объединенного регулятора частоты вращения и мощности дизеля 10Д100

Измеритель частоты вращения для получения сигнала регулирования использует центробежную силу инерции вращающихся грузов. В связи с чем регулятор и называют *центробежным*. Центробежный измеритель частоты вращения вместе с золотниковой частью вращается в центральном отверстии корпуса регулятора. Золотниковая часть представляет собой буксу с размещенным внутри золотником. Букса по всей длине имеет ряд проточек с отверстиями для сообщения каналов корпуса регулятора с полостями золотника. В нижнюю часть буксы запрессована золотниковая втулка, связанная внутренними шлицами с приводным валом регулятора. На наружных шлицах втулки посажена ведущая шестерня масляного насоса регулятора.

На верхнюю часть буксы напрессована шестерня, которая несет на себе два груза, выполненных в виде угловых рычагов, качающихся на игольчатых подшипниках своих осей. Концы рычагов через тарелки и шариковый подшипник упираются в пружину, верхний конец которой воздействует на поршень серводвигателя управления. Золотник соединен с пружиной через опорную тарелку.

Серводвигатель управления принимает сигнал настройки, подаваемый машинистом, и осуществляет затяжку пружины. Число ее возможных настроек (затяжек) равно числу позиций контроллера и охватывает все режимы работы двигателя. Поэтому пружину называют *всережимной*.

Затяжку всережимной пружины увеличивают при необходимости повышения частоты вращения коленчатого вала. При заданной настройке и установившейся частоте вращения грузы занимают такое положение, при котором их центробежные силы уравниваются усилием затяжки всережимной пружины. Как только произойдут изменения настройки (затяжки) пружины или частоты вращения вала, то равновесие грузов нарушится, и они начнут сходиться или расходиться, заставляя перемещаться золотник вниз или вверх. В результате этого золотник, управляющий движением поршня серводвигателя, подаст определенный сигнал регулирования.

Серводвигатель крепится шпильками к корпусу регулятора. Состоит он из корпуса, силового поршня и пружины. Шток поршня одним концом соединен через систему тяг и рычагов с рейками топливных насосов, а вторым, посредством коромысла и рычага – с поршнем серводвигателя управления. Движение поршня вверх (на увеличение подачи топлива) совершается под действием давления масла, поступающего через золотник из аккумуляторов. Движение вниз (на уменьшение подачи топлива) происходит под действием пружины. Усилие, оказываемое серводвигателем на шток, является достаточным для перемещения реек топливных насосов.

Изодромная обратная силовая связь позволяет своевременно ограничить движение поршня серводвигателя. Процесс регулирования изменившегося режима работы дизеля завершается тогда, когда поршень серводвигателя занимает определенное положение и устанавливает рейки топливных насосов на подаче, соответствующей данному режиму. Вследствие того, что частота вращения коленчатого вала не может измениться так быстро, как регулятор изменяет подачу топлива, необходимо несколько раньше ограничить перемещение поршня и тем самым избежать излишней или недостаточной подачи топлива в цилиндры. Это ограничение в соответствии с изменением нагрузки осуществляется с помощью изодромной обратной связи, к которой относятся поршень с пружинами, игла-изодрома и компенсационный поясок D золотника.

При перемещении золотника вниз (это произойдет при увеличении нагрузки на дизель, вследствие чего частота вращения вала уменьшится, грузы под действием всережимной пружины сойдутся к оси вращения, давая золотнику возможность опуститься) открывается доступ масла из аккумулятора в полость A , находящуюся справа от поршня буфера. До этого правая A и левая B полости буфера были заполнены маслом и давление слева и справа на поршень было одинаковым. Поршень, зажатый между двумя пружинами, находился в среднем положении. При поступлении масла в полость A он под действием избыточного давления перемещается влево, сжимая одну и разжимая другую пружины. Перемещаясь, он вытесняет часть масла под поршень серводвигателя, поднимая его вверх и увеличивая подачу топлива в цилиндры. Созданный перепад давлений масла на поршень слева и справа передается в полости над пояском D и под ним. Так как в полости A буфера давление больше, чем в полости B , то и на поясок D снизу оно соответственно будет больше, чем сверху. Давление снизу будет возрастать до тех пор, пока в добавление к подъемной силе расходящихся грузов (подача топлива увеличилась, частота вращения вала стала возрастать) оно не преодолеет усилие пружины измерителя и не поднимет золотник до перекрытия регулирующего окна в золотниковой втулке. Как только регулирующее окно закроется, поршень серводвигателя остановится

в положении увеличенной подачи топлива, необходимой для работы дизеля при повышенной нагрузке.

После того как серводвигатель остановится в положении увеличенной подачи топлива, поршень буфера возвращается в среднее положение под действием своих пружин, так как давление масла в полостях *A* и *B* выравнивается через дросселирующую иглу-изодрому. Игла вместе с пружинами и поршнем играет роль гибкой обратной связи.

При уменьшении нагрузки на дизель частота вращения коленчатого вала увеличивается и грузы расходятся, поднимая золотник вверх. При этом своим пояском *E* он открывает регулирующее окно, соединяющее полость *A* буфера со сливом. По мере снижения давления в полости *A* поршень буфера перемещается вправо, а силовой поршень под действием пружины смещается вниз, уменьшая подачу топлива в цилиндры дизеля. Между тем перепад давлений масла между полостями *A* и *B* вызовет соответствующий перепад давлений в полостях над пояском *D* и под ним. Более высокое давление масла на поясок *D* сверху вызовет перемещение золотника вниз в тот момент, когда суммарное усилие от давления на поясок и от всережимной пружины превысит силу инерции расходящихся грузов. Как только золотник перекроет регулировочное окно, слив масла из полости *A* прекратится и силовой поршень остановится в положении, соответствующем подаче топлива, необходимой для работы дизеля при уменьшенной нагрузке.

Поршень буфера перемещается в среднее положение после выравнивания давления в полостях *A* и *B* через иглу-изодрому. При больших изменениях нагрузки поршень буфера перемещается в крайнее положение, при этом полости *A* и *B*, кроме иглы, сообщаются между собой непосредственно, что улучшает переходные процессы.

Регулятор мощности (нагрузки) дизеля состоит из золотникового устройства, обратной связи и серводвигателя с индуктивным датчиком. Золотниковое устройство, состоящее из золотника и втулки, размещено в отверстии верхнего корпуса редуктора со стороны серводвигателя. Верхняя и нижняя полости устройства соединены каналами с масляной ванной регулятора. В приливы корпуса ввернуты две иглы, уплотненные резиновыми кольцами, которыми регулируется скорость перемещения поршня серводвигателя нагрузки на увеличение и уменьшение возбуждения тягового генератора.

Серводвигатель нагрузки имеет корпус, внутри которого перемещается поршень со штоком. На конце штока закреплен поводок якоря индуктивного датчика, установленного на корпусе серводвигателя.

В верхнем корпусе также находится отключающее устройство для установки индуктивного датчика в положение минимального возбуждения тягового генератора при боксовании тепловоза, а также при его трогании с

места. Оно состоит из электромагнита *MP5*, управляющего золотником, поршня, размещенного в корпусе, выключающего устройства, и пружин.

На хвостовике золотника закреплена тарелка, на которую опираются пружины, удерживаемые в корпусе упорным кольцом. На конце хвостовика золотника располагается опора эксцентрика, с помощью которого регулируется положение золотника по высоте. Через эксцентрик золотник подсоединен к системе рычагов регулятора. Точка подвески золотника к рычагам может изменяться с помощью регулировочного винта.

При включении электромагнита золотник перемещается вниз, открывая доступ маслу из аккумуляторов под поршень. Поршень поднимается под давлением, упирается в тарелку на золотнике и передвигает его вверх, сжимая пружину. Тем самым якорь индуктивного датчика устанавливается в положение минимального возбуждения (якорь вдвинут в катушку, что соответствует наименьшей мощности генератора).

Золотник имеет два пояска, которые управляют перекрытием крайних окон во втулке. Окна втулки сообщаются каналами с полостями *Г* и *В* цилиндра серводвигателя нагрузки по обеим сторонам силового поршня. К среднему окну во втулке и в полость между поясками золотника масло поступает от масляного насоса регулятора. Концевые полости корпуса золотникового устройства сообщаются с масляной ванной регулятора через дроссельные иглы, которые вместе с пружинами выполняют роль обратной связи. Шток золотника соединен тягой с коромыслом, один конец которого соединен со штоком серводвигателя регулятора частоты вращения, другой – со штоком поршня, осуществляющего затяжку всережимной пружины.

При установившемся режиме золотник своими поясками перекрывает окна во втулке. Концы коромысла неподвижны, и их положение определяет соответствие между настройкой регулятора, частотой вращения коленчатого вала и подачей топлива в цилиндры.

При уменьшении нагрузки на дизель, например при отключении вентиляторов охлаждающего устройства, регулятор частоты вращения снижает подачу топлива, появляется сигнал, вызывающий перемещение левого конца коромысла вниз. Золотник, опускаясь, открывает нижнее окно во втулке, и масло под давлением поступает в полость *В* справа от поршня. Перемещаясь, поршень серводвигателя передвигает якорь индуктивного датчика в сторону увеличения возбуждения генератора. Тем временем масло из полости *Г* слева от поршня серводвигателя будет поступать в верхнюю полость золотникового устройства и через верхний игольчатый клапан частично сливаться в масляную ванну. Образовавшееся давление в полости над золотниковой втулкой заставляет ее перемещаться вниз, сжимая нижнюю пружину и закрывая перепускное окно, через которое масло поступало в полость *В* серводвигателя. Скорость перемещения поршня серводвигателя определяет степень открытия игольчатого клапана.

Вследствие увеличения нагрузки на дизель регулятор увеличит подачу топлива до уровня, предшествовавшего началу изменения нагрузки, а золотник и втулка возвратятся в среднее положение. В конце процесса регулирования нагрузка дизеля восстановится до прежнего уровня за счет увеличения мощности генератора, при этом силовой поршень займет новое положение. При увеличении нагрузки действие элементов регулятора мощности будет противоположно описанному.

Увеличение затяжки всережимной пружины (увеличение частоты вращения) вызывает такое же действие регулятора мощности, как и уменьшение нагрузки на дизель, и наоборот. Это происходит потому, что при увеличении ее затяжки поршень серводвигателя опускается, что вызывает движение золотника нагрузки вниз. В дальнейшем процессы, происходящие в регуляторе, аналогичны описанным выше.

Так как в установившемся режиме золотник своими поясками находится в положении перекрыши отверстий золотниковой втулки, то каждому положению правого конца коромысла (заданию частоты вращения) соответствует определенное положение левого конца коромысла (подача топлива). Таким образом, каждому скоростному режиму дизеля соответствует определенная мощность, зависящая от выбора точки подвеса золотника. При ее смещении по коромыслу в сторону серводвигателя мощность увеличивается, а при смещении в сторону всережимной пружины – уменьшается. От выбора точки подвеса зависит экономичность работы двигателя.

Электрогидравлическое управление частотой вращения состоит: из электромагнитов *MP1*, *MP2*, *MP3*, *MP4*, включающихся контроллером машиниста в определенной последовательности и изменяющих положение золотника управления, золотникового устройства, управляющего подачей масла под давлением в серводвигатель управления; гидравлического серводвигателя управления с упором, которым устанавливается минимальная частота вращения, и жесткой обратной связи, состоящей из последовательно соединенных тяг и рычагов.

Электромагниты *MP1*, *MP2*, *MP3* действуют на вершины треугольной пластины, которая посредством пружины, устанавливаемой под ней, удерживается в контакте с толкателями этих электромагнитов. При включении или выключении одного или нескольких электромагнитов пластина смещается в ту или иную сторону, воздействуя на рычаг и приводя в движение золотник, управляющий подачей масла в цилиндр серводвигателя управления. Включением трех электромагнитов в определенной последовательности достигается семь различных ступеней частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Действие электромагнита *MP4* противоположно *MP1*, *MP2* и *MP3*. При его включении золотниковая втулка движется вниз, открывая регулирующее отверстие на слив, что приводит к ослаблению всережимной пружины и снижению частоты вращения коленчатого вала. Перемещение штока поршня серводвигателя вверх благодаря обратной связи через тягу и рычаги вызывает перемещение золотника вниз и перекрытие регулирующего отверстия во втулке. Как только это отверстие перекрывается, поршень серводвигателя останавливается и фиксирует степень затяжки всережимной пружины. При выключении электромагнита *MP4* золотниковая втулка движется вверх под действием усилия пружины, открывая доступ масла в цилиндр серводвигателя управления. Поршень, перемещаясь вниз, увеличивает затяжку всережимной пружины. Использование электромагнита *MP4* в комбинации с тремя электромагнитами *MP1*, *MP2*, *MP3* удваивает число ступеней затяжки пружины.

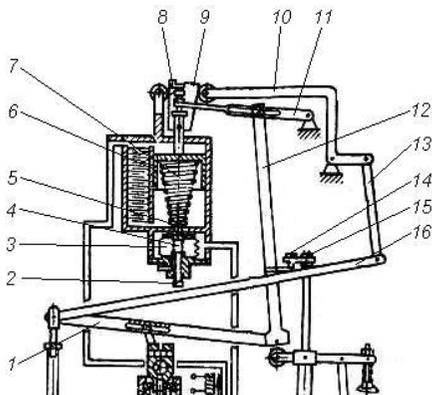
Золотниковая часть управления размещена в приливе верхнего корпуса регулятора. Нижняя часть золотниковой втулки соединена с шестерней, приводимой во вращение измерителем скорости. Золотник и втулка подпружинены. Пружина золотника обеспечивает контакт рычага с треугольной пластиной, а пружина золотниковой втулки удерживает через нее якорь электромагнита *MP4* в верхнем положении (при обесточенном состоянии).

Для возможности ручного управления частотой вращения коленчатого вала предусмотрен специальный винт, установленный в колпаке регулятора. При наворачивании винта на специальную шпильку шток с поршнем перемещается вниз, увеличивая затяжку всережимной пружины.

Стоп-устройство предназначено как для автоматической, в случае падения давления в системе смазки, так и для дистанционной остановки дизеля. Оно состоит из корпуса, прикрепленного к серводвигателю регулятора, золотниковой втулки с золотником и толкателем, а также тягового электромагнита.

При замыкании цепи электромагнита толкатель перемещает вниз золотник, который перекрывает выход масла из рабочей полости серводвигателя регулятора. При размыкании цепи электромагнита золотник под действием давления масла поднимается, обеспечивая его выход из-под поршня в масляную ванну регулятора. Шток серводвигателя опускается и выключает подачу топлива в цилиндры.

Кроме того, с учетом опыта эксплуатации в регуляторах частоты вращения стали использовать **ограничители (корректоры) подачи топлива в зависимости от давления наддувочного воздуха**. Корректор дизеля 10Д100 состоит из датчика давления и системы рычагов, связанных с плунжерами золотников регулятора. Датчик давления наддувочного воздуха состоит из измерителя давления – сильфона, серводвигателя, поршень которого под воздействием измерителя меняет свое положение, и



- 1, 10, 11, 16 – рычаги; 2 – винт; 3 – сильфон;
4, 7 – пружины; 5 – клапан; 6 – поршень;
8, 14 – винты регулировочные; 9 – кулачок;
12, 13 – тяги; 15 – трассер

Рисунок 5.2 – Схема корректора ограничения нагрузки дизеля по давлению

дроссельного клапана. Давление наддувочного воздуха уравнивается усилием от деформации сильфона и конической пружины (рисунок 5.2).

В полость над поршнем цилиндра серводвигателя подводится масло из аккумуляторов. Под поршень оно поступает через специальный дроссель, представляющий собой набор шайб с калиброванными отверстиями. Здесь давление масла снижается на величину, потерянную в дросселе. Если давление наддувочного воздуха не изменяется, то клапан находится в равновесном (“подвешенном”) состоянии и непрерывно пропускает масло на

слив.

При увеличении давления наддува сильфон разжимается, клапан открывается на большую величину, сток масла увеличивается, и давление под поршнем серводвигателя падает. Под давлением масла сверху поршень смещается вниз, увеличивая затяжку пружины до появления равновесия с усилием от сильфона. Клапан при этом возвращается в равновесное состояние, а поршень занимает новое положение.

При уменьшении давления наддувочного воздуха усилие со стороны сильфона уменьшается, а пружина прижимает клапан к седлу. Давление под поршнем увеличивается и вызывает его перемещение вверх. Пружина разжимается, и ее усилие на сильфон уменьшается, клапан возвращается в равновесное состояние. Поршень устанавливается в новом положении, соответствующем изменившемуся давлению наддувочного воздуха. Таким

образом, каждому давлению наддувочного воздуха соответствует определенное положение поршня датчика.

При уменьшении давления наддува, когда поршень датчика перемещается вверх, рычаг поворачивается и поднимает тягу, отрывая ее от ролика. При этом тяга рычагом поднимает плунжер золотника регулятора нагрузки вверх от положения перекрытия, что уменьшает возбуждение генератора и, следовательно, нагрузку на дизель. Поскольку при этом растет частота вращения коленчатого вала, то регулятор уменьшает подачу топлива. Шток поршня силового серводвигателя занимает положение, несколько ниже прежнего, рычаг опускается (с сохранением зазора) и возвращает плунжер золотника регулятора нагрузки в положение перекрытия канала. Соответственно уменьшению давления наддувочного воздуха уменьшается подача топлива в цилиндры.

При повышении давления наддува поршень датчика перемещается вниз, рычаг опускает тягу до контакта с роликом. Между торцом штока поршня и регулировочным винтом появляется зазор. В этом случае положение золотника регулятора нагрузки определяется только положением штока поршня силового серводвигателя и поршня серводвигателя управления, как в регуляторе без корректора. Корректор ограничения подачи топлива также действует от датчика давления наддувочного воздуха независимо от корректора ограничения нагрузки.

Рычаг находится в постоянном контакте с кулачком и через тягу соединен со штоком силового серводвигателя и плунжером золотника. При неизменном давлении наддувочного воздуха и неизменной нагрузке поршень занимает определенное положение, система рычагов неподвижна, между винтом и рычагом сохраняется зазор. На переходном режиме при увеличении позиции контроллера поршень серводвигателя управления опускается вниз, увеличивая затяжку всережимной пружины. Плунжер золотника опускается и открывает окно на подвод масла к силовому серводвигателю. Золотник и связанная с ним струна опускаются вниз только на величину зазора между рычагом и регулировочным винтом. Поршень силового серводвигателя перемещается вверх на увеличение подачи топлива и поднимает одновременно рычаг. Увеличение подачи топлива происходит до тех пор, пока рычаг, упираясь в винт, закрепленный на траверсе, не поднимет через струну плунжер золотника в положение перекрытия.

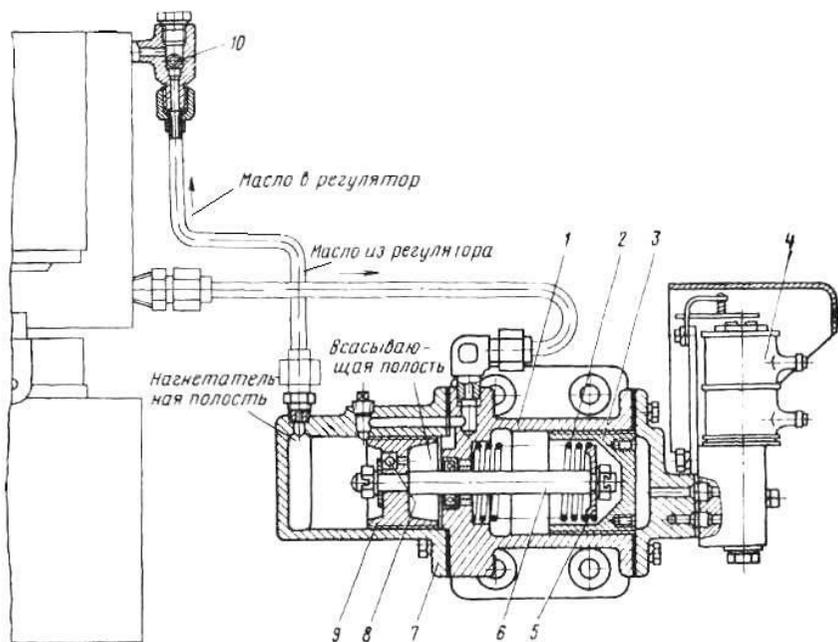
Увеличение подачи топлива и частоты вращения коленчатого вала приводит к увеличению давления наддувочного воздуха. Поршень датчика опускается вниз, рычаг поворачивается по часовой стрелке, тяга и рычаг опускаются, восстанавливая зазор. Этот процесс продолжается до установления заданного значения частоты вращения и зазора между рычагом и винтом.

При увеличении давления наддувочного воздуха поршень датчика давления смещается вниз, рычаг поворачивается по часовой стрелке, тяга и рычаг опускаются, зазор увеличивается. При уменьшении давления наддува зазор уменьшается. При запуске дизеля поршень серводвигателя установлен в положение минимальной затяжки всережимной пружины, соответствующей минимальной частоте вращения коленчатого вала. Поршень силового серводвигателя находится в крайнем нижнем положении, а поршень датчика давления наддувочного воздуха – в крайнем верхнем положении. Между рычагом и винтом создается зазор.

В момент запуска поршень силового серводвигателя поднимается вверх на увеличение подачи топлива до тех пор, пока рычаг, соприкоснувшись с винтом, не возвращает золотник в положение перекрытия. Дизель запускается, а поршень силового серводвигателя устанавливается в положение подачи топлива, соответствующее холостому ходу. Между рычагом и винтом восстанавливается зазор. Таким образом, при запуске происходит некоторое ограничение подачи топлива, что снижает дымность. Запуск дизеля с корректором ограничения подачи топлива производится на всех 20 топливных насосах.

Также для улучшения запуска на дизелях 10Д100 применяется **ускоритель**, встроенный в схему регулятора частоты вращения. Он обеспечивает ускоренный запуск сильно прогретого двигателя, когда масло в регуляторе имеет достаточно высокую температуру (рисунок 5.3). При такой температуре насос регулятора на малой частоте вращения коленчатого вала (100–110 об/мин) не обеспечивает достаточной подачи и не создает давления, необходимого для перемещения штока серводвигателя в верхнее положение. Запуск затягивается, что вызывает излишний износ аккумуляторной батареи.

Серводвигатель ускорителя запуска представляет собой цилиндр, имеющий две смежные полости – масляную и воздушную. В воздушной полости перемещается поршень плавающего типа, не соединенный со штоком масляного поршня. Масляная полость сообщается с ванной регулятора. Специальное отверстие соединяет полость с атмосферой и служит для устранения компрессии при рабочем ходе воздушного поршня и отвода утечек воздуха. На корпусе со стороны воздушного поршня установлена крышка и электропневматический вентиль, управляющий пусковым серводвигателем. Поршневая пара возвращается в исходное положение пружиной.



1 – корпус; 2 – пружина; 3 – поршень воздушной полости; 4 – электропневматический вентиль;
5 – тарелка; 6 – шток; 7 – стакан; 8, 10 – клапаны шариковые; 9 – поршень масляной полости

Рисунок 5.3 – Пневматический ускоритель пуска дизеля 10Д100

На нагнетательной магистрали пускового серводвигателя в корпусе регулятора установлен обратный клапан, а в масляном поршне – шариковый клапан. Пусковой серводвигатель соединен с регулятором и работает с ним совместно. В момент запуска под действием всережимной пружины грузы золотниковой части регулятора сдвинуты. Рабочий поясок плунжера опущен ниже отверстий золотниковой втулки. Полость под силовым серводвигателем регулятора сообщается с аккумулятором и нагнетательной частью масляного насоса, а также с масляной полостью пускового серводвигателя.

При нажатии на кнопку “Пуск дизеля” электропневматический вентиль выпускает воздух в серводвигатель, который подает масло в аккумулятор регулятора, а оттуда – под силовой поршень. Благодаря этому давление под ним быстро возрастает, что обеспечивает ускоренную перестановку штока в положение подачи топлива.

Пусковой серводвигатель работает при давлении воздуха не менее 0,35 МПа. За один ход поршня в регулятор подается 160 см^3 масла, что

обеспечивает подъем штока серводвигателя от крайнего нижнего положения на 15 мм.

6 СИСТЕМА ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ

Системой воздушоснабжения дизеля называется совокупность устройств, обеспечивающих подачу в цилиндры требуемого количества воздуха с заданными давлением и температурой.

На современных тепловозах применяются дизельные двигатели только с наддувом. Это означает, что в цилиндры подается воздух, предварительно сжатый компрессором. При этом воздушный заряд цилиндров возрастает, что дает возможность подать значительно большее количество топлива и в результате получить большую мощность при тех же размерах двигателя.

На дизеле **10Д100** применено две ступени сжатия наддувочного воздуха. Основными агрегатами системы воздушоснабжения являются турбокомпрессоры, приводной нагнетатель с редуктором и воздухоохладители. Вследствие недостаточной энергии выпускных газов из-за их низкой температуры, при запуске и на холостом ходу турбокомпрессоры дизеля практически не работают. Следовательно, количество и давление воздуха, при этом недостаточны для нормальной работы дизеля. В этот период воздух в цилиндры поступает от механического нагнетателя второй ступени и его подача не зависит от энергии отработавших газов. Из окружающей среды воздух через жалюзи поступает в воздушные фильтры-воздухоочистители, расположенные с правой и левой сторон тепловоза и далее к всасывающим патрубкам турбокомпрессоров, которые являются первой ступенью сжатия. Из нагнетателей правого и левого турбокомпрессоров сжатый воздух подается по расположенным с обеих сторон в верхней части дизеля воздушным трубопроводам к агрегату второй ступени наддува – центробежному нагнетателю, приводящемуся во вращение через редуктор от верхнего коленчатого вала. После дополнительного сжатия в нагнетателе второй ступени воздух подается в охладители, установленные по обеим сторонам двигателя, и далее в наддувочные коллектора (ресиверы), откуда через впускные окна во втулках поступает в цилиндры. Чем выше нагрузка дизеля, тем большее количество топлива подается в цилиндры, тем больший заряд энергии в выпускных газах и выше частота вращения ротора турбокомпрессора, а, следовательно, выше давление наддувочного воздуха и больше его заряд.

Дизель **ПД1М** – четырехтактный, поэтому энергии его отработавших газов на всех режимах работы достаточно для привода турбокомпрессора и подачи в цилиндры необходимого количества воздуха. В применении его

двухступенчатого сжатия с использованием нагнетателя, имеющего механический привод от коленчатого вала, нет необходимости.

Воздух из окружающей среды через жалюзи (или из кузова через открытые дверки) поступает в воздухоочиститель непрерывного действия, расположенный с правой стороны тепловоза, а оттуда – через гибкий рукав к всасывающей полости центробежного нагнетателя турбокомпрессора. Сжатый воздух направляется в воздухоохладитель, где его температура понижается. Далее по впускному коллектору и патрубкам он поступает к впускным клапанам, расположенным в цилиндрических крышках. Отработавшие газы удаляются из цилиндра через выпускные клапаны и по трубопроводу направляются к газовой турбине турбокомпрессора.

Система воздухообеспечения дизеля **K6S310DR** состоит из воздушного фильтра, турбокомпрессора, охладителя наддувочного воздуха, а также наддувочного и выпускного коллекторов.

Всасывание из атмосферы и сжатие воздуха осуществляются турбокомпрессором типа PDH50V. Воздух из турбокомпрессора, пройдя водовоздушный охладитель, поступает в наддувочный коллектор и затем в цилиндры дизеля.

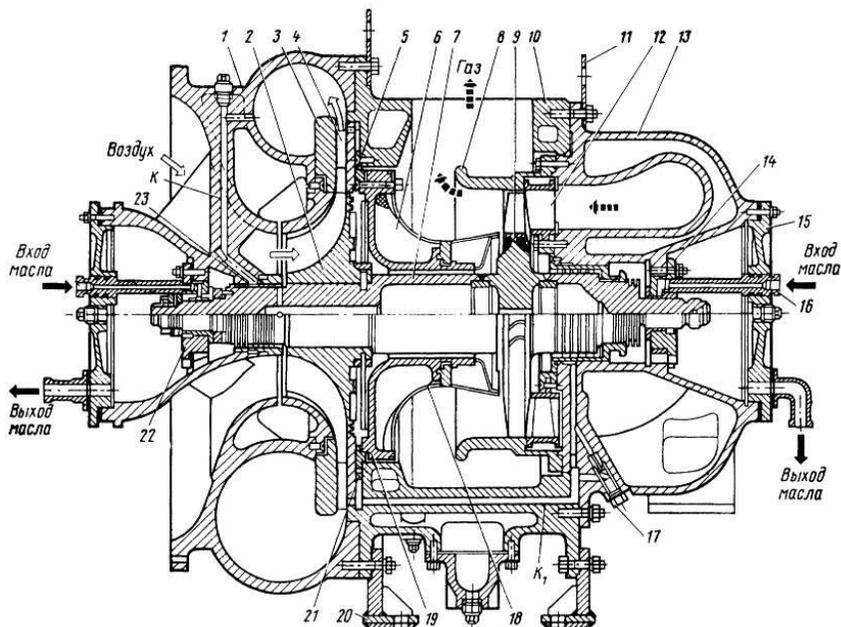
В дизеле **14Д40** воздух, необходимый для сгорания топлива, подается в цилиндры турбокомпрессорами и нагнетателем объемного типа (как на 2Д100). Два турбокомпрессора, приводимые во вращение за счет энергии выпускных газов, подают сжатый воздух в объемный нагнетатель, который, повышая давление, еще больше, нагнетает его в цилиндры дизеля через ресивер и продувочные окна втулок. В дизеле **11Д45** в качестве второй ступени наддува используется нагнетатель центробежного типа, аналогичный используемому на дизеле 10Д100.

В дизеле **M756** воздух сжимается центробежным турбокомпрессором. Отработавшие газы к турбине подводятся по четырем трубопроводам от разделенных выпускных коллекторов. Каждый коллектор объединяет три цилиндра.

На дизеле **Д49** двухступенчатые воздухоочистители расположены на боковых стенках кузова в его средней части. Воздух засасывается из окружающей среды через регулируемые жалюзи. Пройдя фильтры, он поступает в нагнетатель турбокомпрессора. Дизель Д49 снабжен системой газотурбинного наддува с одноступенчатым сжатием воздуха и последующим его охлаждением в трубчатом воздухоохладителе. После охлаждения он поступает в ресивер блока, проходящий в развале цилиндров вдоль всего дизеля, а оттуда – через впускные клапана в цилиндры.

Отработавшие газы из цилиндров через открытые в период выпуска клапана поступают в расположенные с наружной стороны дизеля патрубки и далее – в газовую турбину, где их энергия используется для приведения во вращение ротора турбокомпрессора. Из турбины отработавшие газы по впускному патрубку направляются в глушитель и далее – в атмосферу.

Турбокомпрессором (рисунок 6.1) называется агрегат, объединяющий осевую одноступенчатую реактивную газовую турбину и центробежный компрессор (нагнетатель). Предназначен для повышения давления воздуха, нагнетаемого в цилиндры. На тепловозных дизелях устанавливаются турбокомпрессоры унифицированного ряда ТК, с осевой газовой турбиной и центробежным нагнетателем.



1 – корпус компрессора; 2 – рабочее колесо; 3 – вставка; 4 – диффузор; 5, 23 – лабиринтное уплотнение; 6 – кожух теплоизоляционный; 7 – ротор; 8 – кожух соплового аппарата; 9 – рабочее колесо турбины; 10 – корпус выпускной; 11 – проушина; 12 – сопловой аппарат; 13 – корпус газоприемный; 14 – опорный подшипник; 15 – крышка подшипника; 16 – штуцер; 17 – дроссель; 18 – экран; 19 – кожух ротора; 20 – кронштейн; 21 – лабиринт; 22 – опорно-упорный подшипник

Рисунок 6.1 – Турбокомпрессор типа ТК

Внутри каждого типа компрессоров существует несколько модификаций, различающихся главным образом конструкцией корпусов, монтажных фланцев и рабочими характеристиками в зависимости от числа и расположения цилиндров дизеля. Существуют четыре основных типа турбокомпрессоров: ТК-23 (**М756**), ТК-30 (**ПД1М**), ТК-34 (**10Д100, 11Д45**), ТК-38 (**Д49**). Буквы ТК означают турбокомпрессор, а цифры 23, 30 и т. д. – диаметр колеса компрессора в сантиметрах.

Газовая турбина турбокомпрессора является лопаточным тепловым двигателем, который преобразует энергию газового потока в механическую работу. Элементами, преобразующими энергию газа, являются сопловой аппарат и рабочее колесо с лопатками по окружности. Газовый тракт, сопловой аппарат, зазор и межлопаточные каналы называются *проточной частью турбины*.

Отработавшие газы из выпускного коллектора дизеля поступают в сопловой аппарат. Здесь их скорость значительно возрастает, так как тепловая (потенциальная) энергия газа превращается в кинетическую. Из сопел газ поступает на лопатки и проходит между ними по криволинейным каналам, создавая вращающий момент на валу. В зависимости от характера протекания газового потока по межлопаточным каналам турбины делятся на *активные* и *реактивные*. В активных турбинах на рабочих лопатках не происходит изменения давления и температуры газа, его относительная скорость в межлопаточных каналах практически не изменяется.

В *реактивных турбинах* процесс расширения газа, начавшийся в сопловом аппарате, продолжается и в межлопаточных каналах турбинного колеса. Процесс преобразования тепловой (потенциальной) энергии в кинетическую происходит также и в рабочих лопатках, вследствие чего относительная скорость газа в межлопаточных каналах возрастает, а его давление и температура снижаются. Так как при этом рабочее колесо турбины вращается с высокой частотой, то уменьшается также и абсолютная скорость газового потока на выходе из межлопаточных каналов.

Отработавшие газы подводятся к сопловому аппарату с температурой порядка 600 °С и скоростью 40–60 м/с. На выходе из соплового аппарата температура и давление газа снижаются, а его скорость возрастает до 300–500 м/с. При протекании по межлопаточным каналам рабочего колеса температура и давление газа продолжают снижаться. На выходе из лопаток колеса его температура на 150–200 °С ниже, чем на входе. Механическая работа на лопатках турбинного колеса совершается за счет разности энергий газового потока до и после лопаточного аппарата.

Корпус компрессора, его выпускная и газоприемная части отлиты из алюминиевого сплава и скреплены между собой шпильками. Внутри на подшипниках скольжения уложен полый сварной ротор из стали. К нему приварено рабочее колесо газовой турбины. Рабочее колесо компрессора напрессовано на ротор и закреплено штифтами. Лопатки и диск колеса турбины изготовлены из жаропрочной стали и соединены при помощи “елочных” замков или сварки (рисунок 6.2). Колесо компрессора изготовлено из алюминиевого сплава. Между улиткой и колесом установлен диффузор в виде диска с лопатками, служащий для повышения давления воздуха и уменьшения гидравлических потерь в воздушном потоке.

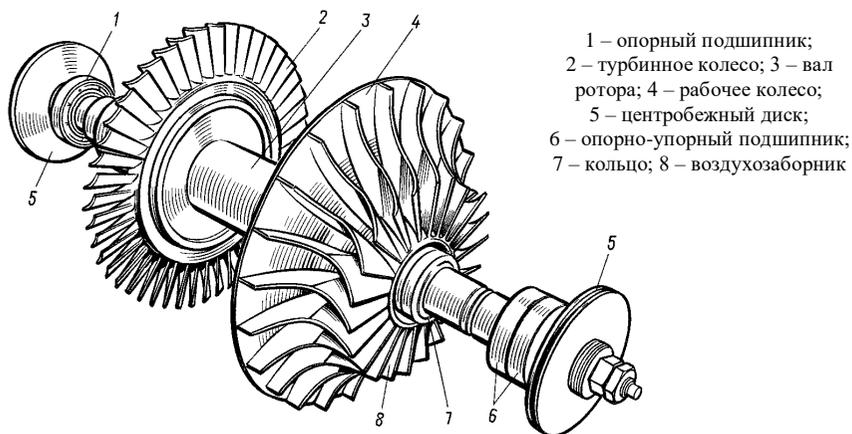
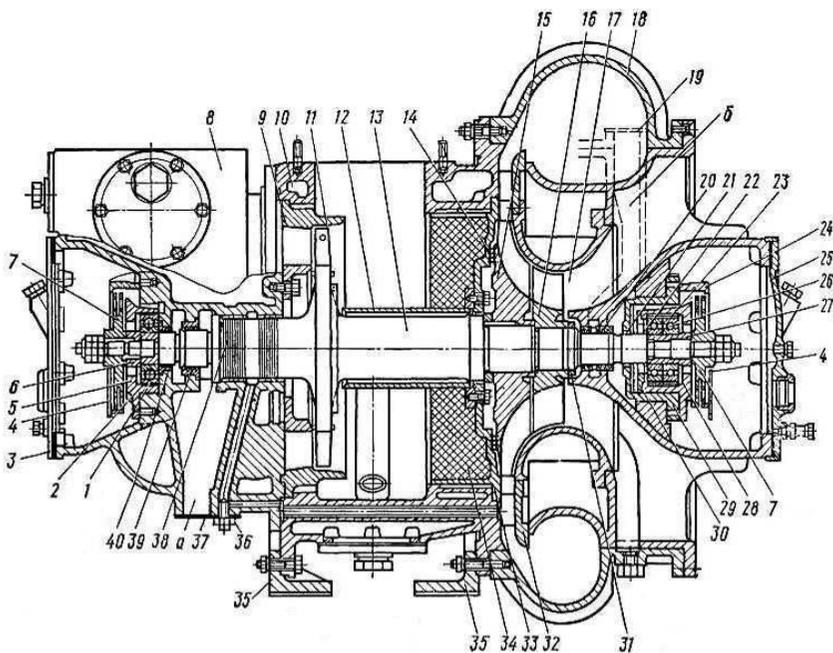


Рисунок 6.2 – Ротор турбокомпрессора дизеля K6S310DR

На тыльной стороне колеса компрессора сделаны кольцевые выступы, которые с малым зазором сопрягаются на неподвижном диске – лабиринте, образуя лабиринтное уплотнение. Со стороны компрессора расположен опорно-упорный подшипник ротора, который воспринимает усилия, направленные от рабочего колеса турбины. Со стороны турбины установлен опорный подшипник. Лабиринтное уплотнение препятствует переносу масла воздухом из полости подшипников в компрессор. Это уплотнение состоит из двух упругих колец, установленных в ручки шейки вала и лабиринта. В пространство между ними по каналу подается сжатый воздух из нагнетательной полости, что устраняет разрежение, передаваемое по зазору вдоль вала из всасывающей полости и способствует надежному разобщению полостей опорно-упорного подшипника и компрессора. Аналогичное уплотнение, установленное на другом конце вала ротора, не допускает проникновения горячих газов в полость опорного подшипника, а также просачивания масла к нагретым частям вала. Уплотнение состоит из двух колец и двух лабиринтов, между которыми поступает сжатый воздух из нагнетательной полости. Утечке воздуха препятствует специальное лабиринтное уплотнение (рисунок 6.3).

Выпускной и газоприемный корпус охлаждаются водой, подводимой из системы охлаждения дизеля. Для уменьшения теплового воздействия отработавших газов на вал ротора и компрессорную часть в выпускном корпусе установлен теплоизоляционный кожух с экраном. К газоприемному корпусу крепится кожух соплового аппарата. Кожухи образуют кольцевой канал для выхода газов из турбины с наименьшим сопротивлением.

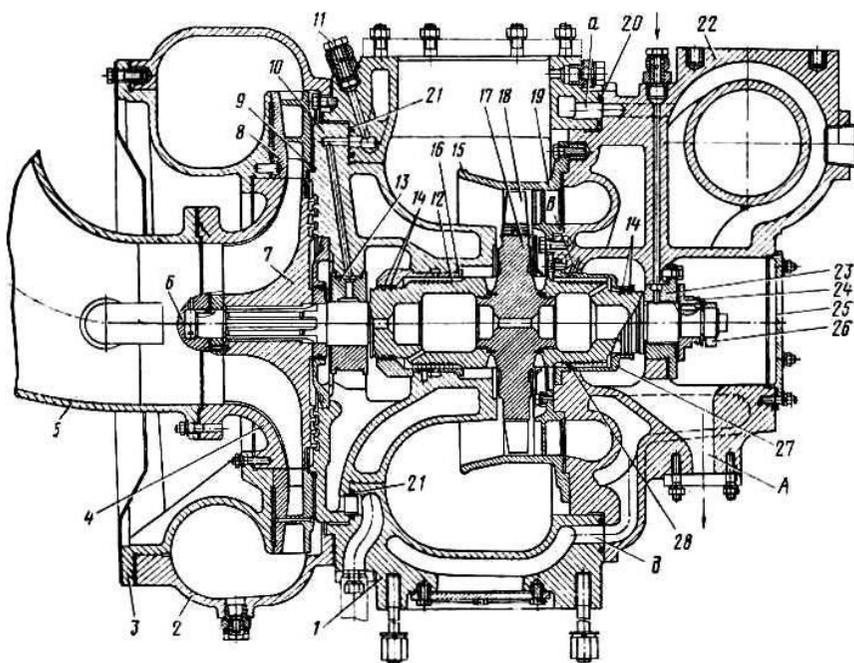


- 1, 26 – подшипники; 2, 22, 23, 28 – пластины упругие; 3, 25 – крышки; 4 – защитный лист; 5, 24 – корпуса подшипниковых опор; 6, 27 – втулки внутренние; 7 – насосный центробежный диск; 8 – газоприемный корпус турбины; 9 – аппарат сопловой; 10 – средний корпус турбины; 11 – лопатки турбины; 12 – кожух ротора; 13 – ротор турбокомпрессора; 14, 20, 21, 38, 39, 40 – уплотнения лабиринтные, 15 – рабочее колесо компрессора; 16 – заборник колеса компрессора; 17 – направляющая часть корпуса; 18 – корпус компрессора; 19, 37 – сетки; 29 – постель подшипниковой опоры; 30 – крышка корпуса опоры; 31 – кольцо крепежное; 32 – диффузор компрессора; 33 – стенка компрессора; 34 – теплоизоляционный материал; 35 – кронштейн; 36 – дроссель, а, б – полости уравнивательные

Рисунок 6.3 – Турбокомпрессор дизеля K6S310DR

Работа турбокомпрессора происходит следующим образом. Отработавшие газы поступают в газоприемный корпус, а оттуда – на лопатки соплового аппарата и далее – на лопатки рабочего колеса турбины. В сопловом аппарате скорость газов значительно возрастает, в результате чего струя давит на лопатки колеса турбины, заставляя его вращаться. Через выпускной патрубок отработавшие газы удаляются в атмосферу. При вращении ротора вращается и рабочее колесо компрессора, которое через каналы засасывает воздух, сжимает его и вытесняет через диффузор в улитку компрессора, откуда он поступает в охладитель, а затем в наддувочный коллектор и цилиндры дизеля. Подшипники вала ротора

смазываются маслом, поступающим из масляной системы двигателя. При работе на номинальной мощности ротор турбокомпрессора вращается с частотой 18000–20000 об/мин (рисунок 6.4).

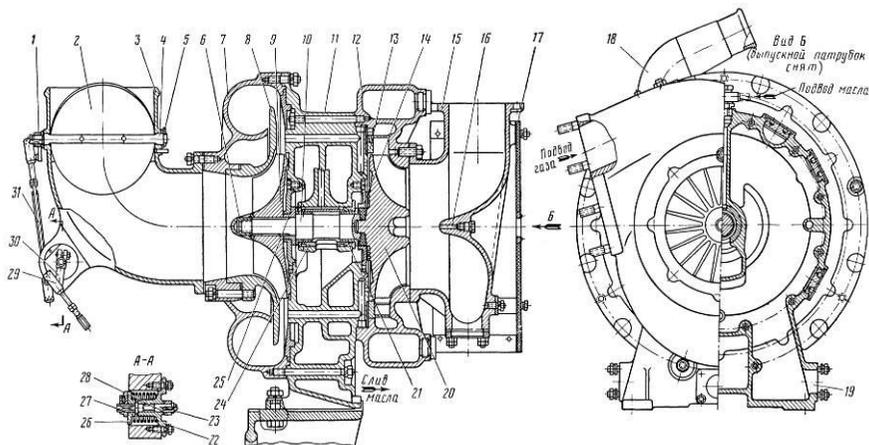


1 – выпускной корпус; 2 – воздушная улитка; 3, 4, 10 – проставки; 5 – входной патрубок; 6 – обтекатель; 7 – колесо компрессора; 8 – диффузор; 9, 21 – резиновые кольца; 11 – штуцер; 12, 28 – гребешки; 13 – опорный подшипник; 14, 20 – уплотнительные кольца; 15 – кожух; 16, 27 – втулки; 17 – турбинный диск; 18 – рабочая лопатка; 19 – сопловой аппарат; 22 – газовая улитка; 23 – упорный подшипник; 24 – фланец; 25 – крышка; 26 – гайка

Рисунок 6.4 – Турбокомпрессор дизеля 14Д40

Турбокомпрессор ТКР-23 дизеля М756 (рисунок 6.5) состоит из трех основных узлов: центробежного компрессора, турбины и корпуса подшипников, в которых устанавливается вал турбокомпрессора. Центробежный компрессор состоит из полузакрытой крыльчатки корпуса и входного патрубка, изготовленных из алюминиевого сплава. Колесо компрессора установлено на шлицевой конец вала ротора, затянуто гайкой и застопорено шайбой. Безлопаточный диффузор образован торцовыми стенками корпуса подшипников и вставкой. Корпус компрессора имеет улитку с двумя подводами воздуха к всасывающим коллекторам дизеля.

Впускной патрубок крепится на фланце корпуса компрессора. Рабочее колесо турбины полуоткрытого типа с радиальными лопатками, отлито из жаропрочной стали и закреплено на валу сваркой. Корпус турбины, отлитый из жаропрочного чугуна, имеет фланцы со шпильками для крепления газоподводящих и выпускного патрубков.



- 1, 28, 30 – рычаги; 2 – заслонка; 3 – впускной патрубок; 4 – ось заслонки; 5 – рукоятка; 6 – гайка; 7 – корпус компрессора; 8 – вставка; 9 – колесо компрессора; 10 – ротор; 11 – корпус подшипников; 12 – корпус турбины; 13 – сопловой венец; 14, 25 – уплотнительные кольца, 15 – выпускной патрубок турбины; 16 – отверстие для замера давления; 17 – экран; 18 – патрубок отвода воды; 19 – отверстие для подвода воды; 20 – колесо турбины; 21 – плавающая втулка; 22 – крышка; 23 – валик; 24 – втулка; 26 – пружина; 27 – шайба; 29, 31 – тяги

Рисунок 6.5 – Турбокомпрессор дизеля М756

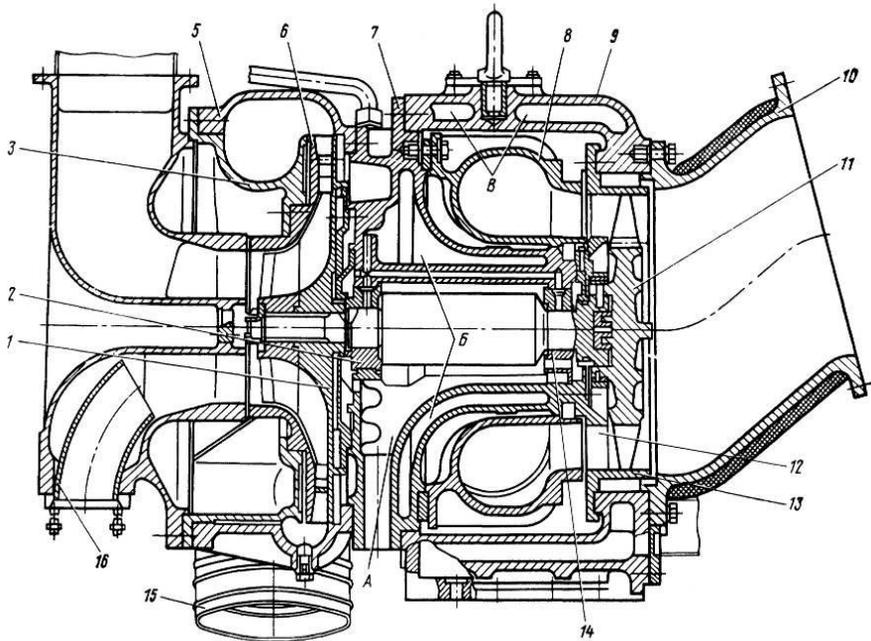
В корпусе подшипников запрессована стальная втулка, в которую с зазором вставлены плавающие бронзовые втулки, выполняющие роль скользящих опорных и упорных подшипников ротора турбокомпрессора.

По трубке от наружного масляного трубопровода дизеля масло по сверлениям поступает к подшипникам, а оттуда сливается в нижнюю часть кронштейна турбокомпрессора и в картер дизеля. Подшипники от газовой и воздушной полостей турбины и компрессора отделяют лабиринтные уплотнительные кольца. Корпус подшипников охлаждается водой, которая поступает во внутреннюю полость корпуса через два боковых отверстия и отводится через патрубок, расположенный в верхней части.

Кронштейн представляет собой отливку из алюминиевого сплава с центрирующим пояском и фланцем для крепления к картеру дизеля. На

опорный фланец сверху кронштейна устанавливают турбокомпрессор, который крепят лапами к раме дизеля. В расточке центральной части кронштейна установлен стакан с подшипниками и валом дополнительного отбора мощности для привода вспомогательных агрегатов тепловоза.

На дизель-генераторе **2А-5Д49** тепловоза ТЭП70 установлен турбокомпрессор типа ТК-38 (рисунок 6.6). Он расположен на кронштейне переднего торца дизеля и состоит из одноступенчатой осевой турбины и центробежного нагнетателя. Характерная особенность этого турбокомпрессора – консольное расположение колес нагнетателя и турбины. Опорно-упорный и опорный подшипники ротора расположены между рабочими колесами.



- 1 – колесо компрессора; 2 – опорно-упорный подшипник; 3 – проставок; 4 – входной патрубок;
 5 – корпус компрессора; 6 – лопаточный диффузор; 7 – корпус средний; 8 – улитка газовая;
 9 – корпус турбины; 10 – патрубок выпускной; 11 – колесо турбины; 12 – сопловой аппарат;
 13 – обод; 14 – опорный подшипник; 15, 16 – трубы

Рисунок 6.6 – Турбокомпрессор дизеля Д49

Остов турбокомпрессора состоит из корпусов: компрессора, среднего и корпуса турбины. Правильное соосное расположение корпусов при сборке

обеспечивается центрирующими буртами. Средний корпус служит для размещения в нем подшипников и деталей системы уплотнений, образован верхней и нижней половинами, которые стыкуются по горизонтальной диаметральной плоскости и скрепляются болтами. К корпусу компрессора присоединен двухзаходный патрубок для всасывания воздуха. В него вмонтирована труба, по которой из картера дизеля отсасываются прорвавшиеся газы. Корпус компрессора и проставок образуют воздушную улитку, из которой сжатый воздух поступает в охладитель и далее – во впускной коллектор дизеля.

Масло для смазывания трущихся поверхностей подшипников поступает из масляной системы двигателя по каналам в корпусе. Каждый подшипник состоит из двух бронзовых половин, покрытых прирабочным слоем.

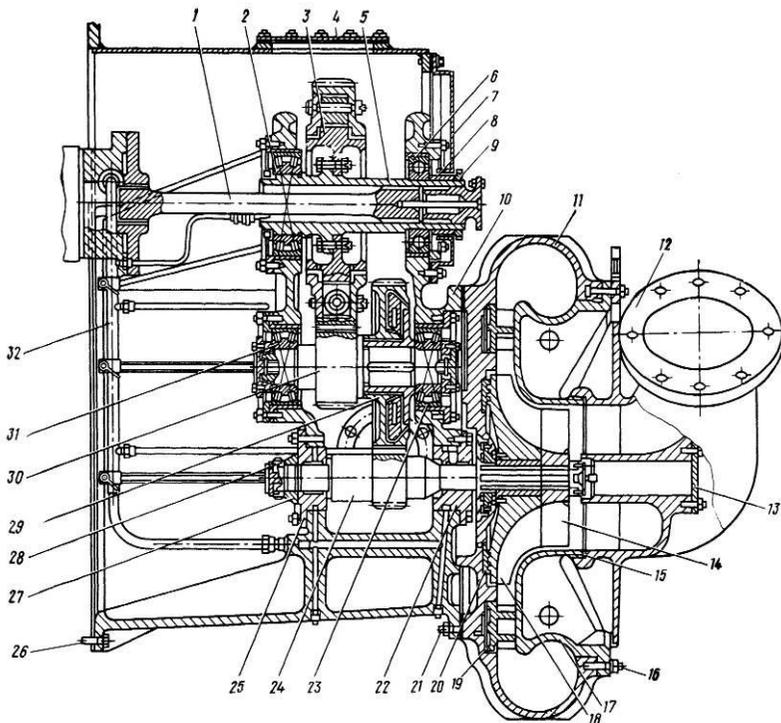
К корпусу турбины болтами прикреплены обод и выпускной патрубок. Сопловой аппарат и турбинное колесо расположены внутри обода, образуя проточную часть газовой турбины. Сопловой аппарат отлит из жаропрочной стали и состоит из двух половин. Газовая двухпоточная улитка присоединена болтами к среднему корпусу.

В полостях среднего корпуса и корпуса турбины циркулирует вода, подводимая из системы охлаждения дизеля. Выпускной патрубок отлит из стали и покрыт теплоизоляционным асбестовым слоем и стеклотканью. Вал ротора откован из легированной стали. Колесо компрессора изготовлено из алюминия, насажено на шлицы вала и закреплено гайкой. Колесо турбины выполнено из жаропрочной стали, посажено на вал с натягом и зафиксировано штифтами. Рабочие лопатки газового колеса изготовлены из жаропрочного сплава и укреплены на диске турбинного колеса при помощи “елочных” замков. На торцевой части колеса компрессора и внутренней стороне диска турбинного колеса расположены лабиринтные уплотнения.

Центробежный нагнетатель второй ступени дизеля **10Д100** (рисунок 6.7) выполнен вместе с редуктором привода как единый агрегат. Он служит для подачи воздуха в цилиндры при запуске дизеля, когда турбокомпрессоры еще не работают, а также для дополнительного сжатия воздуха после первой ступени при работе дизеля под нагрузкой.

Центробежный нагнетатель приводится во вращение от верхнего коленчатого вала дизеля. Редуктор, смонтированный в алюминиевом корпусе – двухступенчатый, повышающий, состоит из двух пар цилиндрических шестерен с общим передаточным отношением 10, при работе дизеля на номинальном режиме воздушное колесо нагнетателя вращается с частотой 8500 об/мин. Весь агрегат (редуктор с нагнетателем) крепится болтами к торцу блока дизеля над тяговым генератором. Корпуса редуктора и нагнетателя соединены шпильками. На тыльной стороне

рабочего колеса нагнетателя выполнено лабиринтное уплотнение, препятствующее пропуску сжатого воздуха из нагнетательной полости компрессора в корпус редуктора и попаданию масла из редуктора в нагнетатель.



- 1 – торсионный вал; 2, 23, 31 – роликовые подшипники; 3 – шестерня с упругой муфтой;
 4, 7, 13 – крышки; 5 – втулка полая; 6 – шариковый подшипник; 8 – втулка с
 маслосбрасывающей резьбой; 9, 28 – гайки; 10 – корпус редуктора; 11 – корпус нагнетателя;
 12 – патрубок подводящий; 14 – направляющий аппарат; 15 – кольцо уплотнительное; 16, 21 –
 шпильки,
 17 – крышка корпуса нагнетателя; 18 – колесо нагнетателя; 19 – диффузор; 20 – лабиринтное
 уплотнение; 22 – опорный подшипник; 24 – вал рабочего колеса нагнетателя; 25 – опорно-
 упорный подшипник; 26 – болт; 27 – пята; 28 – втулка; 29 – шестерня с центробежной муфтой;
 30 – шестерня промежуточная; 32 – масляный трубопровод

Рисунок 6.7 – Центробежный нагнетатель второй ступени с редуктором дизеля
 10Д100

Вращающий момент от верхнего вала дизеля передается через торсионный вал, полую втулку, шестерню с упругой муфтой, промежуточную шестерню и шестерню с центробежной муфтой на вал

рабочего колеса нагнетателя. Стальной торсионный вал левым шлицевым концом входит в шлицы фланца, соединенного с концом коленчатого вала. Другим (правым) шлицевым кольцом он входит во внутренние шлицы полой втулки. В средней части втулки имеется фланец, к которому крепится болтами венец упругой шестерни. Полая втулка с левой стороны опирается на роликовый подшипник, а с правой – на шариковый. Вал промежуточной шестерни уложен на роликовые сферические подшипники, а вал рабочего колеса нагнетателя опирается на упорно-опорный бронзовый с баббитовой заливкой и опорный подшипники. Воздушное колесо нагнетателя изготовлено из алюминиевого сплава. Оно консольно посажено на шлицевой хвостовик вала и закреплено гайкой. Вал рабочего колеса выполнен за одно целое с цилиндрической шестерней. Улиточная часть корпуса нагнетателя соединена с охладителем наддувочного воздуха. При работе дизеля воздух от турбокомпрессоров по воздушным трубопроводам, расположенным в верхней части дизеля по обеим его сторонам, поступает через двухзаходный патрубок во вращающийся направляющий аппарат и далее – на лопатки рабочего колеса, в диффузор, периферийную часть корпуса нагнетателя (двухспиральную улитку), а затем в охладитель.

Масло для смазывания шестерен и всех трущихся деталей редуктора и нагнетателя подается из верхнего масляного коллектора дизеля по трубопроводу и далее по подсоединенным к нему разводящим трубкам – к подшипникам и шестерням.

Нагнетатель объемного типа дизеля **14Д40** (рисунок 6.8) приводится от коленчатого вала. Сверху к фланцу его корпуса прикреплен переходный патрубок, ведущий к турбокомпрессорам. На боковых сторонах корпуса имеются каналы для прохода воздуха в надувочный ресивер дизеля. Нагнетатель прикреплен к редуктору фланцем, специальными болтами и шпильками.

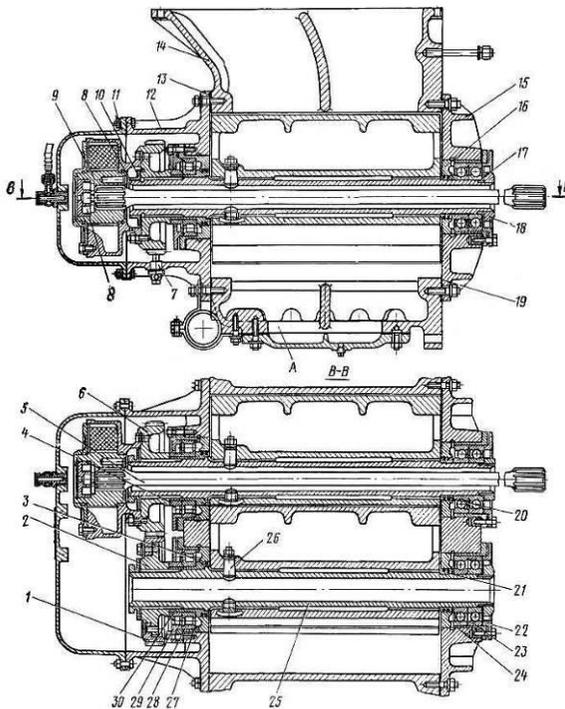
Передняя и задняя крышки изготовлены из алюминиевого сплава. В крышки вставлены стальные втулки для упорных подшипников, фиксируемых нажимными фланцами. Роторы изготовлены из алюминиевого сплава. Лопастей роторов – спиральные, что обеспечивает плавную подачу воздуха и уменьшает шум во время работы нагнетателя.

Роторы соединены с валами при помощи треугольных шлицев. Для фиксации ротора в осевом направлении, а также для частичного восприятия осевых нагрузок со стороны шестерни установлен конический штифт.

На концы валов напрессованы стальные втулки, в азотированных ручьях которых находятся упругие уплотнительные кольца из стали, покрытые хромом. Радиально-упорные подшипники напрессованы на валы и зафиксированы гайками со стопорными шайбами. Радиальные роликовые подшипники напрессованы на втулки. Подшипники, кольца и шестерни крепят на валах упругими гайками со стопорными шайбами. Косозубые

шестерни изготовлены из легированной стали. Поверхности зубьев цементированы и закалены.

Шестерни связи закрыты с торца кожухом. Масло для смазки подшипников качения подводится из масляной магистрали через редукционный клапан. Смазка шестерен производится из масляной магистрали дизеля через сопловое отверстие с проходным сечением 2,5 мм. Передние шлицы торсионного вала смазываются из масляной магистрали через штуцер с отверстием диаметром 2 мм.



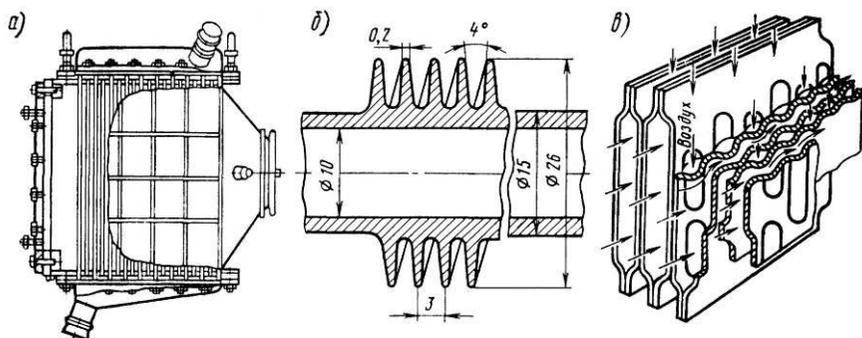
- 1, 6 – шестерни связи;
- 2 – ступица;
- 3, 20 – уплотнительные кольца; 4 – кольцо; 5 – торсионный вал; 7 – сопло;
- 8 – упругая гайка; 9 – эластичная муфта; 10 – замочная пластина;
- 11 – кожух; 12 – передняя крышка; 13, 19 – прокладки;
- 14 – корпус; 15 – задняя крышка; 16 – кольцо;
- 17 – шайба; 18 – гайка;
- 21 – втулка;
- 22, 29 – нажимные фланцы;
- 23 – упорный подшипник;
- 24, 27, 30 – стальные втулки;
- 25 – вал; 26 – конический штифт; 28 – роликовый подшипник

Рисунок 6.8 – Центробежный нагнетатель второй ступени с редуктором дизеля 10Д100

Воздухоохладители. Охлаждение наддувочного воздуха после сжатия – один из основных способов повышения мощности, экономичности и надежности работы дизелей с наддувом. Из известных вариантов охлаждения (поверхностные воздухоохладители, устройства испарительного типа с впрыском воды, частичным расширением в цилиндре и т. д.) в тепловозных дизелях применяются поверхностные воздухоохладители. В

них по одну сторону поверхности циркулирует сжатый воздух, а по другую – охлаждающая вода (реже – атмосферный воздух).

В тепловозных дизелях применяются поверхностные охладители с различными по конструкции охладительными элементами. В дизелях **10Д100**, **ПД1М**, **К6С310DR** и **11Д45** это круглые трубки с проволочной спиралью, напаянной снаружи трубок. На дизелях типа **Д49** применяются круглотрубчатые элементы с поперечно-винтовыми ребрами, изготовленными накаткой. В дизеле **14Д40** в связи с малой надежностью работы пластинчатый охладитель заменен круглотрубчатым с поперечно-винтовыми ребрами (рисунок 6.9).



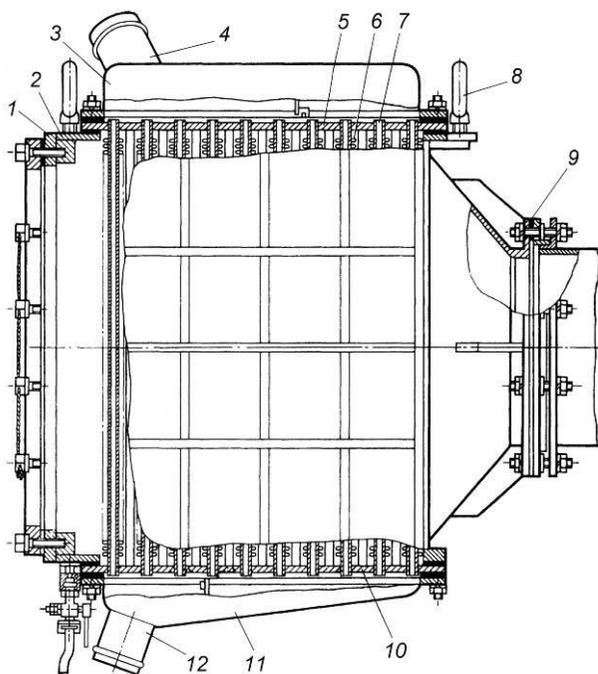
а – охладитель дизеля 10Д100 с круглыми трубками и проволочной спиралью;
б – круглотрубчатый элемент охладителя дизеля Д49; *в* – охлаждающий элемент охладителя дизеля 11Д45

Рисунок 6.9 – Воздухоохладители и их элементы

На дизеле **10Д100** воздухоохладители укреплены на торце блока по обе стороны от редуктора центробежного нагнетателя. В сварном корпусе в шахматном порядке расположены охлаждающие трубки, которые концами заделаны в нижней и верхней трубных досках (рисунок 6.10).

Доски притянуты к корпусу шпильками с упорными буртами, одновременно служащими для крепления крышек. Внутри стальных сварных крышек имеются ребра жесткости и перегородки с уплотнительными резиновыми прокладками, которые обеспечивают трехходовую циркуляцию воды. Вода циркулирует по трубкам, а воздух омывает их снаружи. Для увеличения охлаждающей поверхности к трубкам припаяна проволочная спираль (оребрение). Вода из системы подводится к патрубку нижней крышки, совершает три хода (вверх, вниз и снова вверх) по медным трубкам воздухоохладителя и далее через патрубок в верхней крышке направляется к радиаторам тепловоза. Горячий воздух, имеющий

после центробежного нагнетателя температуру 120–130 °С, поступает в воздухоохладитель через отверстие во фланце, обтекает снаружи оребренную поверхность трубок, отдает тепло протекающей по трубкам воде и охлажденный до 60–70 °С направляется через окна в торце блока, к которому крепятся воздухоохладители, в воздушные ресиверы дизеля и далее – в цилиндры.



- 1 – фланец привалочный;
- 2 – корпус;
- 3, 11 – верхняя и нижняя крышки; 4 – патрубок отвода охлаждающей воды;
- 5, 10 – верхняя и нижняя трубные доски;
- 6 – охлаждающая проволочная спираль;
- 7 – трубка охлаждающая;
- 8 – рым-болт;
- 9 – фланец; 12 – патрубок подвода охлаждающей воды

Рисунок 6.10 – Воздухоохладитель дизеля 10D100

Охладитель наддувочного воздуха дизеля **K6S310DR** (рисунок 6.11) состоит из двух досок, в отверстия которых вставлены и развальцованы водонепроницаемые концы оребренных трубок. Тонколистовые прямоугольные пластины оребрения набираются на две трубки и совместно с ними составляют трубчатый элемент. Внутри трубок образуется водяная, а между трубок – воздушные полости. Водяные полости закрыты стальными крышками с перегородками, создающими четыре противоточных контура охлаждающей воды с фланцами.

Аналогична конструкция воздухоохладителя дизеля типа **Д49**. По охлаждающей воде он выполнен двухходовым. Вода поступает в охладитель

по трубке в нижней крышке, проходит по трубкам одной, а затем второй половины секций и выходит через патрубок. Пар из водяной полости отводится через трубку, установленную в верхней крышке.

Воздухоохладители других тепловозных дизелей имеют аналогичный принцип работы и различаются лишь конструктивным исполнением. Все они представляют собой водовоздушные теплообменники трубчатого типа с оребрением.

- 1 – водяной патрубок;
- 2, 7 – крышки;
- 3 – трубная доска;
- 4 – латунная трубка;
- 5 – бонка;
- 6 – боковой лист;
- 8 – рамка;
- 9 – перегородка

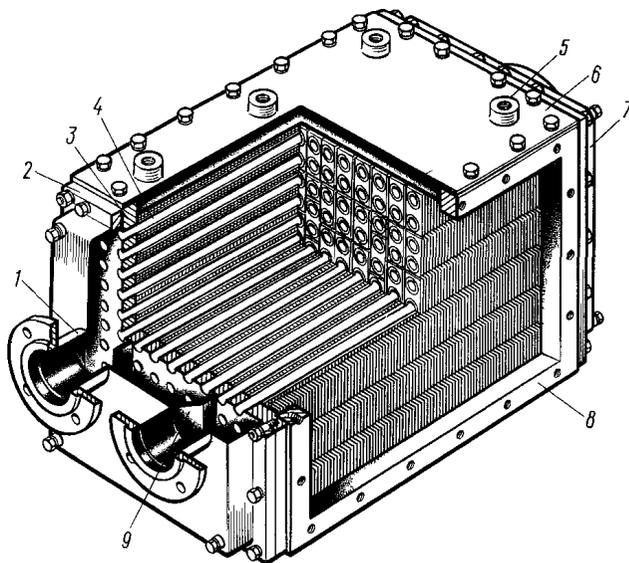


Рисунок 6.11 – Воздухоохладитель дизеля 10Д100

Воздухоохладитель на дизеле **10Д100** установлен после второй ступени сжатия, а на дизеле **11Д45** – между первой и второй ступенями сжатия наддувочного воздуха. На дизеле **М756** промежуточное охлаждение наддувочного воздуха не применяется.

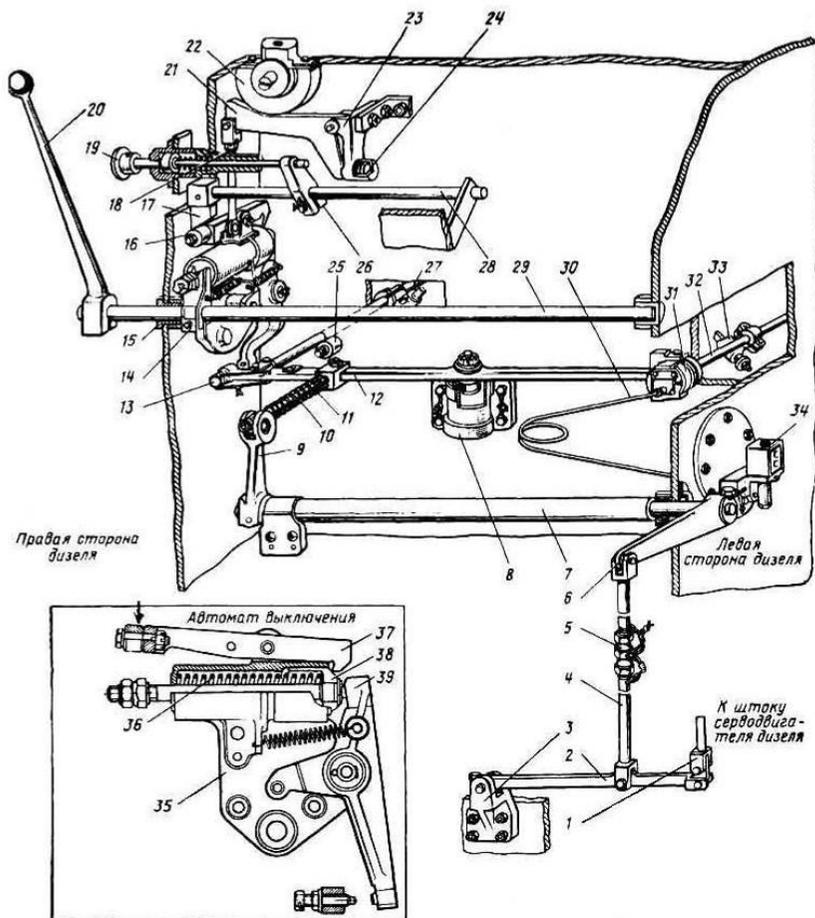
7 АППАРАТУРА ЗАЩИТЫ ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Аппаратура защиты предназначена для предохранения двигателя от аварийных режимов работы. Включает в себя следующие устройства:

- ограничения максимальной частоты вращения и аварийной остановки;
- защиты от взрыва паров масла в картере;

- защиты от перегрева охлаждающей жидкости;
- защиты от падения давления в системе смазки.

Устройство ограничения максимальной частоты вращения и аварийной остановки. На дизеле типа 10Д100 данное устройство состоит из автомата выключения, вала взвода автомата и рычага отключения подачи топлива (рисунок 7.1).



- 1 – шток серводвигателя; 2 – рычаг регулятора; 3, 9, 34 – кронштейны; 4 – вертикальная тяга; 5 – муфта; 6 – рычаг промежуточного вала; 7 – вал промежуточный; 8 – кронштейн коромысла; 10 – рычаг стопорной тяги; 11, 20 – гайки; 12 – стопорная тяга; 13 – пружина; 14 – болт; 15 – коромысло; 16 – регулировочный болт; 17, 30 – рычаги; 18, 28, 35 – пружины; 19 – кольцо уплотнительное; 21 – ролик; 22 – кулачок; 23 – тяга; 24 – плунжер; 25 – кнопка выключателя; 26 – рукоятка взвода; 27 – корпус; 29 – вилка; 31 – груз предельного регулятора; 32 – шток;

Рисунок 7.1 – Схема управления дизелем 10Д100

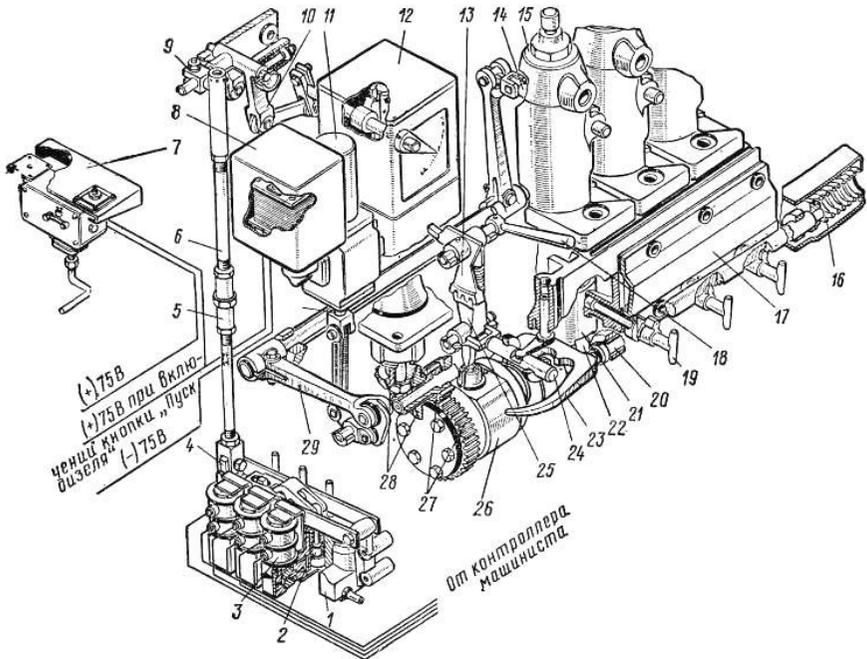
Автомат выключения предназначен для остановки дизеля под воздействием предельного регулятора или кнопки аварийной остановки. Прикреплен к боковому листу блока дизеля в отсеке управления. В расточке его корпуса установлен поршень со штоком, нагруженный затянутой пружиной. Зуб защелки удерживает поршень автомата выключения во взведенном состоянии. В рабочем диапазоне частоты вращения подковообразный груз, отрегулированный набором прокладок, прижимается к валу при помощи скобы и пружины. При частоте вращения кулачкового вала более 960 об/мин, преодолевая затяжку пружины, груз через рычаг и тягу поднимает защелку автомата выключения. Поршень через рычаг перемещает коромысло и тяги управления топливными насосами, происходит отключение подачи топлива – и дизель останавливается. Пружина является разобщающим элементом, позволяющим выключить подачу топлива воздействием на автомат выключения предельного регулятора либо кнопки аварийной остановки.

Для возвращения поршня автомата во взведенное положение служит специальная рукоятка. При повороте ее и рычага по часовой стрелке поршень затягивает пружину в корпус. При этом защелка стопорит автомат выключения во взведенном состоянии, а рычаг освобождает коромысло и тяги насосов. Для ручного аварийного отключения подачи топлива необходимо нажать специальную кнопку *АК*. Тогда вал кулачком отжимает ролик защелки автомата выключения. Зуб защелки освобождает поршень, и в дальнейшем дизель останавливается, как и при срабатывании предельного регулятора.

На дизеле **ПД1М** предельный выключатель вместе с шестерней привода регулятора прикреплен шестью болтами к фланцу кулачкового вала топливного насоса (рисунок 7.2). В корпусе предельного выключателя установлен конический штифт, на котором закреплен сердечник. На стержни сердечника надеты прижатые пружинами к корпусу грузы, связанные между собой свободно вращающимися на осях рычагами, обеспечивающими их совместное перемещение.

Вместе с грузами предельного выключателя в картере топливного насоса смонтированы верхний и нижний зубчатые секторы механизма аварийной остановки дизеля, связанные между собой зубьями и стянутые пружиной. На нижнем зубчатом секторе имеются два рычага: горизонтальный, который зацепляется с упорным валиком, и вертикальный, который воспринимает на себя удары грузов предельного выключателя. При частоте вращения коленчатого вала свыше 770–800 об/мин грузы под действием

центробежной силы преодолевают сопротивление пружины, расходятся и ударяют по выступу нижнего зубчатого сектора. Сектор поворачивается на оси, выходит из зацепления с упорным валиком, а выключающая тяга освобождается и передвигается под усилием пружины. Стопоры поворачиваются, входят в пазы в крышке картера топливных насосов, под усилием пружины передвигаются в сторону толкателей насосов, входят в отверстие корпусов толкателей и стопорят их в верхнем положении. Подача топлива прекращается.

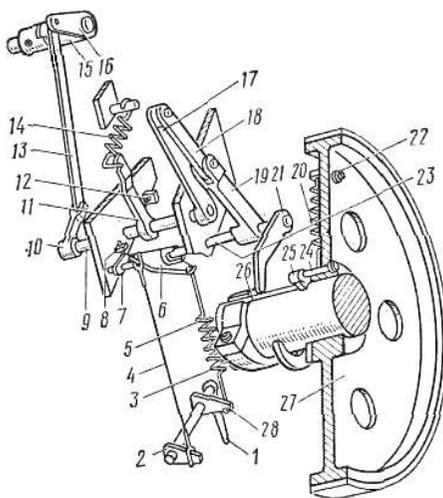


- 1 – механизм электропневматический; 2 – поршень цилиндра; 3 – вентиль электропневматический; 4 – рычаг главный; 5 – муфта регулировочная; 6 – тяга вертикальная; 7 – реле давления масла; 8 – магнит блокировочный; 9 – хомут; 10 – механизм рычажный; 11 – сервомотор;
- 12 – регулятор дизеля; 13 – верхний зубчатый сектор; 14 – рейка топливоподачи, 15 – секция насоса; 16 – пружина; 17 – крышка; 18 – рукоятка остановки дизеля; 19 – стопор; 20 – тяга выключения насоса; 21 – толкатель секции насоса; 22 – кулачковый вал; 23 – рукоятка установочная; 24 – валик упорный; 25 – нижний зубчатый сектор; 26 – выключатель предельный;
- 27 – шестерни цилиндрические привода регулятора; 28 – шестерни конические привода регулятора; 29 – рычажный механизм управления топливоподачей

Рисунок 7.2 – Схема управления дизелем РДЦМ

Также дизель может быть остановлен рукояткой аварийной остановки, закрепленной на оси верхнего зубчатого сектора. При ее повороте верхний зубчатый сектор действует через зубья на нижний, горизонтальный рычаг которого выходит из зацепления с упорным валиком. Дальнейшее срабатывание механизма аналогично отключению его предельным выключателем.

Предельный выключатель дизеля **K6S310DR** (рисунок 7.3) смонтирован на задней стенке блока и ступице ведомой шестерни привода распределительного вала. На диаметрально противоположных сторонах ступицы в отверстиях закреплены два пальца, на каждом из которых установлен неравноплечий груз. Вблизи обода шестерни в отверстиях установлены два других пальца, к которым подвешивают пружины, соединенные с короткими плечами грузов. В сжатом положении грузы удерживают пружины, натяжение которых регулируют болтами, установленными на пальцах. Расхождение грузов на одинаковое расстояние обеспечивает разъемная обойма, поворачивающаяся относительно распределительного вала. Обойма имеет продольные пазы, в которые заведены грузы пальцы. Поворот одного из грузов через палец и обойму передается пальцу другого груза, который подключает вторую пружину, выравнивающую отклонение грузов. Их максимальное отклонение ограничено упорами цилиндрической формы.



- 1 – рукоятка включения в рабочее положение;
 2, 7, 10, 11, 17-19, 28 – рычаги; 3 – обойма;
 4 – тросик; 5, 14 – пружины; 6 – рычаг с храповиком;
 8, 12 – упоры регулируемые; 9, 23 – валы; 13 – тяга;
 15 – наконечник; 20 – пружина грузов; 21 – лапа
 рычажная; 22, 24, 26 – пальцы; 25 – груз, 27 –
 ведомая шестерня привода распределительного вала

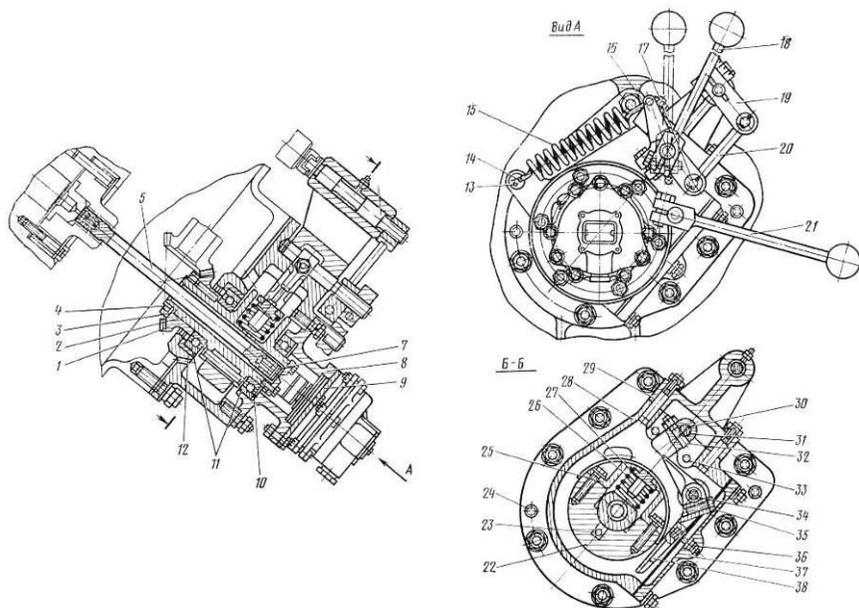
Рисунок 7.3 – Схема предельного выключателя дизеля K6S310DR

Когда частота вращения коленчатого вала превышает максимально допустимую 825–845 об/мин, грузы под действием центробежных сил

преодолевают усилие пружины, расходятся и хвостовиком ударяют по концу лапы рычажного механизма. Рычаги изгибаются в обратную сторону, и система становится неустойчивой. Вследствие этого пружина передвигает рычаг с храповиком до упора, а он в свою очередь поворачивает регулировочный вал топливных насосов и устанавливает рейки в положение прекращения подачи топлива.

Для восстановления предельного выключателя в рабочее положение необходимо вручную повернуть рукоятку рычагов против часовой стрелки. При этом специальный тросик повернет рычаг, зубья храповика которого войдут в зацепление с валом, и повернут его, пока рычаг не упрется в регулируемый упор. Рычаги возвратятся в свое первоначальное положение.

На дизеле 14Д40 (рисунок 7.4) предельный выключатель установлен на корпусе кожуха привода распределительного вала. На нем имеются рукоятки, служащие для аварийной остановки дизеля и для установки выключателя в рабочее положение.



- 1 – шестерня; 2 – вал; 3 – шайба; 4 – гайка; 5 – шлицевой валик; 6, 17, 30, 34 – валики;
 7, 10 – кольца; 8, 37, 29 – крышки; 9 – фланец; 11 – шарикоподшипник; 12 – втулка;
 13 – шплинт; 14 – ось; 15, 26, 36 – пружины; 16, 19, 31, 38 – рычаги; 18, 21 – рукоятки; 20 – тяга;
 22 – груз; 23, 24, 32, 35 – штифты; 25 – скоба; 27 – прокладка; 28 – корпус; 33 – упор

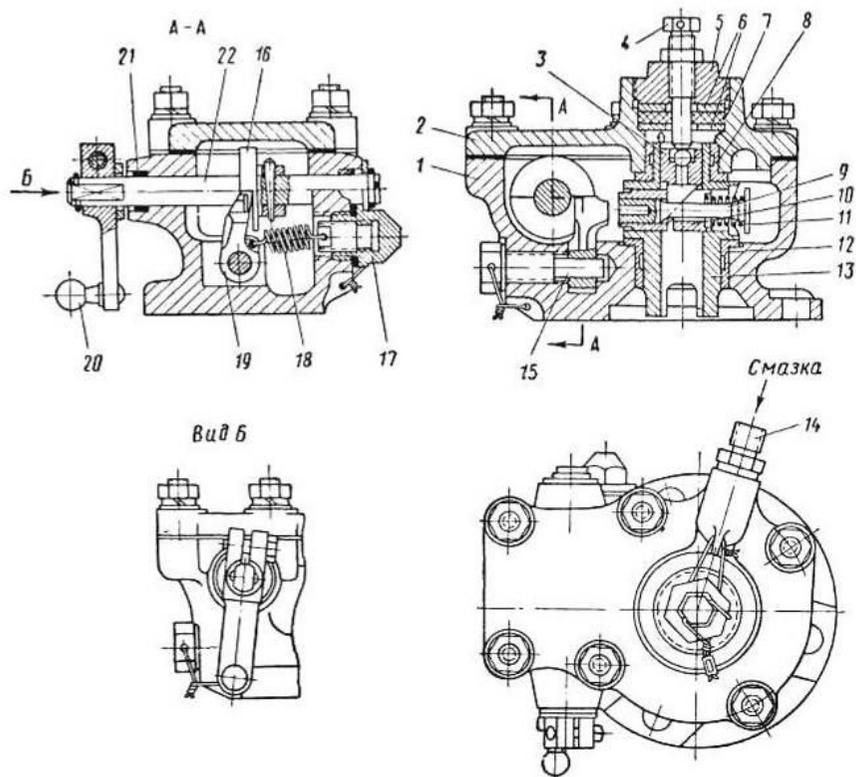
Рисунок 7.4 – Предельный выключатель дизеля 14Д40

Груз с пружиной и скобой установлен на валу при помощи штифта и вращается вместе с ним. Затяжка пружины регулируется с помощью прокладок так, чтобы выключатель срабатывал при частоте вращения 840–870 об/мин коленчатого вала.

При увеличении частоты вращения коленчатого вала свыше допустимой груз выключателя, преодолевая под действием центробежных сил затяжку пружины, перемещается в радиальном направлении и ударяет по рычагу, выводя его из зацепления с рычагом с валиком. Рычаг с валиком под действием другой пружины поворачивается до соприкосновения с упором. При этом привод управления топливным насосом устанавливает рейки на прекращение подачи, и двигатель останавливается.

На дизеле **М756**, независимо от регулятора, остановка осуществляется при превышении коленчатым валом числа оборотов 1875–2000 об/мин.

Остановка дизеля происходит при срабатывании расположенного на корпусе привода топливного насоса автомата защиты за счет перекрытия поступления воздуха в турбокомпрессор (рисунок 7.5). В расточке входного патрубка расположена заслонка, перекрывающая при срабатывании автомата входную воздушную магистраль. Для ручного открытия заслонки на оси имеется рукоятка, соединенная с тягой и рычагом, установленным на валике. Валик помещается в крышке, закрепленной на двух шпильках в проушине впускного патрубка. На нем установлены шайба и рычаг, соединенный тягой с автоматом предельных оборотов.



- 1 – корпус; 2 – крышка; 3, 10 – сухари; 4 – регулировочный болт; 5 – гайка; 6 – стальное кольцо; 7, 21 – резиновые кольца; 8, 12, 16 – втулки; 9 – грузик; 11, 18 – пружины; 13 – ротор; 14 – штуцер; 15 – ось; 17 – стакан, 19 – упор; 20 – рычаг, 19 – валик

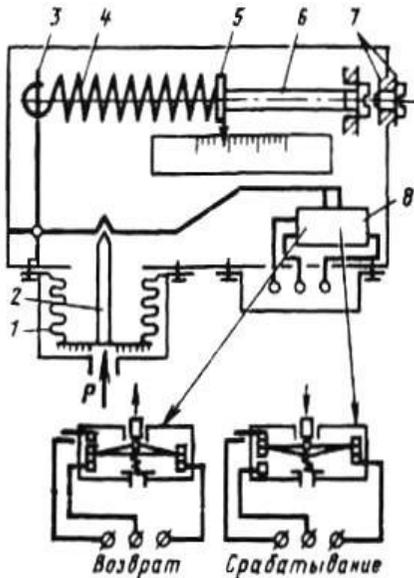
Рисунок 7.5 – Автомат предельных оборотов дизеля М756

Чувствительными элементами автомата являются грузик, сухари и пружина. Центр тяжести грузика смещен по отношению к оси вращения ротора, сухари имеют скосы под углом 45° и служат для регулировки допустимой частоты вращения. Перемещение сухарей, вызывающее поджатие или ослабление пружины, осуществляется регулировочным болтом, который упирается в шарик, находящийся в углублении верхнего сухаря.

При достижении ротором автомата максимально допустимой частоты вращения центробежная сила грузика преодолевает усилие пружины, он перемещается в радиальном направлении и сбивает упор, освобождающий втулку. Валик проворачивается, и пружина закрывает заслонку впускного

патрубка турбокомпрессора, перекрывая доступ воздуха в дизель. При последующем запуске валик проворачивается, а упор под действием пружины заскакивает за срез втулки и удерживает заслонку компрессора от закрытия.

В Д49 используются предельный регулятор и автомат выключения аналогичные дизелю 10Д100, которые срабатывают при достижении частоты вращения коленчатого вала 1115–1155 об/мин. Предусмотрены ручная и дистанционная аварийные остановки двигателя.



- 1 – сильфон; 2 – штوك сильфона; 3 – рычаг;
- 4 – пружина; 5, 7 – пробки; 6 – винт ходовой;
- 8 – микропереключатель

Рисунок 7.6 – Схема дифференциального манометра

Устройство защиты от взрыва паров масла в картере.

Взрывы могут быть вызваны местным перегревом деталей двигателя, концентрацией масляного пара при плохой вентиляции картера, а также прорывом газов из камеры сгорания.

В качестве устройства защиты на рассматриваемых дизелях используется водяной дифференциальный манометр, оснащенный парой контактов, связанных через источник постоянного напряжения и реле с регулятором частоты вращения (рисунок 7.6).

При повышении давления в картере выше допустимого разрывается цепь питания блокировочного магнита золотника остановки регулятора и подача топлива прекращается. Дифманометр заправляется водой с добавлением хромпика для

подкрашивания и соли для понижения температуры замерзания.

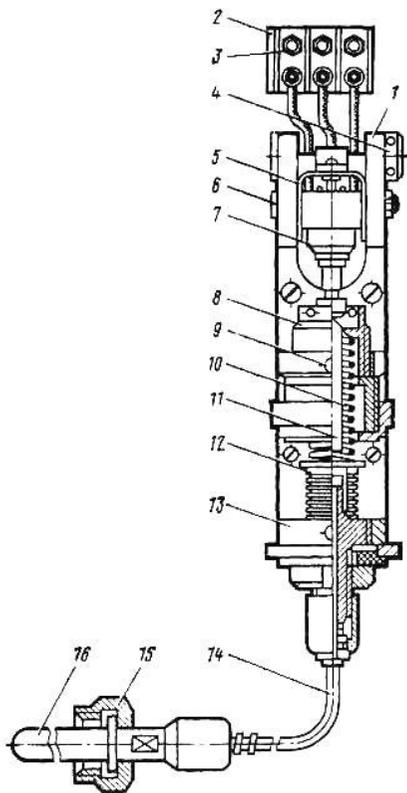
Кроме того, для защиты картера и воздушных полостей блока от последствий взрыва масляных паров на большинстве дизелей устанавливаются предохранительные клапаны. На дизелях 10Д100, Д49, 14Д40, 11Д45 и др. такие клапаны располагаются на крышках люков картера.

Защита от перегрева охлаждающей жидкости. Для предохранения воды двигателя от перегрева в электрическую схему управления локомотивом включено специальное температурное реле. При превышении температурой охлаждающей жидкости значения $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ нагрузка с дизеля автоматически снимается. Комбинированное температурное реле состоит из замкнутой термосистемы, микропереключателя и связывающей механической части (рисунок 7.7).

Измеритель температуры – термобаллон, помещается в трубопровод системы охлаждения в месте выхода воды из дизеля. Термобаллон, сильфон и соединяющая их капиллярная трубка представляют собой геометрически замкнутую термосистему, заполненную жидкостью с большим коэффициентом расширения. При повышении температуры в системе охлаждения увеличивается давление и сильфон, растягиваясь и преодолевая сопротивление пружины, перемещает толкатель, который нажимает на кнопку микропереключателя, снимающего нагрузку с дизеля.

При понижении температуры срабатывание контактов происходит в обратном порядке. Изменение затяжки пружины осуществляется с помощью регулировочного штуцера. Самопроизвольное перемещение штуцера предотвращается стопорным винтом.

Диапазон рабочей температуры прибора составляет $30\text{--}105\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для восстановления нагрузки двигателя машинист должен понизить температуру охлаждающей жидкости до установленной нормы.



- 1 – корпус; 2 – зажим; 3, 6 – гайки;
- 4 – эксцентрик; 5 – скоба;
- 7 – микропереключатель; 8 – штуцер;
- 9 – винт стопорный; 10 – пружина;
- 11 – толкатель; 12 – сильфон;
- 13 – кронштейн; 14 – капиллярная трубка;
- 15 – накидная гайка; 16 – термобаллон

Рисунок 7.7 – Комбинированное реле температуры КРД-2

Защита от падения давления в системе смазки. В полости под поршнем серводвигателя объединенного регулятора имеется канал, ведущий к золотнику остановки дизеля. При нормальной работе он закрыт клапаном, удерживаемым электромагнитом, и влияния на работу регулятора не оказывает. В случае падения давления в системе смазки двигателя ниже допустимого, специальное реле размыкает цепь питания электромагнита, и клапан обеспечивает выход масла из-под поршня силового серводвигателя регулятора. Поршень опускается вниз и выключает подачу топлива.

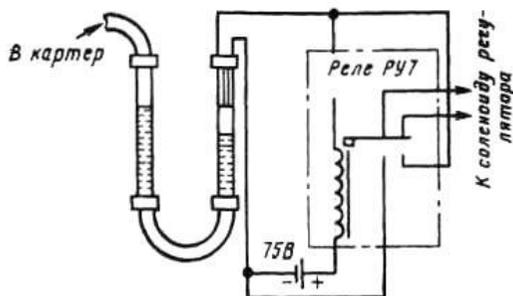


Рисунок 7.8 – Схема реле давления масла типа РДК-3

На рисунке 7.8 изображена схема реле давления масла типа РДК-3. Вертикальный шток реле закреплен на доннышке гофрированного стакана (сильфона), который верхним буртом припаян к камере, соединенной с масляной магистралью двигателя. При понижении давления в системе рычаг под действием пружины начинает поворачиваться по часовой стрелке и своим

правым концом жмет на кнопку микропереключателя, контакты которого размыкаются. Требуемое давление настраивают путем изменения затяжки пружины ходовым винтом. Рабочий диапазон реле составляет 0,05–0,25 МПа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Тепловозные двигатели внутреннего сгорания / А. Э. Симсон [и др.]. – М. : Транспорт, 1987. – 536 с.
- 2 **Володин, А. И.** Локомотивные двигатели внутреннего сгорания / А. И. Володин. – М. : Транспорт, 1990. – 256 с.
- 3 **Пойда, А. А.** Тепловозы: Механическое оборудование: Устройство и ремонт: Учебник для техн. школ / А. А. Пойда, Н. М. Хуторянский, В. Е. Кононов. – М. : Транспорт, 1988. – 320 с.
- 4 Тепловозные дизели М753 и М756 / Г. С. Бабич [и др.]. – М. : Транспорт, 1968. – 228 с.
- 5 **Фaedлер, М.** Опыт исследования длинноходового среднеоборотного дизеля с двухступенчатым турбонаддувом и экстремальным циклом Миллера / М. Фаедлер, Х. Фаедлер, П. Бой // Двигателестроение. – 2014. – № 2 (256). – С. 48–54.

6 **Ципленкин, Г. Е.** Очередной шаг в развитии двухступенчатых систем наддува
/ Г. Е. Ципленкин, В. И. Иовлев // Двигателестроение. – 2013. – № 4 (254). – С. 12–24.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Рабочая программа по дисциплине «Локомотивные энергетические установки»

Цель преподавания дисциплины

Цель дисциплины – формирование знаний, умений и профессиональных компетенций по совершенствованию конструкции, технической эксплуатации и ремонта локомотивных энергетических установок тепловозов, развитие и закрепление академических и социально-личностных компетенций.

Задачи изучения дисциплины

Основными задачами дисциплины являются: освоение теоретических основ расчета и устройства локомотивных энергетических установок, а также приобретение профессиональных компетенций по выявлению повреждений агрегатов, узлов и деталей, анализу причин их появления и выбору эффективного способа восстановления исправного состояния объекта ремонта.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- принцип действия и основные технические характеристики энергетических установок автономных локомотивов;
- конструкцию основных узлов наиболее распространенных в настоящее время энергетических установок;
- теоретические основы их рабочих процессов, взаимосвязь качества рабочих процессов в энергетических установках с техническими и экологическими характеристиками локомотивов;
- влияние эксплуатационных факторов на характер протекания рабочих процессов;
- принципиальные основы диагностики и правила безопасности при эксплуатации энергетических установок локомотивов;

уметь:

- рассчитывать с помощью ЭВМ основные характеристики энергетических установок с учетом их эксплуатационного состояния, требований надежности, экономичности и защиты окружающей среды;
- проводить испытания энергетических установок с использованием средств диагностики;
- анализировать результаты эксплуатационных наблюдений и испытаний с целью определения сроков и объектов ремонта;
- устанавливать причины повреждения и износа деталей.

Содержание дисциплины

Тема 1. *Принципы работы двигателей внутреннего сгорания*

Краткая история развития. Современное состояние локомотивных энергетических установок. Классификация двигателей внутреннего сгорания.

Тема 2. *Основные технические характеристики действующих локомотивных энергетических установок*

Размерность двигателя, частота вращения коленчатого вала, мощность системы наддува и т. д. Анализ и сравнение различных тепловозных дизелей.

Тема 3. *Принципиальные компоновочные и кинематические схемы*

Схемы компоновки 2- и 4-тактных, рядных и V-образных двигателей. Проведение их анализа. Типовая компоновочная схема 4-тактных V-образных дизелей.

Тема 4. *Конструктивные особенности основных узлов современных тепловозных дизелей*

Остовы (блоки цилиндров), крышки и втулки цилиндров, поршни, шатуны, коленчатые валы, коренные и шатунные подшипники. Конструкция, материал, условия работы. Анализ основных неисправностей при эксплуатации, мероприятия по повышению надежности и долговечности.

Тема 5. *Системы питания и воздухообеспечения*

Схема системы питания, назначение и взаимодействие основных элементов. Топливная аппаратура дизелей, устройство и принцип действия топливного насоса высокого давления и форсунки, характеристики топливной аппаратуры высокого давления, фазы процесса впрыска. Система воздухообеспечения, наддув тепловозных дизелей. Агрегаты наддува, из схемы, принцип действия и характеристики. Совместная работа поршневой части и агрегатов наддува.

Тема 6. *Система автоматического регулирования дизелей*

Назначение системы, классификация регуляторов. Регуляторы прямого и непрямого действия, характеристики регуляторов. Условие устойчивости регулирования. Регуляторы непрямого действия, принцип действия, применение обратной связи. Объединенный регулятор (частоты вращения и мощности).

Тема 7. *Системы смазки и охлаждения*

Назначение систем, устройство и принцип действия. Анализ применения теплоносителей и смазочных масел. Перспективы развития систем.

Тема 8. *Автоматическая защита от аварийных режимов работы*

Защита дизеля от перегрева, снижения давления в системе смазки, появления избыточного давления в картере, защита от разносной частоты вращения.

Тема 9. *Процесс наполнения цилиндров*

Особенности процесса для различных схем воздухообеспечения дизелей. Физика процесса, показатели, характеризующие его качество, коэффициент наполнения, коэффициент остаточных газов, их определение через параметры рабочего тела. Определение температуры, давления и состава рабочего тела в конце наполнения.

Тема 10. *Процесс сжатия*

Физика процесса. Определение температуры и давления в конце сжатия. Выбор степени сжатия для дизеля.

Тема 11. *Процесс горения*

Физика процесса, четыре фазы процесса, закон и скорость тепловыделения. Определение количества воздуха, необходимого для полного сгорания составляющих топлива. Вывод и решение уравнения процесса сгорания. Определение максимальных температур и давления в процессе горения.

Тема 12. *Процессы расширения и выпуска*

Степень предварительного и последующего расширения. Фазы процесса выпуска. Определение температур и давления в конце процесса.

Тема 13. *Построение индикаторной диаграммы*

Расчет промежуточных точек процессов сжатия и расширения.

Тема 14. *Индикаторные показатели работы двигателя*

Работа, совершаемая газами в цилиндре за цикл работы. Мощность, среднее индикаторное давление, КПД и удельный расход топлива.

Тема 15. *Эффективные показатели работы двигателя*

Мощность, среднее эффективное давление, КПД и удельный эффективный расход топлива.

Тема 16. *Математическое моделирование рабочих процессов комбинированного двигателя*

Математическое описание процессов в цилиндре двигателя.

Процессы наполнения, сжатия, горения, расширения и выпуска. Определение экономических показателей работы. Математическое моделирование поршневой части двигателя и агрегатов наддува.

Математическое описание изменения параметров рабочего тела в цилиндре двигателя и агрегатов воздухообеспечения. Уравнения движения подвижных деталей и узлов двигателя. Совместная работа поршневой части двигателя и агрегатов наддува.

Тема 17. *Расчет и построение диаграммы сил, действующих в кривошипно-шатунном механизме*

Расчет значений удельных сил, возникающих в кривошипно-шатунном механизме от давления газов и сил инерции перемещающихся деталей. Расчет крутящего момента.

Тема 18. *Уравновешивание двигателей*

Основные понятия крутильных колебаний валопроводов; назначение antivибраторов и демпферов.

Тема 19. *Режимы работы тепловозных дизелей*

Характеристики работы двигателя. Особенности работы на эксплуатационных режимах.

Тема 20. *Влияние эксплуатационных факторов на показатели работы*

Холостой ход и частичные режимы работы ЛЭУ. Улучшение работы дизеля на этих режимах. Особенности работы ЛЭУ в переходных процессах.

Тема 21. *Реостатные испытания тепловозных ДВС*

Испытание двигателей после ремонта, обкаточные и приемо-сдаточные испытания, их назначение и особенности.

Учебное издание

ДЕДИНКИН Андрей Петрович

**ЛОКОМОТИВНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ
УСТАНОВКИ**

Учебно-методическое пособие

Редактор И. И. Э в е н т о в
Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а

Подписано в печать 17.05.2017 г. Формат бумаги 60×84 ¹/₁₆.

Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 7,67. Уч.-изд. л. 7,78. Тираж 100 экз.

Изд. № 52. Зак. №

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский государственный университет транспорта
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий

№ 1/361 от 13.06.2014.

№ 2/104 от 01.04.2014.

Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель